知識ゼロからものづくりを学ぶ機械設計エンジニアの基礎知識

工学知識 きそ の基礎

MONO塾

ものづくりを学ぶWeb学習塾

本書のすべての内容は、日本の著作権法及び国際条約の条項によって保護されています。本書の文章・写真・画像等すべての転載転用は、著作権法上の制約事項を除き、禁じられております。本書を複写複製を希望される場合は、事前に弊社まで連絡ください。

本書に記載する情報には、内容の正確性については細心の注意を払っておりますが、間違いを含んでいる可能性もございます。計算などに使用して、不利益や損害を被った場合においても、発行元会社および著者とも一切の責任を負いかねますのでご了承下さい。

発行：ものづくりウェブ

公式 HP: http://d-engineer.com

会員 HP: http://d-monoweb.com

目次

1　単位 4

2　JIS 規格 13

3　数学 14

4　力 16

5　機械の力と運動 18

6　直線運動の公式 19

7　円運動の公式 20

8　自由落下および放物運動の公式 22

9　機械の仕事と動力の公式 24

10　直線運動と円運動の関係 26

11　形状 27

1 単位

- SI 基本単位（7 個）

量	単位の名称	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
物質量	モル	mol
光　度	カンデラ	cd

- 組立単位（基本単位を組み合わせたもの）

量	単位の名称	単位記号
面　積	平方メートル	m^2
体　積	立法メートル	m^3
速　度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s^2
密　度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3

- 組立単位（固有名称のもの）

量	単位の名称	記号
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr
周波数	ヘルツ	Hz
力	ニュートン	N
圧力・応力	パスカル	Pa
エネルギー	ジュール	J
電　力	ワット	W
電　荷	クーロン	C
電圧（電位差）	ボルト	V
静電容量	ファラッド	F
電気抵抗	オーム	Ω
コンダクタンス	ジーメンス	S
磁　束	ウェーバ	Wb
磁束密度	テスラ	T
インダクタンス	ヘンリー	H
セルシウス温度（摂氏）	セルシウス度	℃
光　束	ルーメン	lm
照　度	ルクス	lx
放射能	ベクレル	Bq
放射線量	グレイ	Gy
線量当量	シーベルト	Sv
酵素活性	カタール	kat

- SI 接頭語

接頭辞語	記号	10^n	
ギガ	G	10^9	1000000000
メガ	M	10^6	1000000
キロ	k	10^3	1000
ヘクト	h	10^2	100
デカ	da	10^1	10
		10^0	1
デシ	d	10^{-1}	1/10
センチ	c	10^{-2}	1/100
ミリ	m	10^{-3}	1/1000
マイクロ	μ	10^{-6}	1/1000000
ナノ	n	10^{-9}	1/1000000000

- 非 SI 単位

量	単位の名称	記号	定義
時間	分（minute）	min	1min = 60 s
	時（hour）	h	1h = 3600 s
	日（day）	d	1d = 86400 s
平面角	度（degree）	°	1°= (π/180) rad
	分（minute）	′	1′= (π/10800) rad
	秒（second）	"	1"= (π/648000) rad
体積	リットル（litre）	l, L	1l = 1 dm^3= 10^{-3} m^3
質量	トン（ton）	t	1t = 10^3 kg
エネルギー	電子ボルト(electron volt)	eV	1eV ≒ 1.602×10^{-19}J
回転数	回毎分（revolutions per minute）	rpm	1rpm = $1min^{-1}$

- 単位記号の記載ルール

1. 「物理量」の記号は*斜体*、「単位記号」は立体（垂直に正立した書体）で表記する。
   「物理量」の正しい例　：　$F = ma$
   「単位記号」の正しい例　：　N

2. 人名に由来する記号は、最初の文字のみ大文字，他は小文字とする。
   誤った例　：　n, PA，HZ　→（正しくは N, Pa，Hz）

3. 2個以上の単位記号の「掛け算」や「割り算」は下記のように書く。但し、／（スラッシュ）は原則1回のみ使用とする。
   m÷s÷s　：　m/s^2 又は $m\cdot s^{-2}$
   誤った例　：　m/s/s

4. 接頭語と単位記号の間はスペースを入れない
   誤った例　：　M　Pa、m　W　→（正しくは MPa、mW）

● 主な工学単位と SI 単位の単位比較

	量	工学単位	SI 単位
基本単位	長さ	m	m
	時間	s	s
	温度	℃(セルシウス度)	K(ケルビン)
	質量	kgf/(m/s^2)	kg
	重量(重さ)	kgf	―
	力	kgf	N(ニュートン)
組立単位	速度	m/s	m/s
	圧力、応力	kgf/m^2	Pa(パスカル)
	密度	kgf·s^2/m^4	kg/m^3
	モーメント	kgf・m	N・m
	粘度	kgf·s/m^2	Pa·s
	動粘度	m^2/s	m^2/s
	仕事	kgf·m	J(ジュール)
	仕事率、動力	kgf·m/s	W(ワット)

● SI 単位への換算表

力

N	dyn	kgf
1	1×10^{5}	$1.019\,72\times10^{-1}$
1×10^{-5}	1	$1.019\,72\times10^{-6}$
9.806 65	$9.806\,65\times10^{5}$	1

応力

Pa 又は N/m^2	MPa 又は N/mm^2	kgf/mm^2	kgf/cm^2
1	1×10^{-6}	$1.019\,72\times10^{-7}$	$1.019\,72\times10^{-5}$
1×10^{6}	1	$1.019\,72\times10^{-1}$	$1.019\,72\times10$
$9.806\,65\times10^{6}$	9.806 65	1	1×10^{2}
$9.806\,65\times10^{4}$	$9.806\,65\times10^{-2}$	1×10^{-2}	1

1MPa≒10kgf/cm^2

圧力

Pa	kPa	MPa	bar	kgf/cm^2	atm	mmH$_2$O	mmHg
1	1×10^{-3}	1×10^{-6}	1×10^{-5}	$1.019\,72\times10^{-5}$	$9.869\,23\times10^{-6}$	$1.019\,72\times10^{-1}$	$7.500\,62\times10^{-3}$
1×10^{-3}	1	1×10^{-3}	1×10^{-2}	$1.019\,72\times10^{-2}$	$9.869\,23\times10^{-3}$	$1.019\,72\times10^{2}$	7.500 62
1×10^{6}	1×10^{3}	1	1×10	$1.019\,72\times10$	9.869 23	$1.019\,72\times10^{5}$	$7.500\,62\times10^{3}$
1×10^{5}	1×10^{2}	1×10^{-1}	1	1.019 72	$9.869\,23\times10^{-1}$	$1.019\,72\times10^{4}$	$7.500\,62\times10^{2}$
$9.806\,65\times10^{4}$	$9.806\,65\times10$	$9.806\,65\times10^{-2}$	$9.806\,65\times10^{-1}$	1	$9.678\,41\times10^{-1}$	1×10^{4}	$7.355\,59\times10^{2}$
$1.013\,25\times10^{5}$	$1.013\,25\times10^{2}$	$1.013\,25\times10^{-1}$	1.013 25	1.033 23	1	$1.033\,23\times10^{4}$	$7.600\,00\times10^{2}$
9.806 65	$9.806\,65\times10^{-3}$	$9.806\,65\times10^{-6}$	$9.806\,65\times10^{-5}$	1×10^{-4}	$9.678\,41\times10^{-5}$	1	$7.355\,59\times10^{-2}$
$1.333\,22\times10^{2}$	$1.333\,22\times10^{-1}$	$1.333\,22\times10^{-4}$	$1.333\,22\times10^{-3}$	$1.359\,51\times10^{-3}$	$1.315\,79\times10^{-3}$	$1.359\,51\times10$	1

仕事

J	kW・h	kgf・m	kcal
1	$2.777\,78\times10^{-7}$	$1.019\,72\times10^{-1}$	$2.388\,89\times10^{-4}$
3.600×10^{6}	1	$3.670\,98\times10^{5}$	$8.600\,0\times10^{2}$
9.806 65	$2.724\,07\times10^{-6}$	1	$2.342\,70\times10^{-3}$
$4.186\,05\times10^{3}$	$1.162\,79\times10^{-3}$	$4.268\,58\times10^{2}$	1

仕事率・動力・工率

W	kgf・m/s	PS	kcal/h
1	$1.019\,72\times10^{-1}$	$1.359\,62\times10^{-3}$	$8.600\,0\times10^{-1}$
9.806 65	1	$1.333\,33\times10^{-2}$	8.433 71
7.355×10^{2}	7.5×10	1	$6.325\,29\times10^{2}$
1.162 79	$1.185\,72\times10^{-1}$	$1.580\,95\times10^{-3}$	1

熱伝導率

W/(m・k)	kcal/(h・m・℃)
1	$8.600\,0\times10^{-1}$
1.162 79	1

比熱

J/(kg・K)	kcal/(kg・℃) cal/(g・℃)
1	$2.388\,89\times10^{-4}$
$4.186\,05\times10^{3}$	1

粘度

Pa・s	cP	P
1	1×10^{3}	1×10
1×10^{-3}	1	1×10^{-2}
1×10^{-1}	1×10^{2}	1

動粘度

m^2/s	cSt	St
1	1×10^{6}	1×10^{4}
1×10^{-6}	1	1×10^{-2}
1×10^{-4}	1×10^{2}	1

量	単位の名称	記号	SI単位への換算率
角 度	ラジアン	rad	1rad=1rad
	度	°	1°（度）＝π/180rad
	分	′	1′（分）＝$\frac{1}{60}$° ＝π/10800rad
	秒	″	1″（秒）＝$\frac{1}{60}$′ ＝π/648000rad
長 さ	メートル	m	1m=1m
	ミクロン	μ	1μ=1×10^{-6}m
	オングストローム	Å	1 Å =1×10^{-10}m
	海 里	M、nm	1 M=1852m
	ヤード	yd	1 yd=0.9144m
	フィート	ft	1 ft=0.3048m
	インチ	in	1 in=2.54×10^{-2}m ＝25.4mm
面 積	平方メートル	m^2	1 m^2=1 m^2
	アール	a	1 a=100m^2
	ヘクタール	ha	1 ha=10,000m^2
	平方フィート	ft^2	1 ft^2=9.29030×$10^{-2}m^2$
	平方インチ	in^2	1 in^2=6.4516×$10^{-4}m^2$
量	単位の名称	単位記号	SI単位への換算率
面 積	平方メートル	m^2	1 m^2=1 m^2
	平方フィート	ft^2	9.29030×$10^{-2}m^2$
	平方インチ	in^2	6.4516×$10^{-4}m^2$
体 積	立方メートル	m^3	1 m^3=1 m^3
	リットル	l	1 l =1×$10^{-3}m^3$
	ト ン（100ft^3約2.83m^3）	T	1 T=2.83168m^3
	立方インチ	in^3	1 in^3=1.63871×$10^{-5}m^3$
	ガロン（日本）	gal	1 gal =3.78541×$10^{-3}m^3$
時 間	秒	s	1s=1s
	分	min	1 min=60s
	時	h	1 h=3600s
	日	d	1 d =86400s
速 度	メートル毎秒	m/s	1 m/s=1 m/s
	キロメートル毎時	km/h	1 km/h =0.277778m/s
	マイル毎時	mile/h	1 mile/h =0.44704m/s
加速度	メートル毎秒毎時	m/s^2	1 m/s^2=1 m/s^2
	ジー	G	1 G=9.80665m/s^2
質量	キログラム	kg	1kg=1kg
	トン	t	1 t=1000kg
	ポンド	Lb	1 Lb=0.453592kg
	オンス	oz	1 oz=2.83495×10^{-2}kg
	トロイオンス（薬用オンス）	troy ounce	1 troy ounce=3.11035×10^{-2}kg
密 度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3	1 kg/m^3=1 kg/m^3
	ポンド毎立方フィート	lb/ft^3	1 lb/ft^3=1.60185×10kg/m^3
力	ニュートン	N	1N=1N
	重量キログラム	kgf	1kgf=9.80665N
力のモーメント	ニュートンメートル	N・m	1 N・m=1 N・m
	重量キログラムメートル	kgf・m	1 kgf・m =9.80665N・m

量	単位の名称	単位記号	SI単位への換算率
圧力及び応力	パスカル	Pa	1Pa=1Pa
	バール	bar,b	1 bar=1×10^5Pa
	重量キログラム毎平方メートル	kgf/m^2	1 kgf/m^2=9.80665Pa
	重量キログラム毎平方ミリメートル	kgf/mm^2	1 kgf/mm^2=9.80665×10^6Pa
	重量キログラム毎平方センチメートル	kgf/cm^2	1 kgf/cm^2=9.80665×10^4Pa
	水柱メートル	mH_2O,mAq	1 mH_2O =9.80665×10^3Pa
	水柱ミリメートル	mmH_2O	1 mmH_2O=9.80665Pa
	気　圧	atm	1atm=1.01325×10^5Pa
	水銀柱メートル	mHg	1 mHg=1.33322×10^5Pa
	水銀柱ミリメートル	mmHg, Torr	1 mmHg=1.33322×10^2Pa

量	単位の名称	記号	SI単位への換算率
粘　度	パスカル秒	Pa・s	1 Pa・s=1 Pa・s
	ポアズ	P	1 P=1×10^{-1}N・S/m^2
動粘度	平方メートル毎秒	m^2/s	1 m^2/s=1 m^2/s
	ストークス	St	1 St=1×$10^{-4}$$m^2$/s
仕事、エネルギー、熱量	ジュール	J	1J=1J
	ワット秒	W・s	1 W・s =1J
	重量キログラムメートル	kgf・m	1 kgf・m =9.80665J
	ワット時	W・h	1 W・h =3.6×10^3J
	カロリー	cal	1 cal =4.18605J
	熱化学カロリー	calth	1 calth =4.184J
	リットル気圧	l・atm	1l・atm =1.01325×10^2J
動力、仕事率、熱流	ワット	W	1W=1W
	重量キログラムメートル毎秒	kgf・m/s	1 kgf・m/s =9.80665W
	仏馬力	PS	1 PS ≒735.5W
温度	ケルビン	K	1K=1K
	セルシウス度 またはセ氏度	^{o}C	t^{o}C=(t+273.15)K
	カ氏度	^{o}F	t^{o}F=((t-32)/1.8)+273.15K
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m	
	エルステッド	Oe	1 Oe =79.5775A/m
磁束密度	テスラ	T	
	ガウス	Gs、G	1 Gs =1×10^{-4}T
	ガンマ	γ	1 γ =1×10^{-9}T

● **質量と重量の違い**

質量……物質そのものが保有する量 （SI 単位は kg、工学単位は kgf/(m/s²)）

重量……物質に働く重力の大きさ （SI 単位は N、工学単位は kgf）

● **力の単位**

SI 単位 ：N（ニュートン）

工学単位（重力単位） ：kgf

単位換算 ：1kgf = 9.8N　1N=0.10972kgf

定義	1[N]とは、1[kg]の質量をもつ物体に 1[m/s²]の加速度を生じさせる力	1[N]=1[kg･m/s²]

● **圧力の単位**

SI 単位 ：Pa（パスカル）

工学単位（重力単位） ：kgf/m²

単位換算 ：1kgf/cm²＝0.098MPa　1MPa=10.197kgf/cm²

定義	1[Pa]とは、1[m²]の面積に1[N]が作用したときの圧力	1[Pa]=1[N/m²]

● **仕事の単位**

SI 単位 ：J（ジュール）

工学単位（重力単位） ：kgf･m

単位換算 ：1kgf･m=9.8J　1J=0.10197kgf･m

定義	1[J]とは、1[N]の力がその力の方向に物体を 1[m]動かすときの仕事。	1[J]=1[N･m]

● **動力（仕事率）の単位**

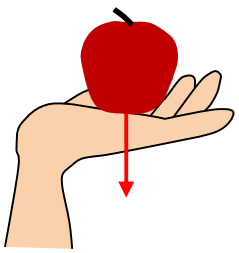
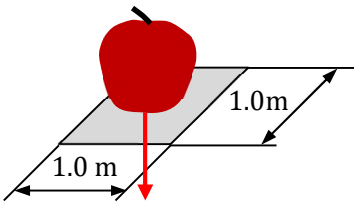
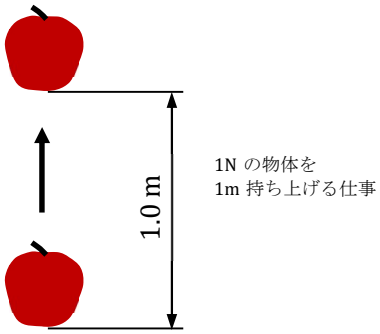
SI 単位 ：W（ワット）

工学単位（重力単位） ：kgf･m/s

単位換算 ：1kgf･m/s= 9.8W　1W=0.10197kgf･m/s

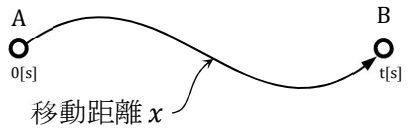
定義	1[W]とは、1[s]当たりに 1[J]の仕事をしたときの仕事率	1[W]=1[J/s]

N（ニュートン）,Pa（パスカル）,J（ジュール）の大きさをリンゴ1個（約 100g）で考えると、

1N の力の大きさ	1Pa の圧力の大きさ	1J の仕事の大きさ
		

- 速さの計算式

時間 t 秒[s] 間に距離x[m]だけ移動したときの速さv[m/s]を求める公式。



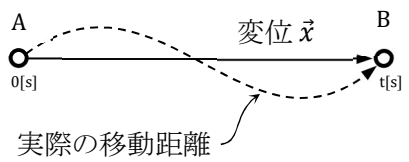
$$速さ = \frac{移動距離}{所要時間}$$

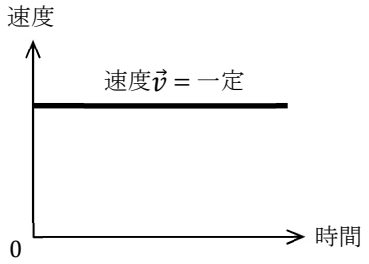
$$v = \frac{x}{t} \ [\mathrm{m/s}] \qquad (1.1)$$

※速さvは「大きさ」のみを持つのスカラー量
※移動距離は点 A から点 B を辿る実際の距離

- 速度の計算式（等速直線運動）

時間 t 秒[s] 間に変位$\vec{x}$[m]だけ移動したときの速度$\vec{v}$[m/s]を求める公式。





$$速度 = \frac{変位}{所要時間}$$

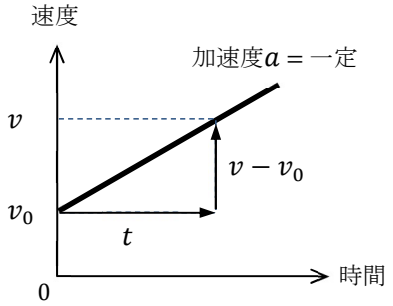
$$\vec{v} = \frac{\vec{x}}{t} \ [\mathrm{m/s}] \qquad (1.2)$$

※ 速度$\vec{v}$は「大きさ」と「向き」を持つベクトル量
※ 直線運動では速度も速さも同じ計算結果になる

※ 以降、全て速度を v で示す。

- 加速度の計算式（等加速度運動）

時間 t 秒[s] 間に速度がv_0[m/s]から v[m/s]に変化したときの加速度a [m/s^2]を求める公式。

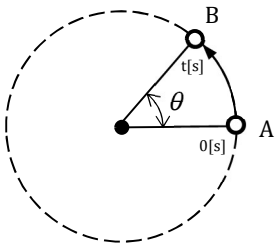


$$加速度 = \frac{終速度 - 初速度}{所要時間}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} \ [\mathrm{m/s^2}] \qquad (1.3)$$

- 角速度の計算式（等速円運動）

時間 t 秒 [s]間に角度θ [rad]だけ回転したときの角速度ω[rad/s]を求める公式。

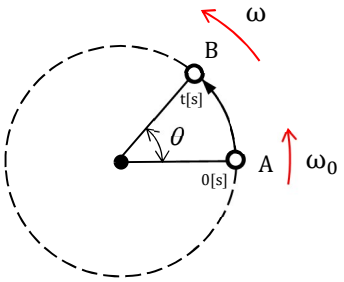


$$角速度 = \frac{回転角}{所要時間}$$

$$\omega = \frac{\theta}{t} \tag{1.4}$$

- 角加速度の計算式（等角加速度運動）

時間 t 秒 [s]間に角速度がω_0 [rad/s]からω[rad/s]に変化したときの角加速度$\dot{\omega}$ [rad/s^2]を求める公式。



$$角加速度 = \frac{最後の角速度－最初の角速度}{所要時間}$$

$$\dot{\omega} = \frac{\omega - \omega_0}{t} \tag{1.5}$$

- 角度[°]からラジアン[rad]への換算

度 [°]	ラジアン [rad]
57.3°	1
30°	π /6
45°	π /4
60°	π /3
90°	π /2
180°	π
360°	2π

- 度で角度を表すことを「**度数法**」という
- ラジアンで角度を表すことを「**弧度法**」という

【度からラジアンへの換算式】

$$度 \times \frac{\pi}{180} = ラジアン\ [rad]$$

単位は省略可

$$（例）90^\circ \times \frac{\pi}{180} = \frac{\pi}{2}$$

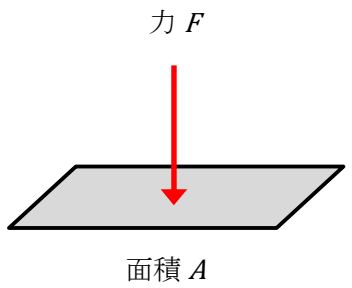
【ラジアンから度への換算式】

$$ラジアン \times \frac{180}{\pi} = 度$$

$$（例）2\pi \times \frac{180}{\pi} = 360^\circ$$

- 圧力の計算式

面積 A [m²]に力 F[N]が加わった際の圧力 P[Pa]を求める公式



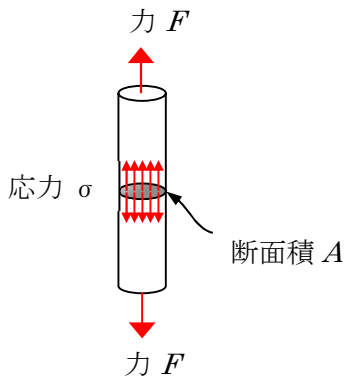
$$圧力 = \frac{力}{面積}$$

$$P = \frac{F}{A} \tag{1.6}$$

※ 1N/m²=1Pa

- 応力の計算式(引張)

断面積 A [m²]に力 F[N]が加わった際の応力σ [N/m²] を求める公式



$$応力 = \frac{力}{断面積}$$

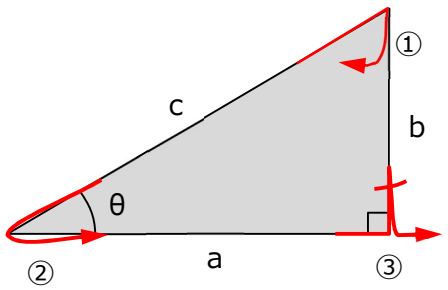
$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{1.7}$$

2 JIS 規格

記号	部門	記号	部門
B	一般機械	G	鉄鋼
C	電子及び電気	H	非鉄金属
D	自動車	K	化学
E	鉄道	W	航空
F	船舶	Z	その他

3 数学

● 三角関数

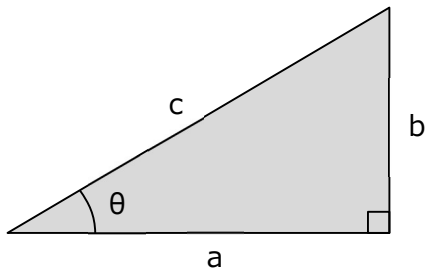


① $\sin\theta = \frac{b}{c}$ (正弦)

② $\cos\theta = \frac{a}{c}$ (余弦)

③ $\tan\theta = \frac{b}{a}$ (正接)

● 逆三角関数



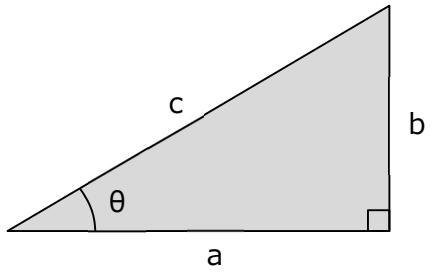
① $\sin^{-1}\frac{b}{c} = \theta$ (逆正弦)

② $\cos^{-1}\frac{a}{c} = \theta$ (逆余弦)

③ $\tan^{-1}\frac{b}{a} = \theta$ (逆正接)

読み方:アークサイン、アークコサイン、アークタンジェント

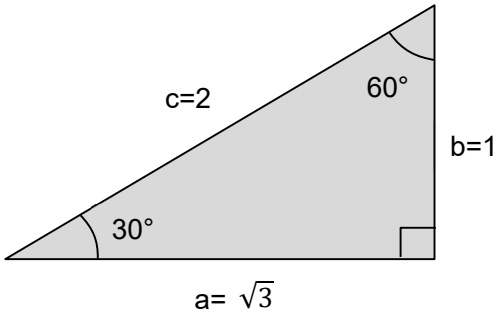
● 三平方の定理(ピタゴラスの定理)

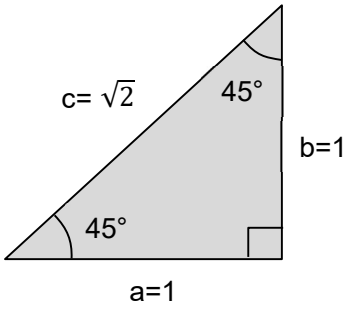


$a^2 + b^2 = c^2 \quad c = \sqrt{a^2 + b^2}$

● 三角関数の値

良く使われる特別な直角三角形





関数＼角度	θ（度）	0	30	45	60	90
	θ(rad)	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
$\sin\theta$		0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos\theta$		1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{2}$	0
$\tan\theta$		0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	∞

● 角度が非常に小さな場合（θ はラジアン）

$\sin\theta \fallingdotseq \theta$
$\cos\theta \fallingdotseq 1$
$\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} \fallingdotseq \theta$

● 三角関数の相互関係

$\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$

$\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$

● 負の三角関数

$\sin(-\theta) = -\sin\theta$
$\cos(-\theta) = \cos\theta$
$\tan(-\theta) = -\tan\theta$

● 三角関数の逆数

$\sec\theta = \frac{1}{\cos\theta}$
$\mathrm{cosec}\,\theta = \frac{1}{\sin\theta}$
$\cot\theta = \frac{1}{\tan\theta}$

● 平方根

$\sqrt{0} = 0$
$\sqrt{1} = 1$
$\sqrt{2} = 1.41421356$ （一夜一夜に人見頃）
$\sqrt{3} = 1.7320508$ （人並みにおごれや）
$\sqrt{4} = 2$
$\sqrt{5} = 2.2360679$ （富士山麓オウム鳴く）
$\sqrt{6} = 2.44949$ （によよくよく）
$\sqrt{7} = 2.64575$ （菜に虫いない）
$\sqrt{8} = 2\sqrt{2} = 2.828$
$\sqrt{9} = 3$

● 指数法則

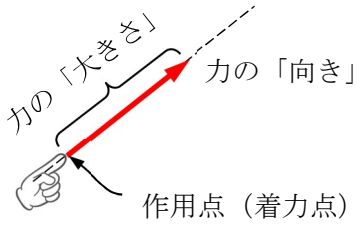
$a^m \times a^n = a^{m+n}$
$a^m \div a^n = a^{m-n}$
$(a^m)^n = a^{mn}$
$(ab)^m = a^m b^m$
$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$
$\frac{1}{a^m} = a^{-m}$

4 力

● ベクトルとスカラー

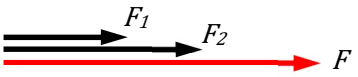
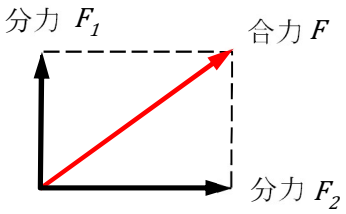
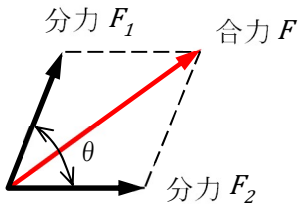
スカラー量 ：物の大きさを示す場合、長さや面積や体積など大きさのみで表すことができるもの
ベクトル量 ：力や速度のように大きさ以外に方向も表す必要があるもの

● 力の三要素

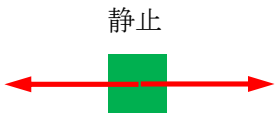


① 力の大きさ:矢印の長さ
② 力の向き:矢印の向き
③ 力が作用する点:矢印の始点

● 力の合成と分解

2つの力が同一直線上の場合	2つの力が同一直線上にない場合
 $F = F_1 + F_2$ (4.1) $F = F_1 - F_2$ (4.2)	<u>2つの力が直角の場合</u>  $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ (4.3) <u>2つの力が θ で交わる場合</u>  $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$ (4.4)

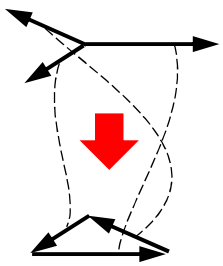
● 力のつり合い



力がつり合う条件

・同じ大きさ
・反対向き
・同一直線上にある

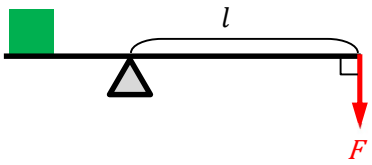
● 3力のつり合い



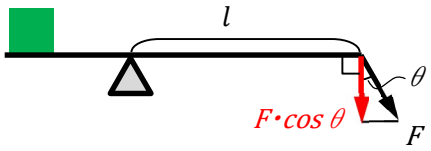
つり合っていると閉じた三角形を作ることができる

● 力のモーメント(トルク)

曲げモーメント M[N・m]は、力 F[N]×腕の長さl [m]で求めることができる。



$$M = Fl \qquad (4.5)$$



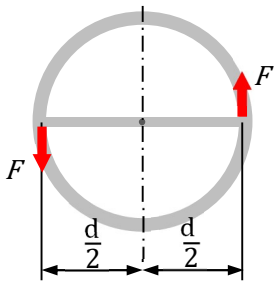
Fを腕部に垂直な方向に換算

$$M = F\cos\theta \cdot l \qquad (4.6)$$

≪モーメントの単位≫

・SI 単位　　：N・m
・工学単位(重力単位)　　：kgf・m
・単位換算　　：1N・m = 0.10197 kgf・m

● 力の偶力モーメント



$$M = F\left(\frac{d}{2}\right) + F\left(\frac{d}{2}\right) = Fd \qquad (4.7)$$

5 機械の力と運動

- **ニュートンの法則**

第1の法則　慣性の法則

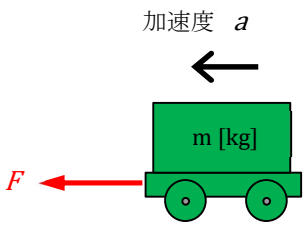
第2の法則　運動の法則

第3の法則　作用反作用の法則

- **運動方程式**

物体に力Fを与えると、物体に加速度aが生じる。

F[N]	:物体に作用する力	W[N]	:物体に働く重力
m[kg]	:物体の質量	g [m/s²]	:重力加速度 9.8
a [m/s²]	:加速度		



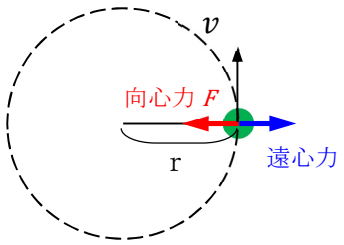
$$F = ma = \frac{W}{g}a \tag{5.1}$$

- **向心力と遠心力**

向心力(遠心力)を求める公式

F[N]	:向心力、(遠心力)	r[m]	:円運動の半径
m[kg]	:質量	v[m/s]	:周速度
a [m/s²]	:向心加速度		

向心加速度　$a = \frac{v^2}{r}$



向心力

$$F = ma = m \cdot \frac{v^2}{r} \tag{5.2}$$

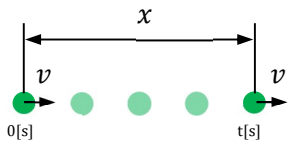
遠心力

$$F = ma = -m \cdot \frac{v^2}{r} \tag{5.3}$$

6 直線運動の公式

- **機械の等速直線運動（＝等速度運動）**

時間 t 秒[s] 間に変位（距離）x[m]だけ移動したときの速度v[m/s]を求める公式。



$$速度 = \frac{変位}{所要時間}$$

$$v = \frac{x}{t} \tag{6.1}$$

- **機械の等加速度直線運動（＝等加速度運動）**

時間 t 秒[s] 間に速度がv_0[m/s]から v[m/s]に変化したときの加速度a [m/s^2]を求める公式。

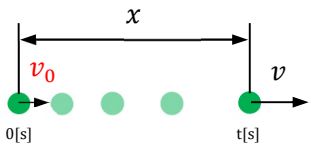
$$加速度 = \frac{終速度 - 初速度}{所要時間}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} \tag{6.2}$$

式(6.2)より式(6.3)が得られる。

$$at = v - v_0$$
$$v = v_0 + at$$

また、このとき物体が動いた距離x[m]は式(6.4)の公式で求めることができる。



t 秒後の速度

$$v = v_0 + at \tag{6.3}$$

t 秒後の移動距離

$$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \tag{6.4}$$

(6.3)と(6.4)の2式より t を消去

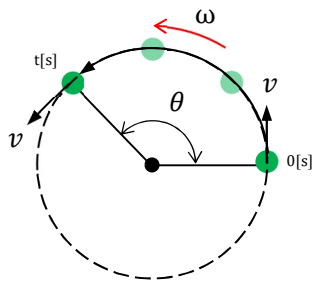
$$2ax = v^2 - v_0^2 \tag{6.5}$$

7 円運動の公式

- **機械の等速円運動**

・角速度

時間 t 秒[s]間に角度θ [rad]だけ回転したときの角速度ω[rad/s]を求める公式。



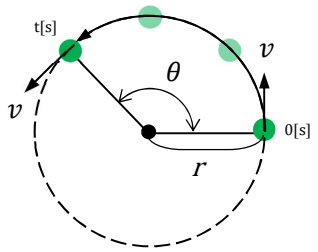
$$角速度 = \frac{回転角}{所要時間}$$

$$\omega = \frac{\theta}{t} \tag{7.1}$$

・周速度

回転半径 r[m]、時間 t 秒[s]間に角度θ [rad]だけ回転したときの周速度v[m/s]を求める公式。

※周速度は半径の大きさで変わる。例えば半径が2倍になると周速度も2倍になる。

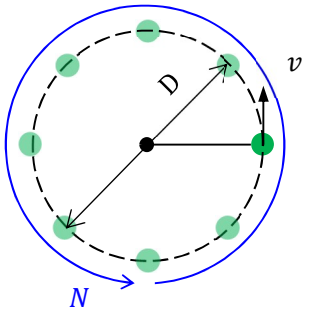


$$周速度 = \frac{円弧の長さ}{所要時間} = \frac{半径 \times \boxed{回転角}}{\boxed{所要時間}} = 半径 \times 角速度$$

=角速度

$$v = \frac{r\theta}{t} = r\omega \tag{7.2}$$

回転直径 D[m]、回転数 N[rpm]で回転しているときの周速度v[m/s]を求める公式。

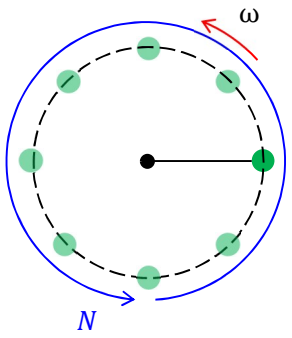


$$周速度 = \frac{\pi \times 直径 \times 回転数}{60}$$

$$v = \frac{\pi DN}{60} \tag{7.3}$$

・回転速度

1 分間あたりの回転数を回転速度といい単位は[rpm]を使用する。角速度を ω [rad/s]とすると、回転速度Nは次の式で表される。(rpm は r/min(アールパーミニット)、又は、min-1 とも表記される)



$$回転速度 = \frac{60 \times 角速度}{2\pi}$$

$$N = \frac{60\omega}{2\pi} \tag{7.4}$$

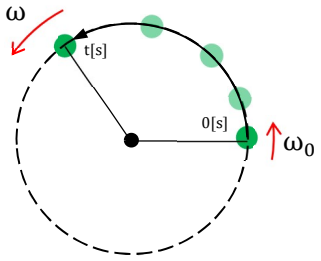
回転速度(回転数)rpm から角速度[rad/s]への換算式

$$角速度 = \frac{2\pi \times 回転速度}{60}$$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \tag{7.5}$$

● 機械の等角加速度運動

時間 t 秒 [s]間に角速度がω_0 [rad/s]からω[rad/s]に変化したときの角加速度$\dot{\omega}$ [rad/s^2]を求める公式。



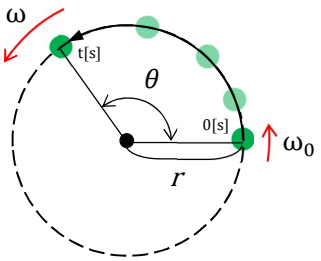
$$角加速度 = \frac{最後の角速度 - 最初の角速度}{所要時間}$$

$$\dot{\omega} = \frac{\omega - \omega_0}{t} \tag{7.6}$$

式(7.6)より式(7.7)が得られる。

また、このとき物体が回転した角度θ[rad]は式(7.7)の公式で求めることができる。

$$\dot{\omega}t = \omega - \omega_0$$
$$\omega = \omega_0 + \dot{\omega}t$$



t 秒後の角速度

$$\omega = \omega_0 + \dot{\omega}t \tag{7.7}$$

t 秒後の回転角度

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\dot{\omega}t^2 \tag{7.8}$$

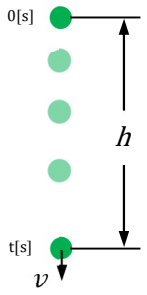
(7.6)(7.7)の2式より t を消去

$$2\dot{\omega}\theta = \omega^2 - {\omega_0}^2 \tag{7.9}$$

8 自由落下および放物運動の公式

● 自由落下運動（下向き＋）

t 秒[s]経過したときの速度v[m/s]と距離 h [m]を求める公式。但し、重力加速度は g [m/s²]とする。



t 秒後の落下速度

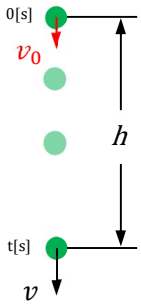
$$v = gt \tag{8.1}$$

t 秒後の落下距離

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \tag{8.2}$$

● 鉛直下方投射（下向き＋）

初速度 v_0,t 秒[s]経過したときの速度v[m/s]と距離 h[m] を求める公式。但し、重力加速度は g [m/s²]とする。



t 秒後の落下速度

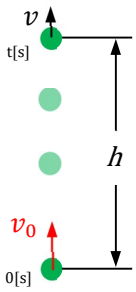
$$v = v_0 + gt \tag{8.3}$$

t 秒後の落下距離

$$h = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2 \tag{8.4}$$

● 鉛直上方投射（上向き＋）

初速度 v_0,t 秒[s]経過したときの速度v[m/s]と距離 h[m] を求める公式。但し、重力加速度は g [m/s²]とする。



t 秒後の上昇速度

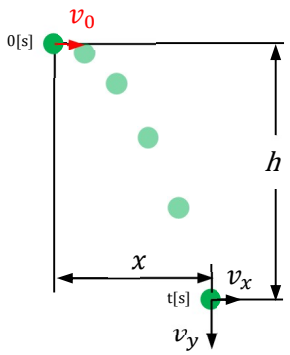
$$v = v_0 - gt \tag{8.5}$$

t 秒後の上昇距離

$$h = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \tag{8.6}$$

● 水平投射

初速度v_0、t 秒[s]経過したときの速度v[m/s]と距離 h[m]を求める公式。但し、重力加速度は g [m/s²]とする。



水平方向

t 秒後の速度

$$v_x = v_0 \tag{8.7}$$

t 秒後の移動距離

$$x = v_0 \mathrm{t} \tag{8.8}$$

鉛直方向

t 秒後の速度

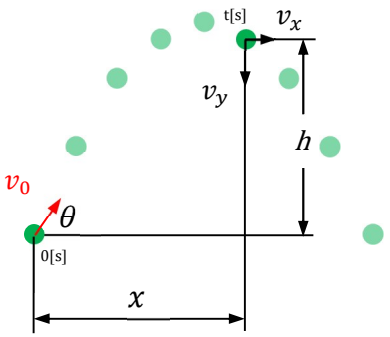
$$v_y = gt \tag{8.9}$$

t 秒後の移動距離

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \tag{8.10}$$

● 斜方投射

初速度 v_0,t 秒[s]経過したときの速度v[m/s]と距離 h [m] を求める公式。但し、重力加速度は g [m/s²]とする。



水平方向

t 秒後の速度

$$v_x = v_0 \cos\theta \tag{8.11}$$

t 秒後の移動距離

$$x = v_0 \cos\theta \cdot \mathrm{t} \tag{8.12}$$

鉛直方向

t 秒後の速度

$$v_y = v_0 \sin\theta - gt \tag{8.13}$$

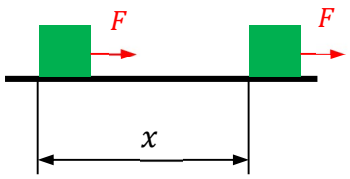
t 秒後の移動距離

$$h = v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \tag{8.14}$$

9 機械の仕事と動力の公式

● 直線運動の仕事

※ 物体を力F [N]でx[m]の距離を動かした時の仕事W [J] を求める公式。1[J]=1[N･m]

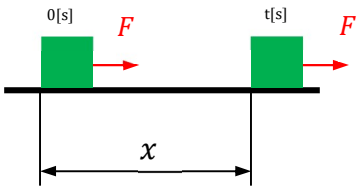


仕事 = 力 × 移動距離

$$W = F \cdot x \tag{9.1}$$

● 直線運動の動力

※ 物体を力F [N]で t 秒[s]かけてx[m]の距離を動かした時の動力 P [W]を求める公式。1[W]=1[J/s]



$$動力 = \frac{仕事}{時間}$$

$$P = \frac{W}{t} \tag{9.2}$$

$$動力 = \frac{力 \times 移動距離}{時間}$$

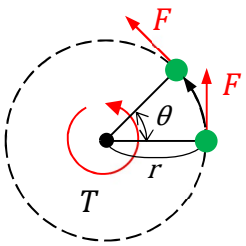
$$P = \frac{F \times x}{t} \tag{9.3}$$

動力 = 力 × 速度

$$P = F \times v \tag{9.4}$$

● 回転運動の仕事

物体をトルク T [N･m]でθ[rad]回転させた時の仕事W [J]を求める公式。



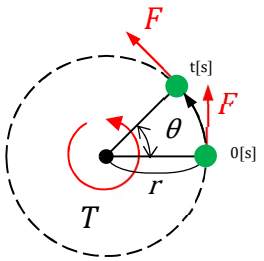
仕事 = トルク × 回転角

$$W = T \cdot \theta \tag{9.5}$$

トルク $T = Fr$

● 回転運動の動力

物体をトルクT [N･m]で t 秒[s]かけてθ[rad]の回転させた時の動力 P[W]を求める公式。



$$動力 = \frac{仕事}{時間}$$

$$P = \frac{W}{t} \tag{9.6}$$

$$動力 = \frac{トルク \times 回転角}{時間}$$

$$P = \frac{T \times \theta}{t} \tag{9.7}$$

$$動力 = トルク \times 角速度$$

$$P = T \cdot \omega \tag{9.8}$$

【回転速度 N [rpm]の場合の公式】

$$動力 = トルク \times \frac{2\pi \times 回転速度}{60}$$

$$P = T \cdot \frac{2\pi N}{60} \fallingdotseq \frac{TN}{9.549}\ [W] \tag{9.9}$$

【工学単位を使った動力の計算式。トルク T [kgf･m]とする。】

$$P = \frac{2\pi TN}{60 \times 102}\ [\mathrm{kW}] \fallingdotseq \frac{TN}{975}\ [\mathrm{kW}] \tag{9.10}$$

10　直線運動と円運動の関係

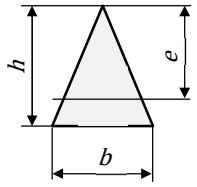
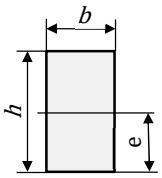
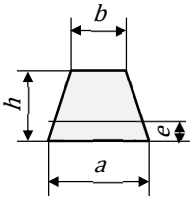
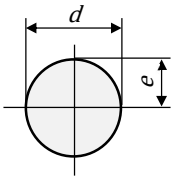
等速直線運動		等速円運動	
速度 [m/s]	$v = \frac{x}{t}$	角速度 [rad/s]	$\omega = \frac{\theta}{t}$

等加速度直線運動		等角加速度運動	
加速度 [m/s²]	$a = \frac{v - v_0}{t}$	角加速度 [rad/s²]	$\dot{\omega} = \frac{\omega - \omega_0}{t}$
速度 [m/s]	$v = v_0 + at$	角速度 [rad/s]	$\omega = \omega_0 + \dot{\omega}t$
変位 [m]	$x = v_0 \mathrm{t} + \frac{1}{2}at^2$	回転角度 [rad]	$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\dot{\omega}t^2$
時間tを消去	$2ax = v^2 - v_0^2$	時間tを消去	$2\dot{\omega}\theta = \omega^2 - \omega_0^2$

直線運動		円運動	
力 [N]	F	トルク [N･m]	T
仕事 [J]	$W = Fx$	仕事 [J]	$W = T\theta$
動力 [W]	$P = Fv$	動力 [W]	$P = T\omega$

11　形状

- 面積と図心（重心）

	三角形	長方形	台形	円
				
面積	$\frac{bh}{2}$	bh	$\frac{(a+b)\cdot h}{2}$	$\frac{\pi d^2}{4}$
図心 e （重心）	$\frac{2}{3}h$	$\frac{h}{2}$	$\frac{h}{3}\times\frac{a+2b}{a+b}$	$\frac{d}{2}$

知識ゼロからものづくりを学ぶ「機械設計エンジニアの基礎知識」

工学知識 きその基礎

2019 年 4 月 12 日　発行 rev0.2

発行所：ものづくりウェブ（株式会社 RE）

URL http://d-monoweb.com

本書の内容は、事前に株式会社 RE の文書による許諾を得ずに、本書の内容の一部あるいは、
全体を無断で複写、複製、転写、転載、デジタルデータ化はできません。

知識ゼロからものづくりを学ぶ機械設計エンジニアの基礎知識

工学知識 きその基礎

MONO塾
ものづくりを学ぶWeb学習塾