

# 物理量と単位について学ぼう (3)

## 物理量の次元



# 物理量の次元とは

- 物理量の中には複数の物理量の組み合わせにより表現できるものがある。
  - 圧力 (Pa) : 力 / 面積 ( $\text{N}/\text{m}^2$ )
  - 力 (N) : 質量  $\times$  加速度 ( $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ )
  - エネルギー (J) : 仕事率  $\times$  時間 ( $\text{W} \cdot \text{s}$ )、力  $\times$  長さ ( $\text{N} \cdot \text{m}$ )、質量  $\times$  加速度  $\times$  長さ ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ )
- どこまで分解できるか？



# 7つのSI基本単位

| 物理量   | SI基本単位 | 単位記号 | 次元の記号<br>(Dimension) | 代表的な量記号<br>(Symbol) |
|-------|--------|------|----------------------|---------------------|
| 長さ    | メートル   | m    | L                    | $l, r, x, h$ など     |
| 質量    | キログラム  | kg   | M                    | $m$                 |
| 時間    | 秒      | s    | T                    | $t$                 |
| 電流    | アンペア   | A    | I                    | $I, i$              |
| 熱力学温度 | ケルビン   | K    | $\Theta$ (シータ)       | $T$                 |
| 物質質量  | モル     | mol  | N                    | $n$                 |
| 光度    | カンデラ   | cd   | J                    | $I_v, I$            |

力 (N)、圧力 (Pa)などはSI組立単位であり、基本単位の組み合わせで表現できる。

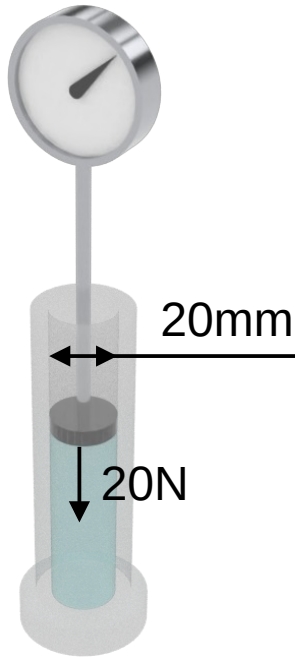
# SI組立単位

| 物理量      | 単位の名称  | 単位記号 | SI基本単位による表示                              |
|----------|--------|------|------------------------------------------|
| 周波数      | ヘルツ    | Hz   | $s^{-1}$                                 |
| 力        | ニュートン  | N    | $kg \cdot m \cdot s^{-2}$                |
| 圧力・応力    | パスカル   | Pa   | $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$           |
| エネルギー・仕事 | ジュール   | J    | $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$              |
| 仕事率・電力   | ワット    | W    | $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$              |
| 電荷・電気量   | クーロン   | C    | A·s                                      |
| 電位・電圧    | ボルト    | V    | $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$ |
| 照度       | ルクス    | lx   | $m^{-2} \cdot cd$                        |
| セルシウス温度  | セルシウス度 | °C   | K                                        |



# 組立単位と計算式

- 組立単位と次元を理解すると、物理計算の計算式が理解できる。



## 【問題】

内径20mmのシリンダーがある。20Nの力でピストンを押すと、内部の空気のゲージ圧は何 (Pa) になるか。

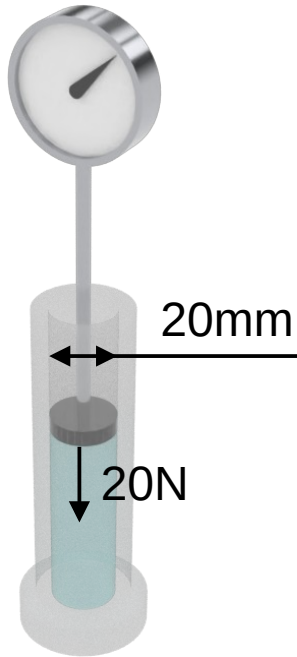
## 【考え方】

圧力の単位 Pa が  $\text{N}/\text{m}^2$  であることを考えれば、空気のゲージ圧  $P(\text{Pa})$  は、力  $F(\text{N})$  / 断面積  $S(\text{m}^2)$  より求まることがわかる。



# 組立単位と計算式

- 組立単位と次元を理解すると、物理計算の計算式が理解できる。



【答え】

シリンダーの断面積  $S(\text{m}^2)$  は、

$$S = \pi r^2 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)}$$

空気のゲージ圧  $P(\text{Pa})$  は、力  $F(\text{N})$  / 断面積  $S(\text{m}^2)$  より、

$$P = \frac{F}{S} = \frac{20}{3.14 \times 10^{-4}} \approx 63,694 \text{ (N / m}^2\text{, Pa)}$$



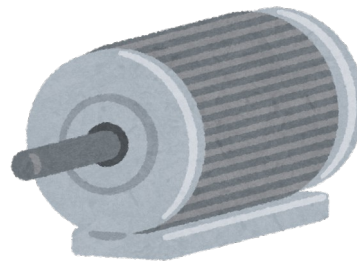
# 比較できるもの、できないもの



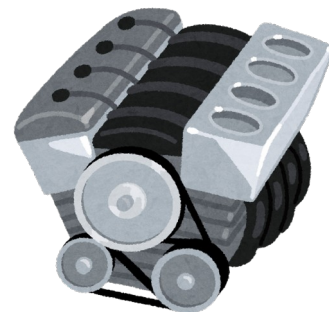
体重200kgの  
相撲取り



身長2mの  
バスケット選手



3.7kWの  
電気モータ



10馬力の  
ガソリンエンジン

どちらが体格が大きい？

どちらが出力が大きい？

同じ種類の量、同じ次元でなければ比較できない。



# 比較できるもの、できないもの



体重200kgの  
相撲取り



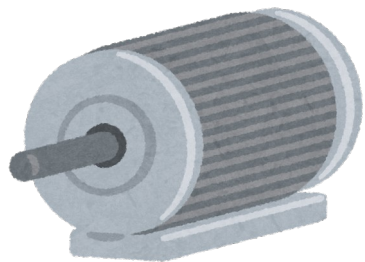
身長2mの  
バスケット選手

|             | 物理量 | SI単位          | SI基本単位<br>による表示 |
|-------------|-----|---------------|-----------------|
| 体重<br>200kg | 質量  | kg<br>(キログラム) | kg              |
| 身長<br>2m    | 長さ  | m<br>(メートル)   | m               |

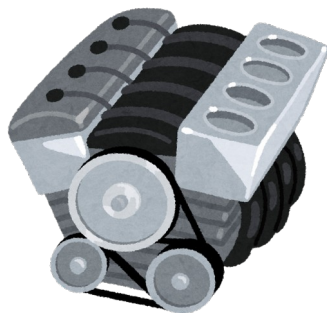
表記がSI単位に統一されているので、物理量、次元が異なることがわかりやすく、比較できないことがわかりやすい。



# 比較できるもの、できないもの



3.7kWの  
電気モータ



10馬力の  
ガソリンエンジン

|                       | 物理量 | SI単位       | SI基本単位<br>による表示                              |
|-----------------------|-----|------------|----------------------------------------------|
| 3.7kWの<br>電気モータ       | 仕事率 | W<br>(ワット) | $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}$ |
| 10馬力の<br>ガソリン<br>エンジン | 仕事率 | W<br>(ワット) | $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}$ |

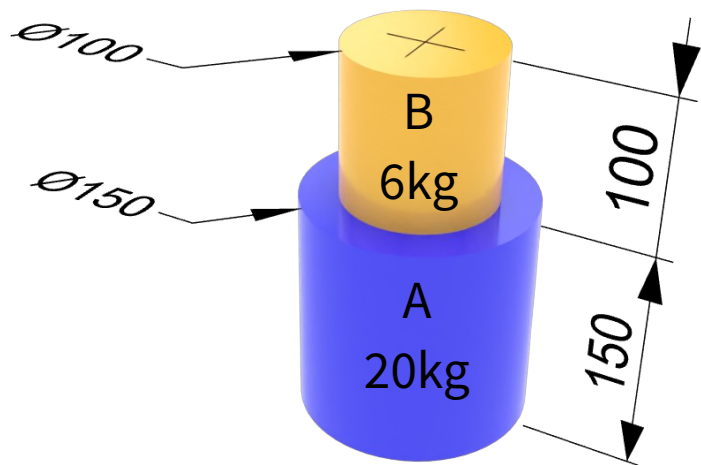
1 PS (仏馬力) = 0.735 kW なので、10馬力は7.35 kWとなり、10馬力のガソリンエンジンのほうが出力が大きい。

馬力が非SI単位なので、比較可能かどうか分かりにくくなっている。



# 次元の同次性 (Dimensional Homogeneity)

- 加算 (+)、減算 (-)、等号 (=) の左右は同じ物理量、次元、単位でなければならない。



直径150mm、高さ150mm、質量20kgの円柱Aの上に、直径100mm、高さ100mm、質量6kgの円柱Bが載っている。

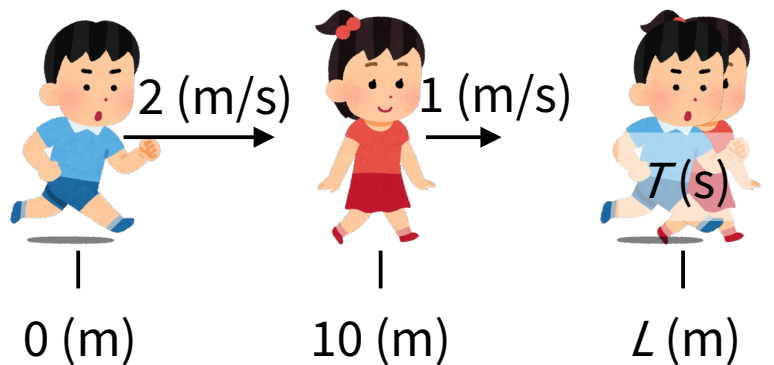
- 全体の高さ  $150 \text{ mm} + 100 \text{ mm} = 250 \text{ mm}$
- 全質量  $20 \text{ kg} + 6 \text{ kg} = 26 \text{ kg}$

いずれの式も、加算 (+)、等号 (=) の左右は同じ物理量、次元、単位である。

$150 \text{ mm} + 6 \text{ kg} = 156 \text{ mm kg}$  のような式はありえない。

# 次元の同次性 (Dimensional Homogeneity)

- 乗算 ( $\times$ )、除算 ( $\div$ )を行うと物理量、次元、単位が変化する。
- 加算 (+)、減算 (-)、等号 (=) の左右は同じ物理量、次元、単位でなければならない。



## 【問題】

太郎は2 (m/s) で走っています。

花子は1 (m/s) で歩いています。

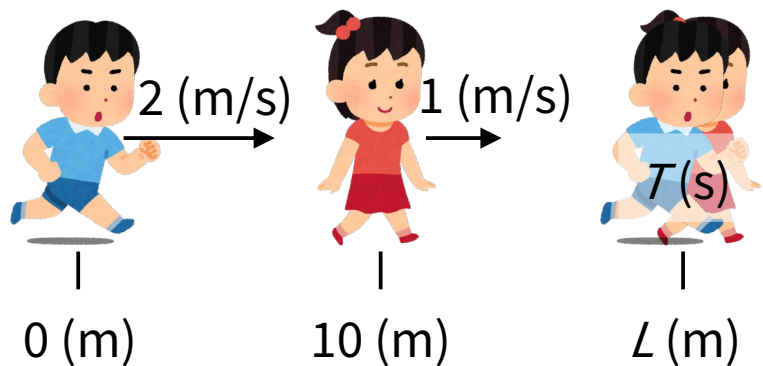
花子は現在、太郎よりも10m前にいます。

太郎は花子に  $T$  (s) 後に  $L$  (m) 先で追いつきます。

$T$  (s)、 $L$  (m) を求めなさい。



# 次元の同次性 (Dimensional Homogeneity)



太郎は2 (m/s) で走っています。  
花子は1 (m/s) で歩いています。  
花子は現在、太郎よりも10m前にいます。  
太郎は花子に  $T(s)$  後に  $L(m)$  先で追いつきます。  
 $T(s)$ 、 $L(m)$  を求めなさい。

等号 (=) の左右は  
同じ次元、単位 m

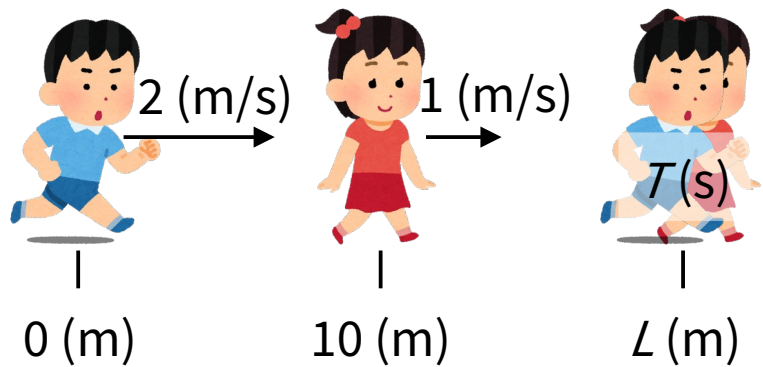
加算 (+) の左右は  
同じ次元、単位 m

$$L(m) = 2(m/s) \times T(s) = 1(m/s) \times T(s) + 10(m)$$

乗算 ( $\times$ ) により  
単位・次元は m に変化



# 次元の同次性 (Dimensional Homogeneity)



太郎は2 (m/s) で走っています。  
花子は1 (m/s) で歩いています。  
花子は現在、太郎よりも10m前にいます。  
太郎は花子に  $T$  (s) 後に  $L$  (m) 先で追いつきます。  
 $T$  (s)、 $L$  (m) を求めなさい。

減算 (-) の左右は  
同じ次元、単位 m/s

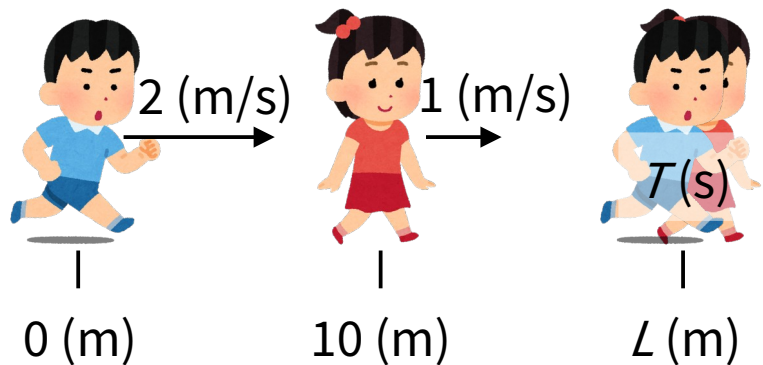
等号 (=) の左右は  
同じ次元、単位 m

$$(2 \text{ (m/s)} - 1 \text{ (m/s)}) \times T \text{ (s)} = 1 \text{ (m/s)} \times T \text{ (s)} = 10 \text{ (m)}$$

乗算 ( $\times$ ) により  
単位・次元は m に変化



# 次元の同次性 (Dimensional Homogeneity)



太郎は2 (m/s) で走っています。  
花子は1 (m/s) で歩いています。  
花子は現在、太郎よりも10m前にいます。  
太郎は花子に  $T(s)$  後に  $L(m)$  先で追いつきます。  
 $T(s)$ 、 $L(m)$  を求めなさい。

等号 (=) の左右は  
同じ次元、単位 s

$$T(s) = \frac{10(m)}{1(m/s)} = 10(s)$$

除算 ( $\div$ ) により  
単位・次元は s に変化

等号 (=) の左右は  
同じ次元、単位 s

$$L(m) = 2(m/s) \times 10(s) = 20(m)$$

乗算 ( $\times$ ) により  
単位・次元は m に変化

ご清聴  
ありがとうございました

