

フォークリフト運転技能講習資料

力学編

SAMPLE

◆この教材はサンプル版です。

ヒロテックは、本サンプル教材の使用が以下の行為をすることを禁止します。

本サンプル教材を保存した媒体以外の、他の記録媒体（ハードディスクを含む）に複製すること

本サンプル教材を閲覧以外の目的に利用すること

本サンプル教材を営利目的で紙媒体に印刷し販売すること

本サンプル教材の内容の一部または全部をヒロテック無断でインターネット上に掲載することまたは第三者に貸与・譲渡・販売すること

◆著作権の帰属

教材の著作権は、ヒロテックに帰属しています。



- 1 力
- 2 力の三要素
- 3 作用・反作用
- 4 力の合成
 - 4-1 1点に作用する力の合成
 - 4-2 一直線上の点に作用する2つの力の合成
 - 4-3 平行な2つの力の合成
- 5 力の分解・分力
- 6 力のモーメント
 - 6-1 実例解説
 - 6-2 トラックとのバランス比較
- 7 力のつりあい
 - 7-1 1点に作用する力
 - 7-2 平行力のつりあい
 - 7-3 平行力 計算演習
 - 7-4 平行力 逆比の関係
 - 7-5 平行力 例題(計算)
 - 7-6 平行力 例題(線図)
- 8 質量と比重
 - 8-1 質量
 - 8-2 比重
 - 8-3 単位体積の物体の質量
 - 8-4 体積算出の簡略式
 - 8-5 質量の算出(例題)
- 9 重心
- 10 物体のすわり(安定)
- 11 重心と安定
 - 11-1 平坦地での重心位置
 - 11-2 積荷の状態による重心位置
 - 11-3 坂道での重心位置
 - 11-4 横方向の安定
 - 11-5 マストチルト時の安定

- 12 運動と速度
- 13 加速度
 - 13-1 加速度とは
 - 13-2 加速度(事例)
 - 13-3 加速度(例題)
- 14 慣性と慣性力
- 15 遠心力と求心力
- 16 摩擦力
- 17 最大静止摩擦力・静止摩擦係数
- 18 仕事・動力
- 19 荷重の種類
 - 19-1 力の向きによる分類
 - 19-2 荷重にかかる速度による分け方
 - 19-3 その他の分類
 - 19-4 荷重・性能・状態に関する用語
- 20 荷重と応力
- 21 材料の強さ
 - 21-1 材料のひずみ
 - 21-2 応力とひずみの関係
 - 21-3 安全率
 - 21-4 リフトチェーンの安全率
- 22 フォークリフトの安定度
- 23 フォークリフトの定格荷重
- 24 フォークリフトの許容荷重

終了

使用許諾条件について



静止物体を **動かす**



動いている物体の
速度を変える・止める

物体を **変形させる**

力とは、

静止している物体を動かす

動いている物体の速度を変える

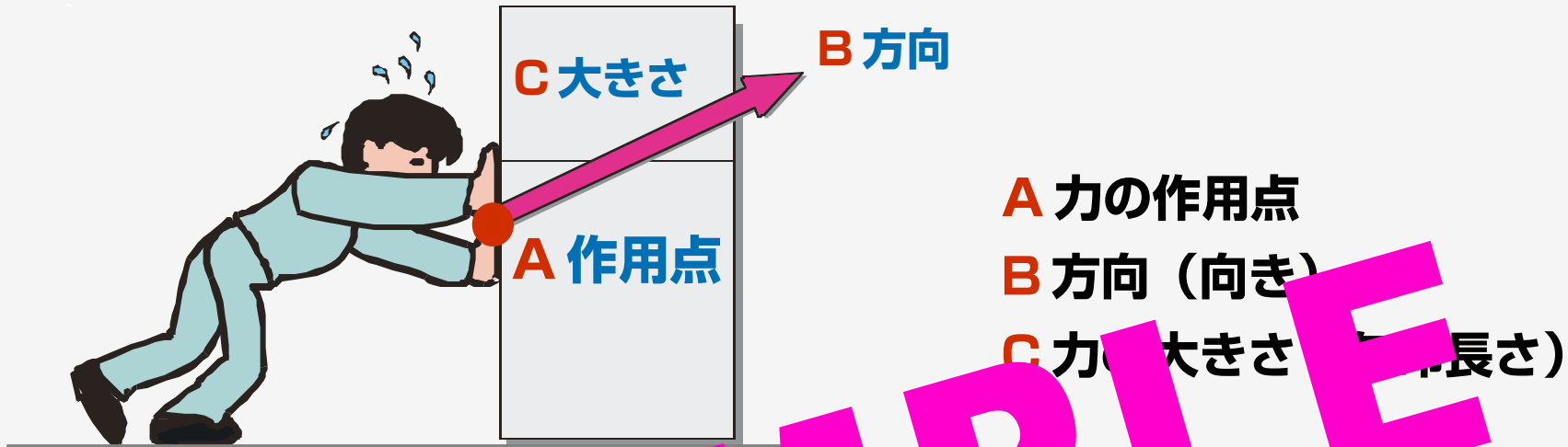
運動を止める

物体を変形させる

など、いろいろな力を用いる

SAMPLE

2 力の三要素

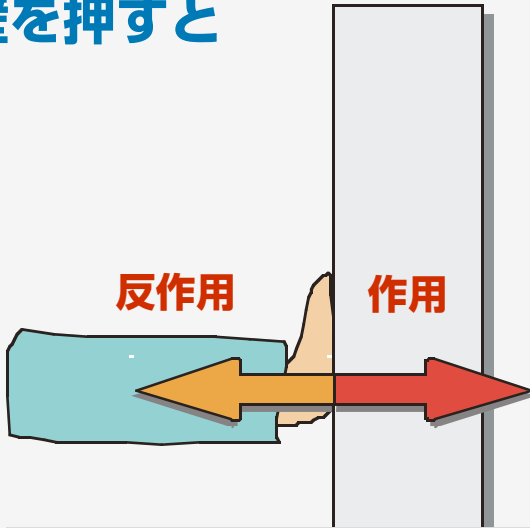


力は A を作用点として、
B 方向 (力の向き) に
矢印の長さで
表した物に与える効果を示す

力には必ず、力の大きさ、力の向き、力の作用点の3つの要素があり、これを力の3要素という

3 作用・反作用

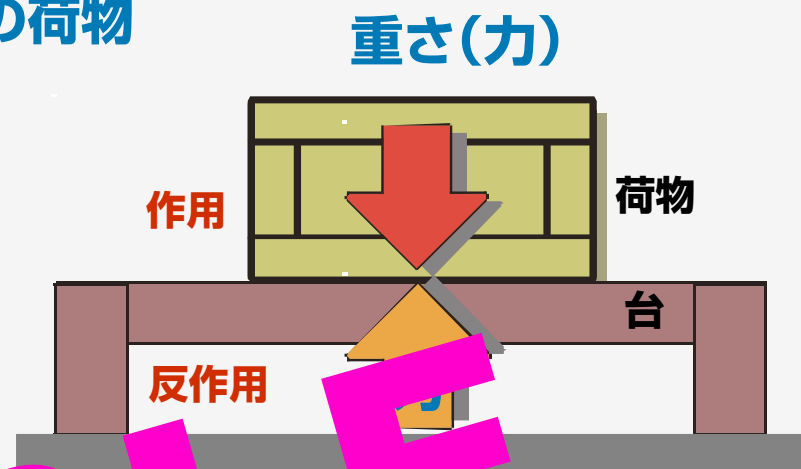
壁を押すと



壁は押される力を受けています。
でも、手には壁からの力を感じます。
これは、壁が手に力を加えているからです。

2つの物体が力を及ぼし合うとき、一方が相手に力を及ぼすと、必ず相手は力を及ぼし返します。
一方が相手に力を及ぼすだけ、ということはありません。
このように2つの物体が力を及ぼし合うとき、一方を「作用」と呼び、もう一方を「反作用」と呼びます。

台の上の荷物



荷物が台の上の力を受けています。
台は荷物から重さを受けています。
でも、台も荷物に力を加えています。

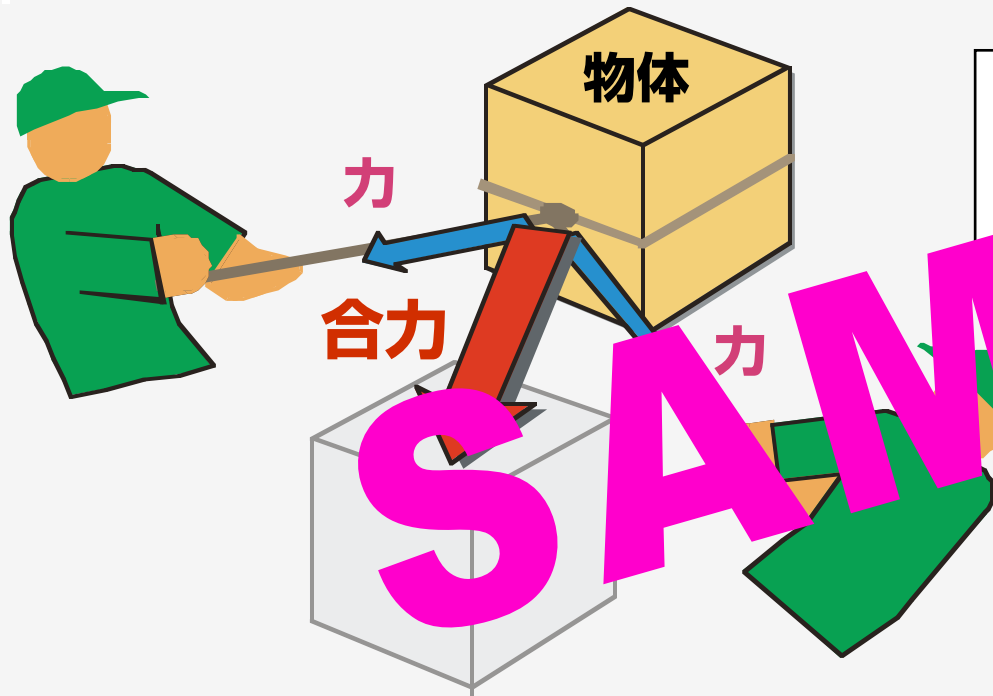
**作用と反作用は、
同じ直線上で作用し、
大きさは等しく、
向きが反対**

SAMPLE

4 力の合成

1 つの物体に 2 つ以上の力が作用するとき

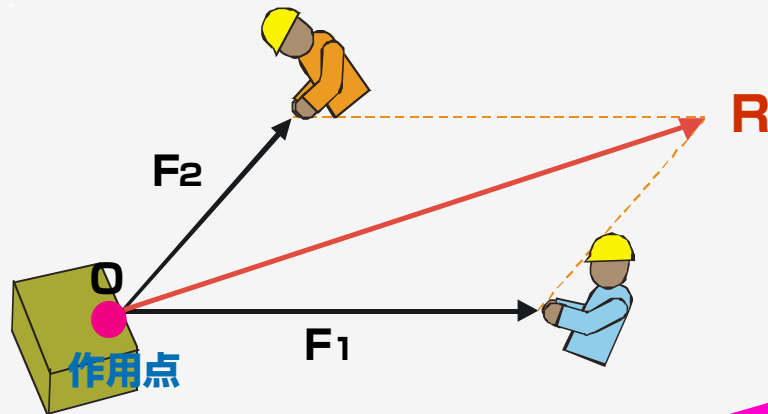
2 つ以上の力を、それらの力と同じ働きをする 1 つの力にまとめることができる



このまとめられた力 = 合力 という
合力をまとめること、力の合成 という

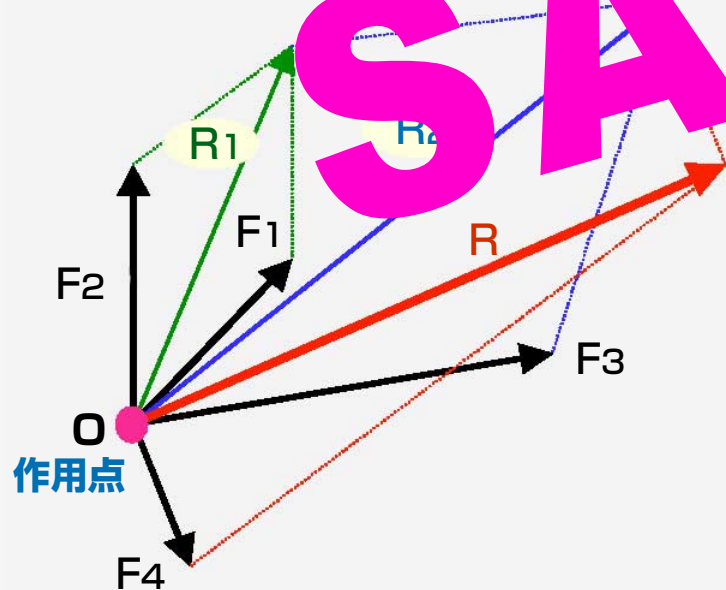
4-1 1点に作用する力の合成 力の平行四辺形の法則

[2つの力の合成]



0点に作用する2つの力 F_1 と F_2 の
合力は R

[多数の力の合成]



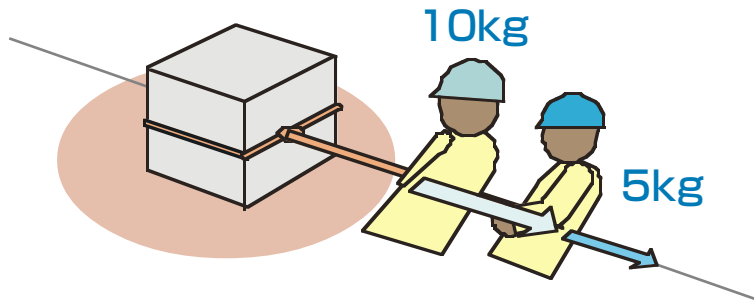
力 F_1 F_2 F_3 F_4 の合成方法

- 1) F_1 と F_2 の合力 R_1 を求める
- 2) R_1 と F_3 の合力 R_2 を求める
- 3) R_2 と F_4 の合力 R を求める

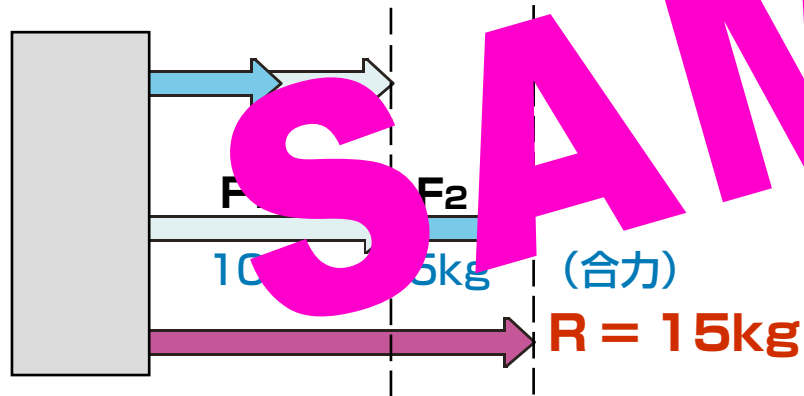
R が合成した力（合力）です

4-2 一直線上の点に作用する2つの力の合成

2人が同じ方向に一直線上に引く

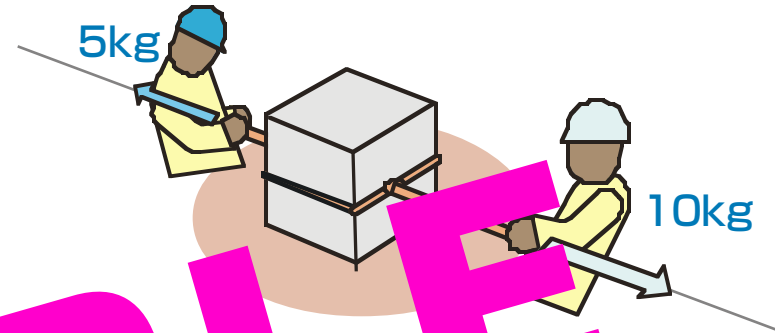


合力の大きさは 15kg

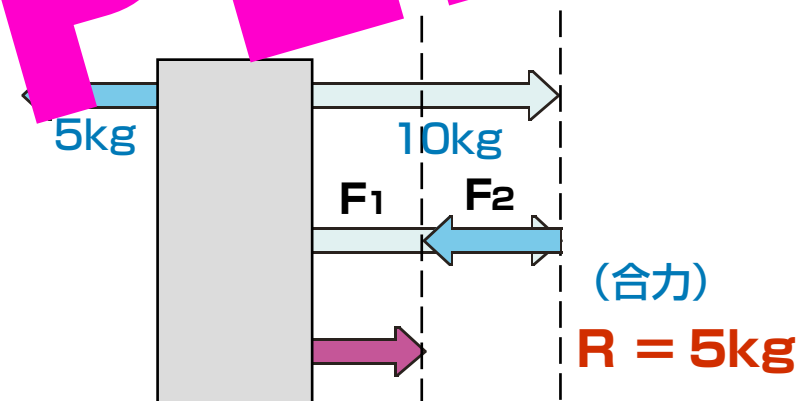


$$R = F_1 + F_2$$

2人が反対の方向に一直線上に引く



合力の大きさは 5kg



$$R = F_1 - F_2$$

2つの力が一直線上に作用する時は、

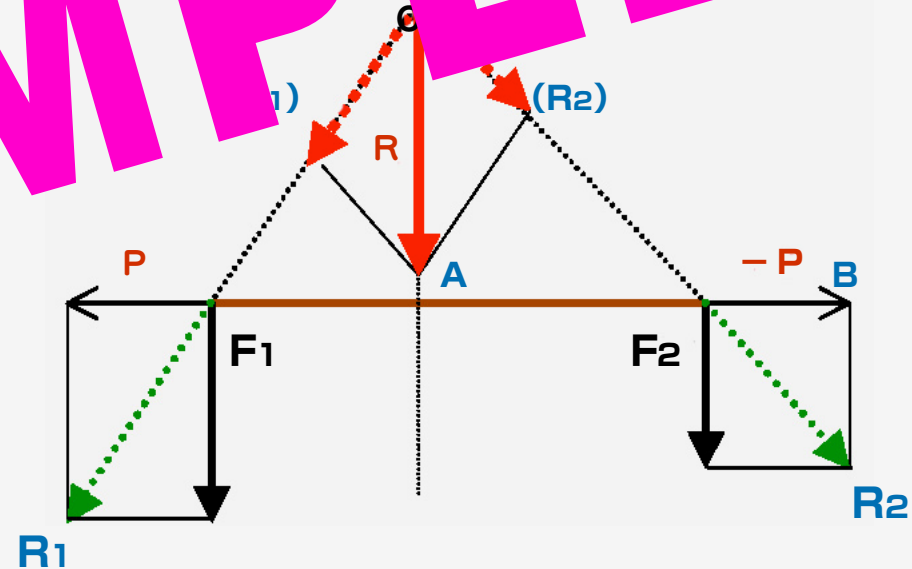
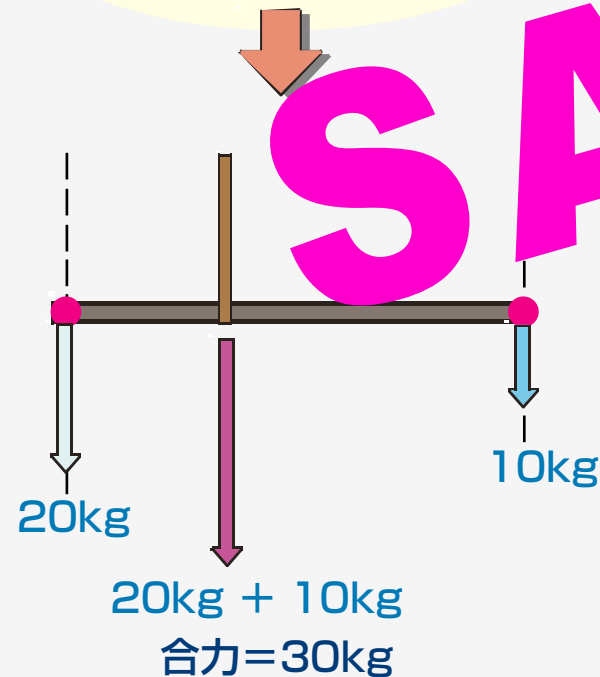
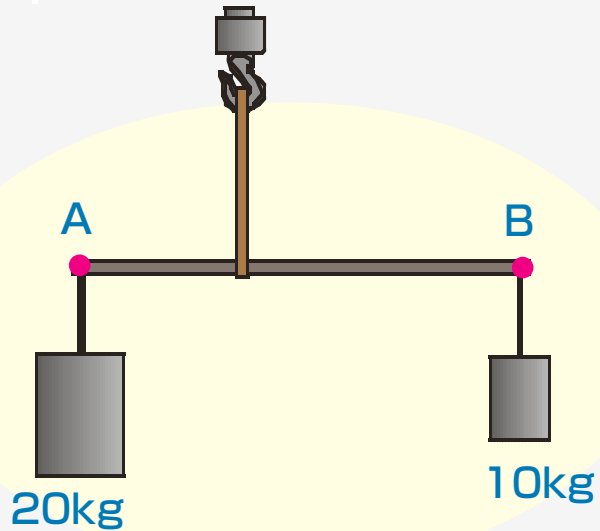
合力の大きさはそれらの和または差で示される

4-3 平行な2つの力の合成

物体の点 A、B にそれぞれ平行な力 F_1 、 F_2 が作用している場合

合力の求め方

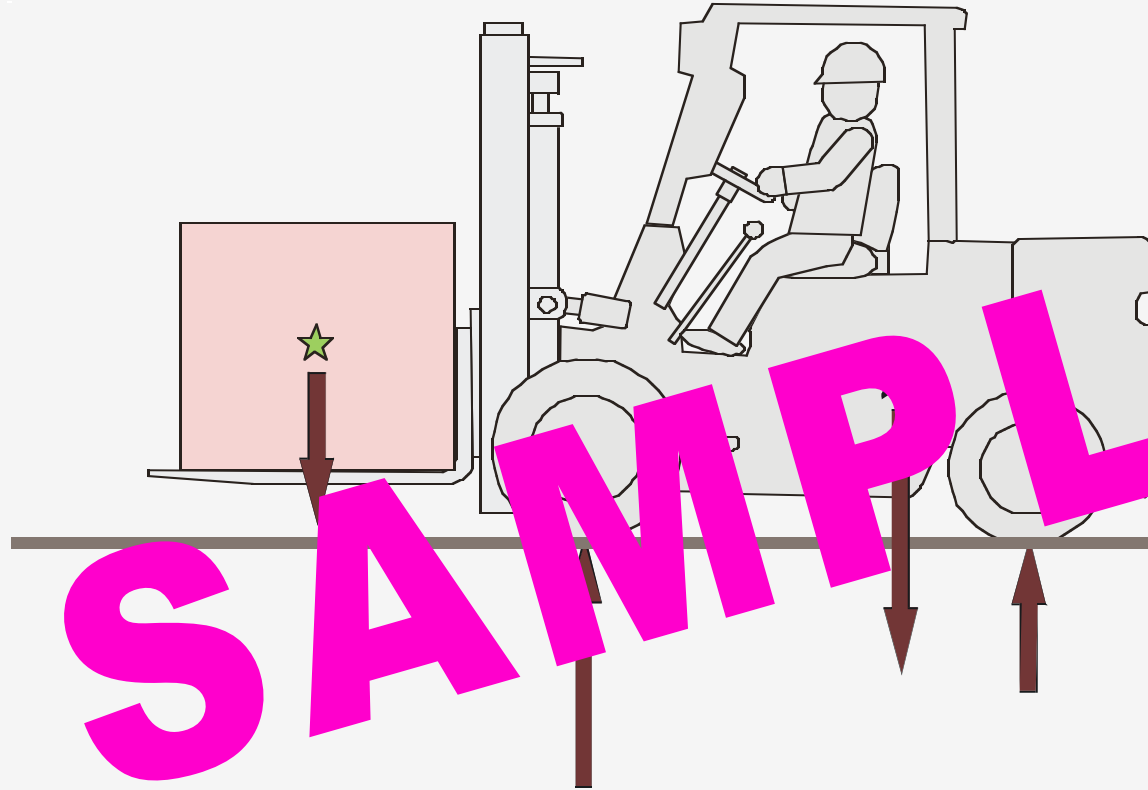
- 1) A 点、B 点から A、B を結ぶ直線上にそれぞれ P 及び $-P$ を加えて、 F_1 と F_2 との合力 R_1 と R_2 を作る。
- 2) R_1 と R_2 の作用線を上方に延長し、交点 O を求める。
- 3) R_1 と R_2 の作用点を O に移し、合力 R を求める。



合力の大きさは F_1 と F_2 の和
合力の方向は F_1 と F_2 と平行となる

次ページに続く

- フォークリフト自体の重心位置 ★
- フォークリフトの荷の重心位置 ★



フォークリフト自体の質量による重力と、荷の質量による重力はは下向に平行に働いている。
この力の合成された力は、フォークリフトの4輪で支えられている。

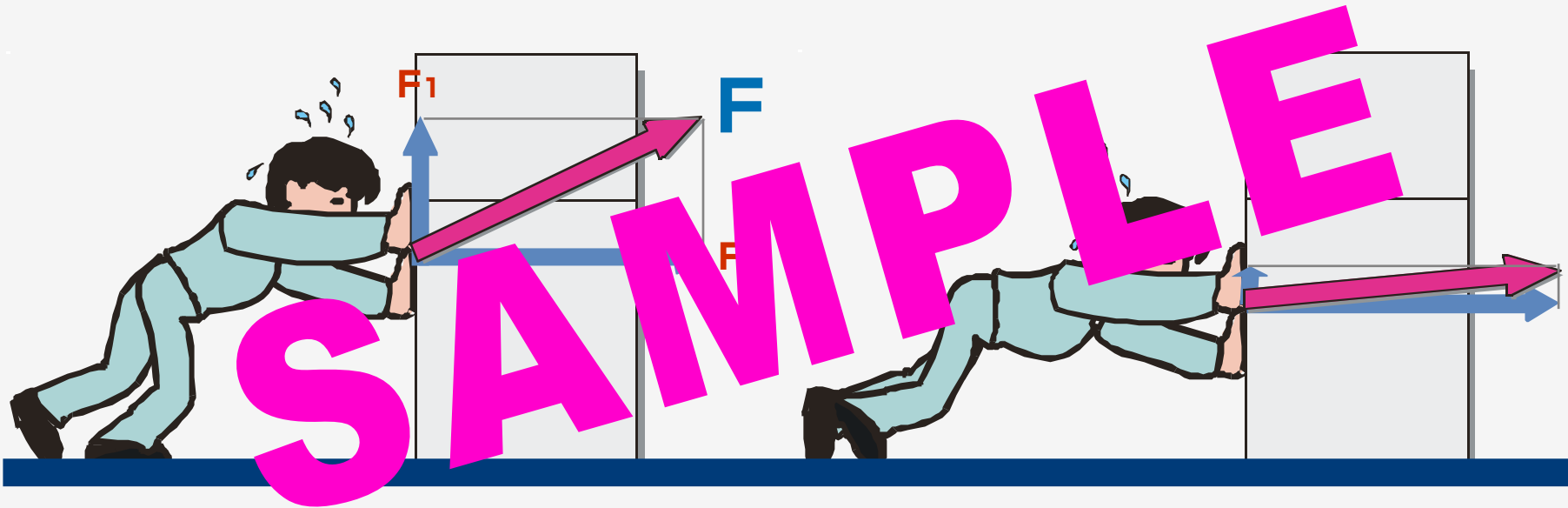
5 力の分解・分力

物体に作用する1つの力を、互いにある角度を持つ2つ以上の力に分けることを**力の分解**という。
2つ以上に分けられた力をもとの**力の分力**という。

[分力の求め方]

力の平方四辺形の法則を逆利用して、力の分解を行なう。

力 F は、分力 (F_1 、 F_2) に分解される



[物体にかかる力の求め方]

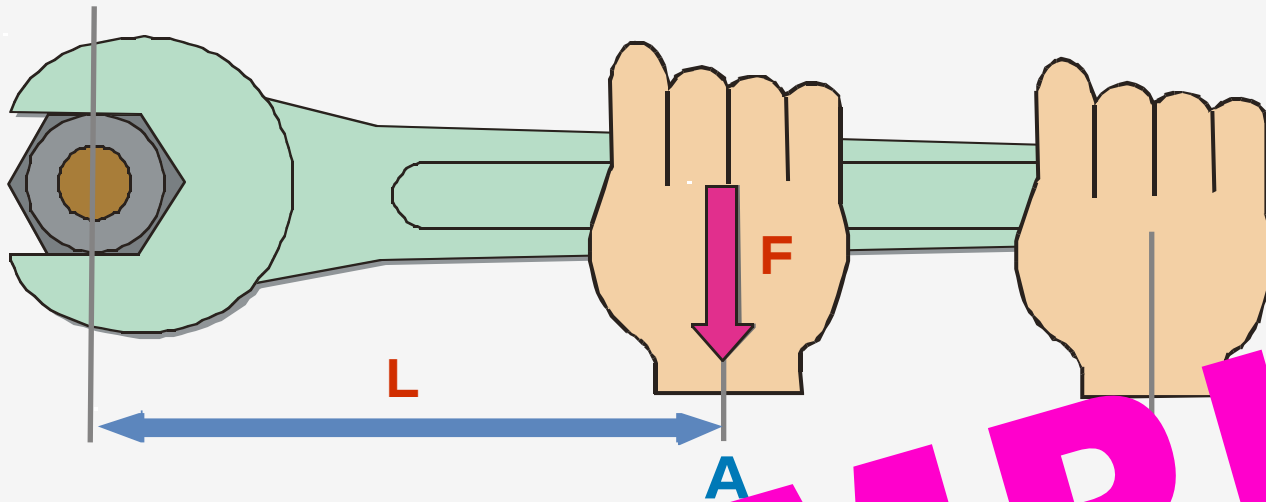
冷蔵庫の位置を押して移動させる場合、できるだけ真横方向に力を加えると楽に動く。

冷蔵庫を押す力 (F) を縦方向の力 (F_1) と横方向の力 (F_2) に分解してみる。

物体を押す場合、物体を押す力 (F) の横方向の分力 (F_2) をできるだけ大きくするとよい。

6 力のモーメント

力が物体を回転させようとする働きを **力のモーメント** という



上図のボルトをまわす力のモーメントは

力のモーメント (M) = 力 (F) × 長さ (L) (ボルトから握り位置までの長さ (L))

レンチでボルトを回すとき、握り位置がA位置より、B位置を握った方が力のモーメントが大きくなる。

モーメントには、時計方向に回転させるモーメント(+)と反時計方向(-)に回転させるモーメントがある。

モーメントの計算は

$$M = F \text{ (N)} \times L \text{ (m)}$$

単位はNm (ニュートンメートル) であらわす。

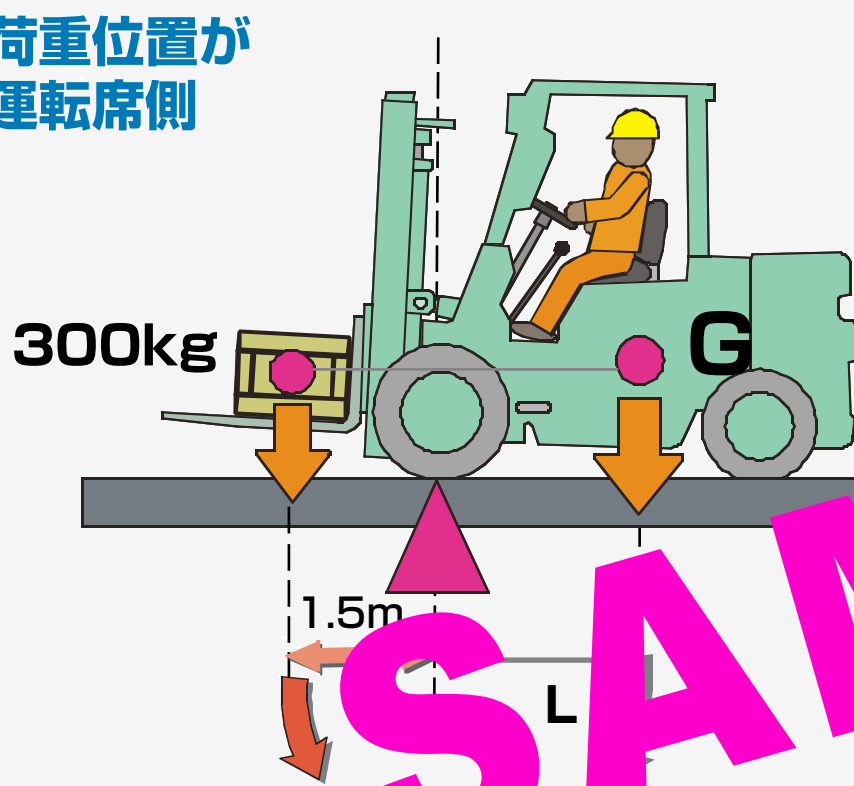
その他モーメントは

力 (N)、長さ (cm) の単位では **N・cm**

力 (kN)、長さ (m) の単位では **kN・m** であらわす。

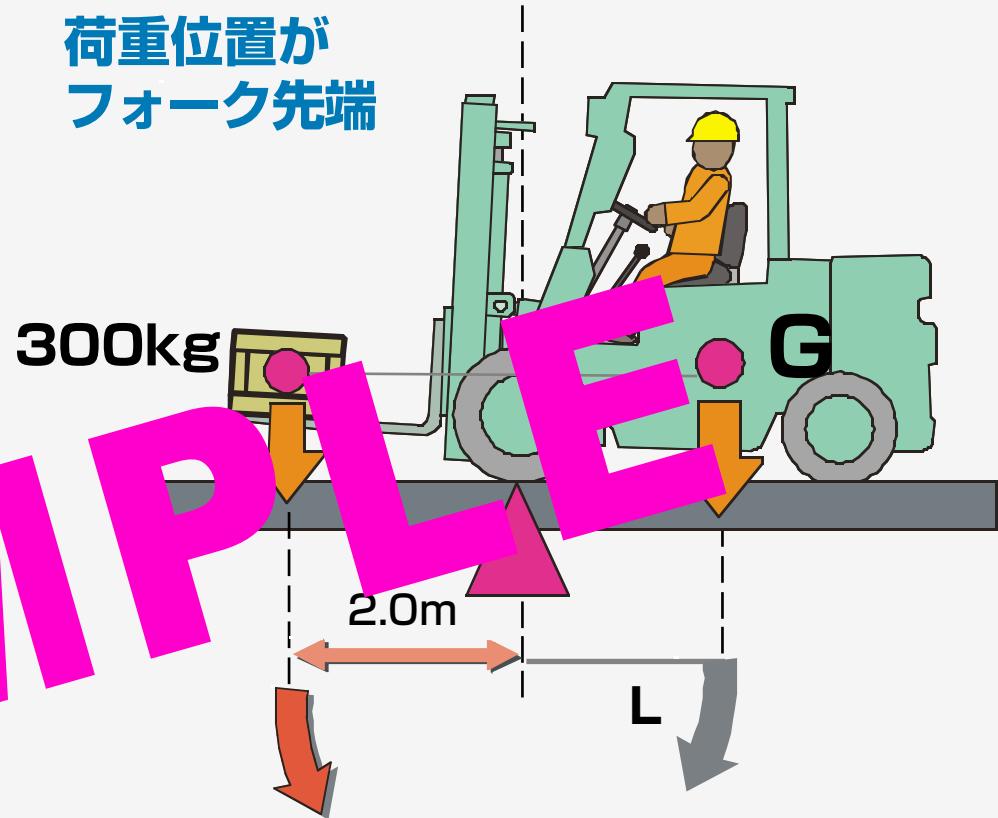
6-1 実例解説

荷重位置が
運転席側



荷重によるモーメント = $1.5 \times 300 = 450\text{kgm}$

荷重位置が
フォーク先端



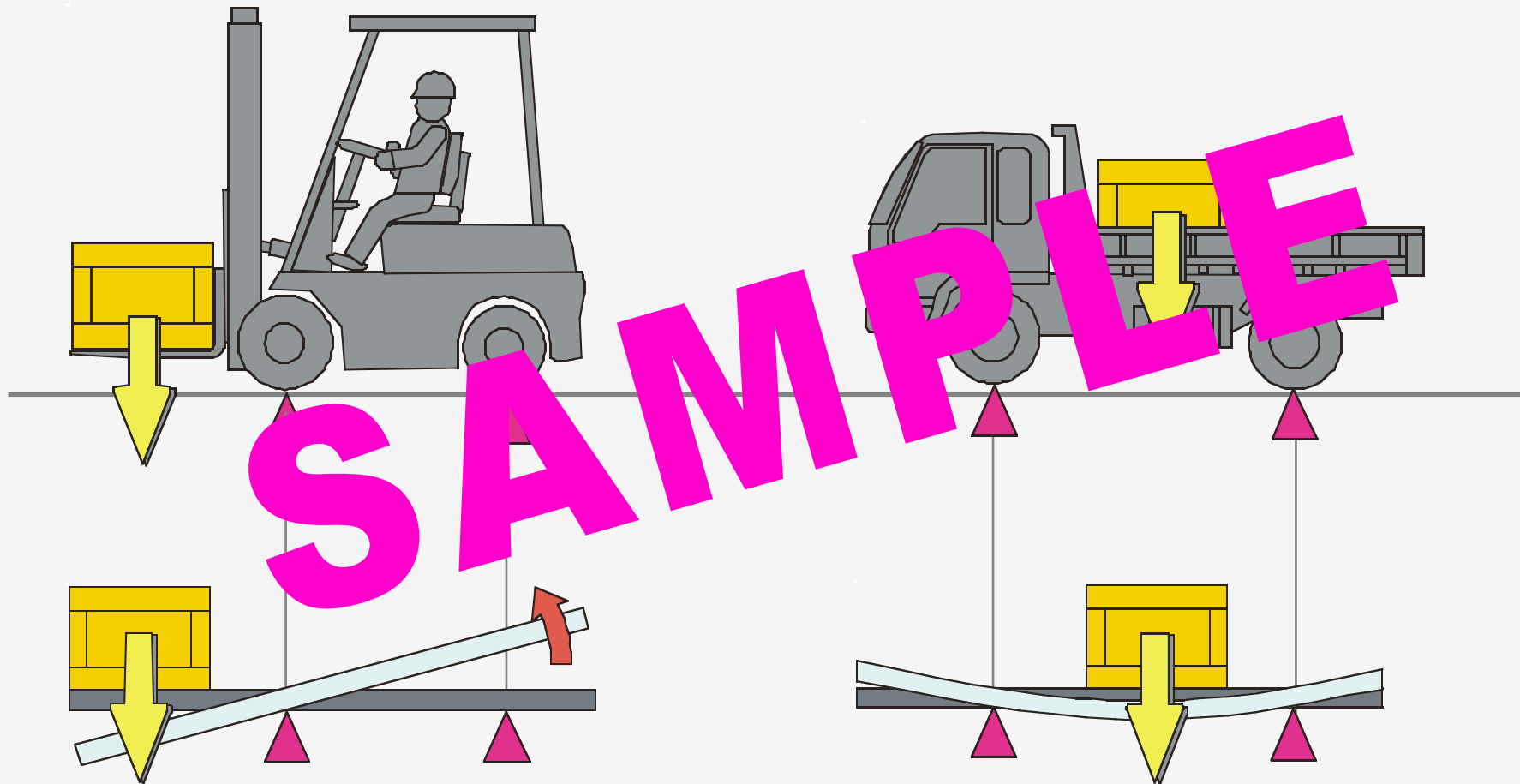
荷重によるモーメント = $2.0 \times 300 = 600\text{kgm}$

フォーク先端で積荷した場合のモーメントのほうが、運転席側に積んだ場合より大きいため、前に転倒しやすくなる。

荷重によるモーメントがフォークリフト自体の重心 (G) から前輪までの距離 (L) × フォークリフト自体の質量 によるモーメントを超えると、フォークリフトは前方に転倒する。

6-2 トラックとのバランス比較

フォークリフトは車体の前方に荷物を積み走りますが、荷物を規定以上に積むと車体は「前のめり」になります。前方に転倒する事態となります。

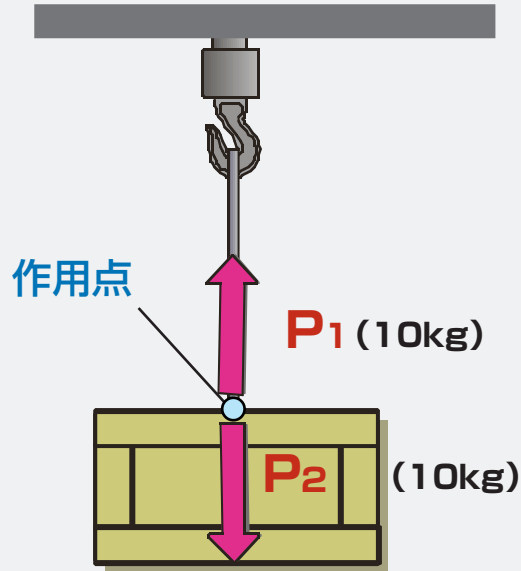


規定以上の重量の荷物を積むと
前に転倒する

規定以上の荷物を積んでも
転倒はしない

7 力のつりあい

7-1 1点に作用する力

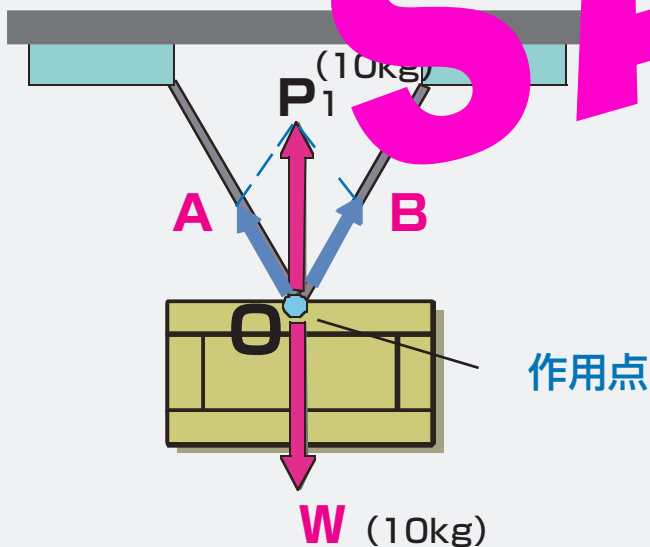


1つの物体にいくつかの力が働いているのに、その物体が動かないとき、それらの力が**つりあっている**という。

荷物をロープで吊った状態で、荷物が止まっている（静止している）状態を考えます。

ロープには、荷物の重さ P_2 (10kg) と同じで荷物を上向きに引っ張る力 P_1 が働き、この2つの力がつりあっている状態を考えます。

(1) 1点に作用する力のつりあい



点 (O) に2つの力 (AとB) が作用し、荷物の重さ W とつりあっている状態を考えます。

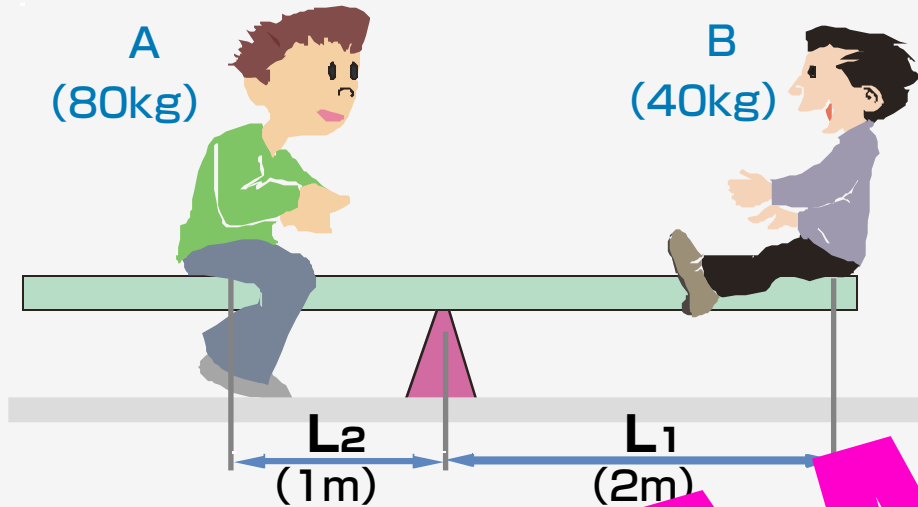
AとBの合力 P_1 と重量 W が同じ時、荷物は静止している。

AとBの合力 P_1 と重量 W の大きさは同じ

AとBの合力 P_1 と重量 W の向きは反対

7-2 平行力のつりあい

(2) 平行力のつりあい

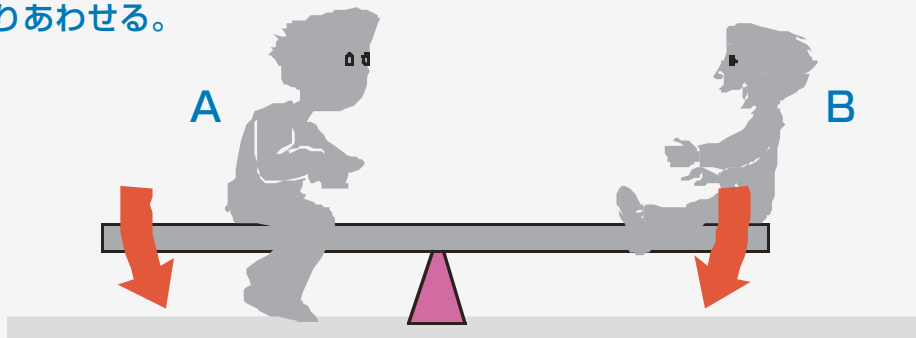


上のシーソーがバランスしている例をモーメントで示す。

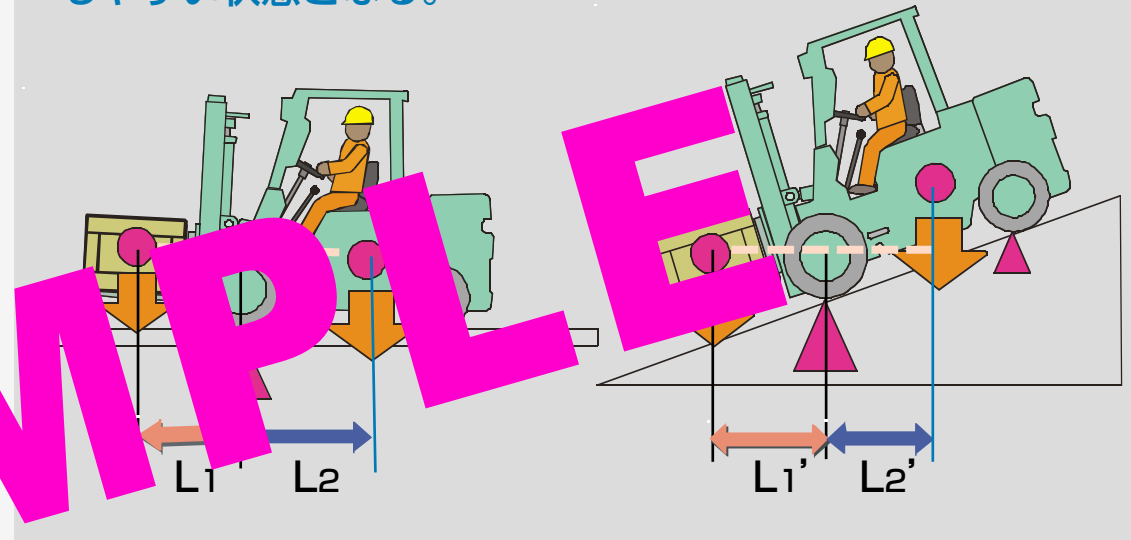
$$A \times L_2 = B \times L_1$$

$$(80 \times 1 = 40 \times 2)$$

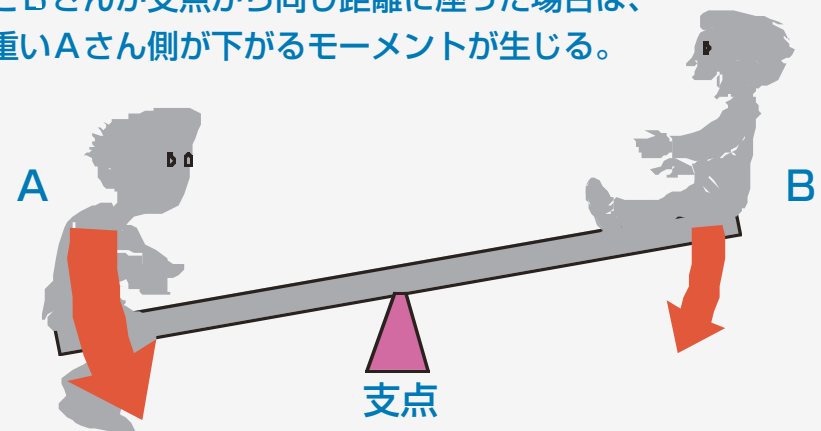
平行力をつりあわせるには、支点を中心とした左回りのモーメントと右回りのモーメントを同じにして、モーメントをつりあわせる。



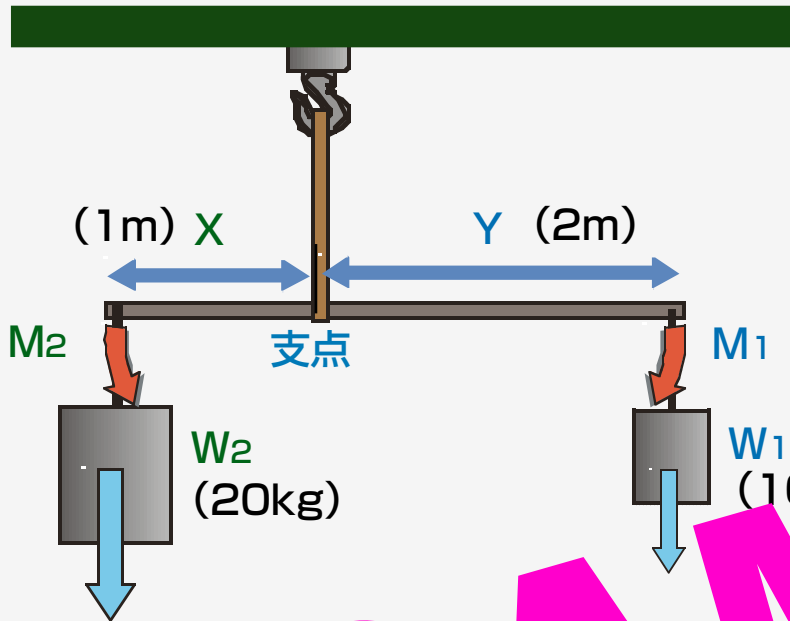
下り傾斜では荷重および車両の重心位置が前に移動し、 $L_1 \rightarrow L_1'$ が大きく、 $L_2 \rightarrow L_2'$ が小さくなるので、前に転倒しやすい状態となる。



AさんとBさんが支点から同じ距離に座った場合は、体重の重いAさん側が下がるモーメントが生じる。



7-3 平行力 計算演習



荷を吊った棒を平行に保つには

支点を中心に、左右に回転しようとする力のモーメント (M1・M2)を同じにする。

右回りのモーメント $M_1 = 9.8 \times W_1 \times Y$
 左回りのモーメント $M_2 = 9.8 \times W_2 \times X$

平行力がつりあっている状態では $9.8 \times W_1 \times Y = 9.8 \times W_2 \times X$

長さLの棒でW1・W2の荷を吊った場合、どの位置で吊るとつりあうかを計算で求める

$$Y = \frac{W_2 \times L}{W_1 + W_2} = \frac{20 \times 3}{10 + 20} = 2\text{m}$$

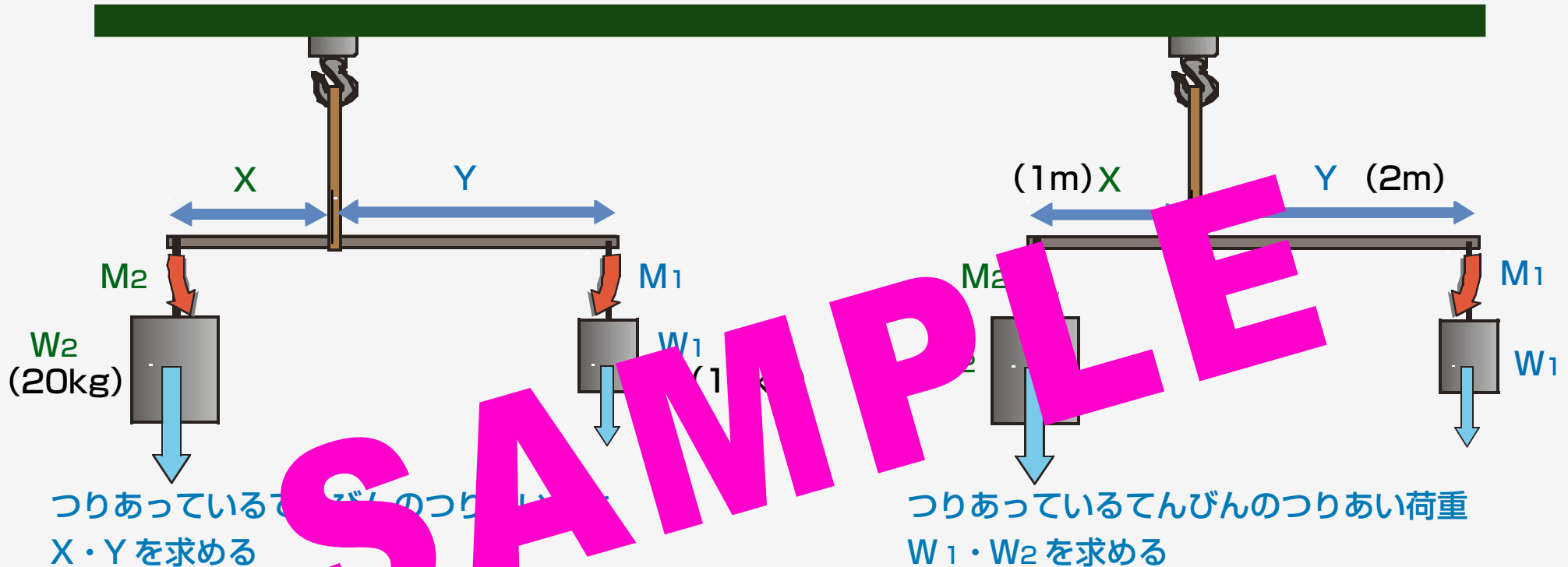
Yの長さ2mに支点を置くとつりあう

左端にW2の荷を吊った長さLの棒を上記支点で吊った場合、右端にどれくらいの重さの荷を吊ればつりあうかを計算で求める

$$W_1 = \frac{X}{L} \times (W_1 + W_2) = \frac{1}{3} \times (10 + 20) = 10\text{kg}$$

7-4 平行力 逆比の関係

L: てんびんの長さ(3m)



$$Y = \frac{W_2 \times L}{W_1 + W_2} \quad X = \frac{W_1 \times L}{W_1 + W_2}$$

(2m) (1m)

支点を中心とした相手側の荷重と、てんびんの全長の積を総荷重で除す

$$W_1 = \frac{X}{L} \times (W_1 + W_2)$$

(10kg)

$$W_2 = \frac{Y}{L} \times (W_1 + W_2)$$

(20kg)

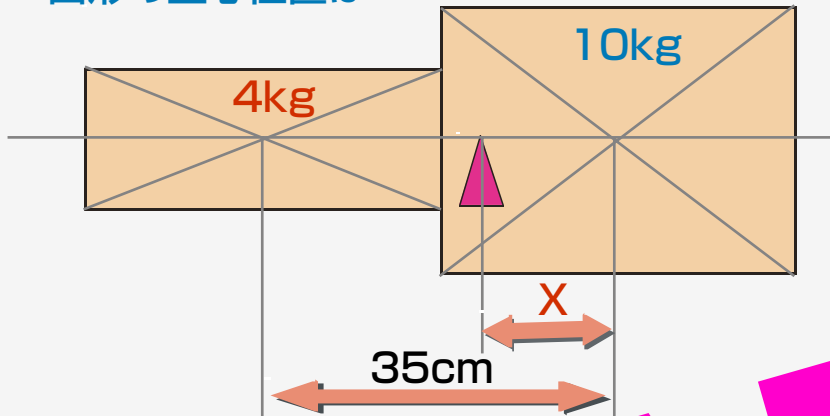
支点を中心とした相手側の長さと、総荷重の積をてんびんの全長で除す

逆比の関係

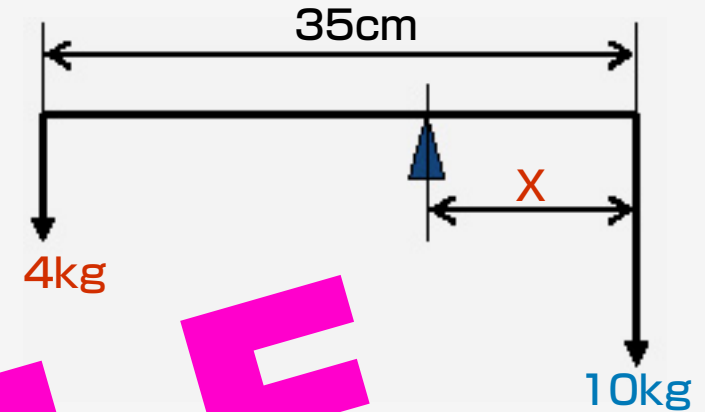
7-5 平行力 例題（計算）

（1）図形の重心位置は

図形の重心位置は



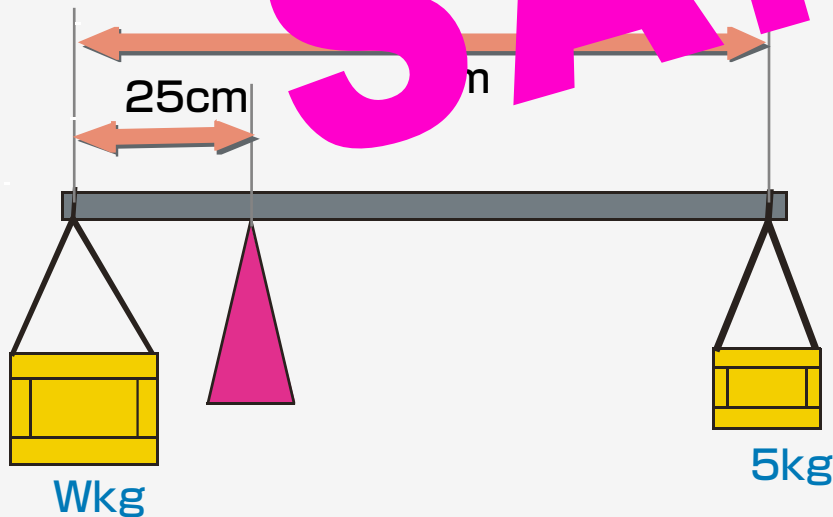
左の図形を図でしめすと



重心位置 X は

$$4 \times 35 = 10 \times X$$

（2）つりあってつりあっている物の重量 W は



左端の荷物の重量 W は

$$W \times 25 = 5 \times (100 - 25)$$

でつりあっているので

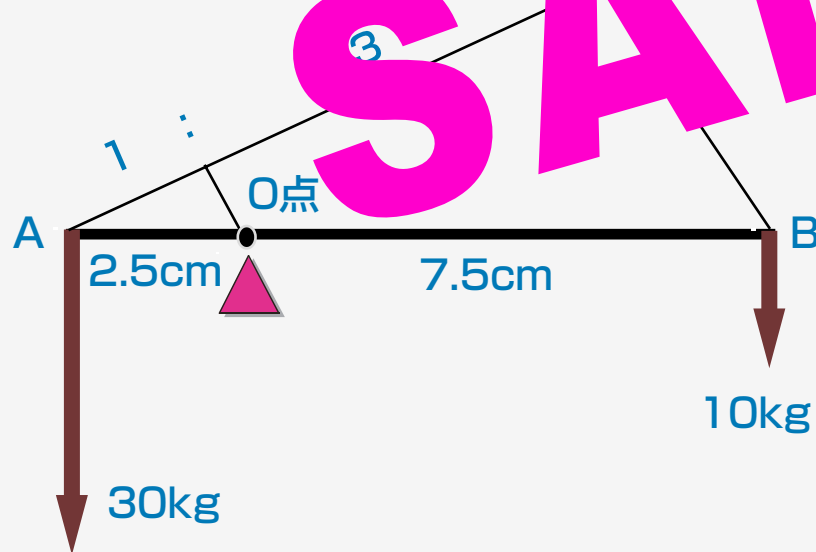
$$W = \frac{4 \times (100 - 25)}{25} = 10\text{cm}$$

7-6 平行力 例題（線図）

平行力のつりあい



1 mの長さの天びん棒の両端に、30kgと10kgの重物がつり下げられている。天びん棒がつりあう支点の位置を図式で求めたい。



例えば 10cm の線 A - B を引き、その線の上に天びん棒の荷の重量 30kg と 10kg の逆比 1 : 3 に内分する O 点を（つりあう支点）求める。

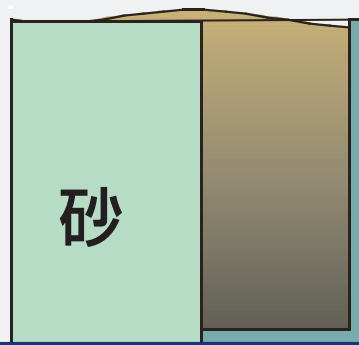
すると O 点は線 A-B の A 端から 2.5cm となる。したがって、天びん棒の 30kg の荷の吊り下げられている端から 25cm の位置に支点がある。

8 質量と比重

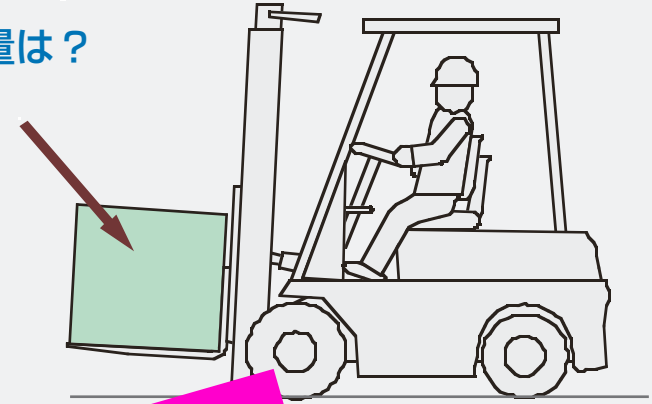
1m³の容器
に入った



と



荷の質量は？



同じ大きさ(体積)に見えても、重さはまったく違う

8-1 質量

物体の重さ

重量

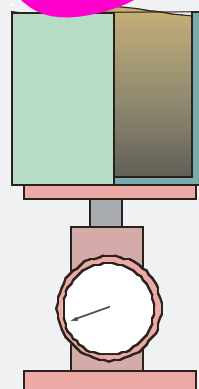
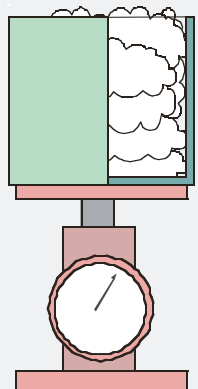


物体の質量

質量

重量は物体に働く重力により変わる

*重力の状態は、通常、地球上での変動はないと
考えてよい



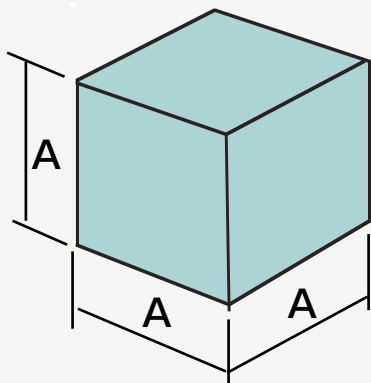
$$\text{物体の質量} = \text{単位体積あたりの質量} \times \text{物体の体積}$$

質量、重量とも **単位は、kg (キログラム) またはt (トン)** などで表示する。

物体の質量は、同じ体積でも物質により異なる。

参考：4℃の純水の体積と質量の関係

立方体で各辺の長さが A の場合



A の長さが 1cm の場合
10cm の場合
1m の場合

体積（容積）は 1cm³
1,000cm³
1m³
質量は 1g
1kg
1t

体積（容積）の単位

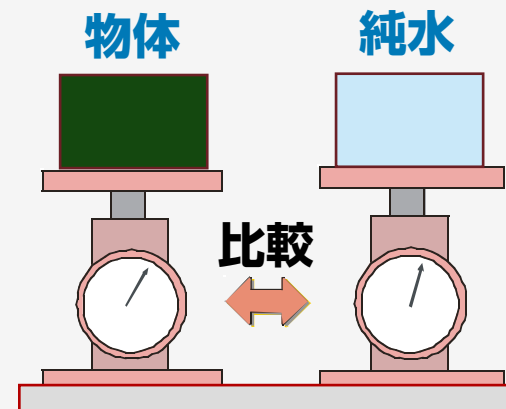
1cm³ = 1cc = 1g
1000cc = 1L (リットル) = 1kg

8-2 比重

その物体の質量と、その物体と同じ体積の 4℃の純水の質量の比を**比重**という

$$\text{比重} = \frac{\text{物体の質量}}{\text{物体と同じ体積の 4℃の純水の質量}}$$

$$\text{物体の質量} = \text{比重} \times \text{体積} \quad \text{から求められる}$$



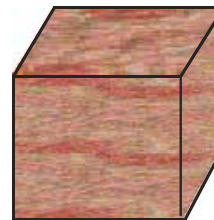
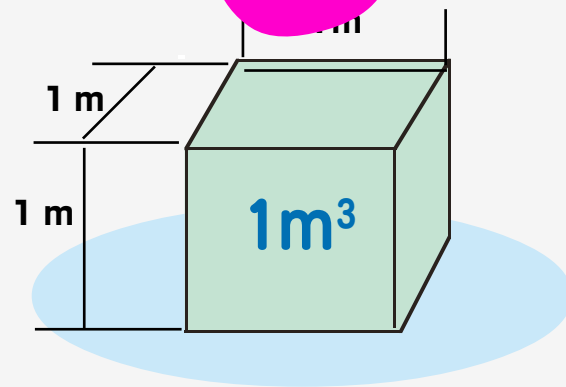
8-3 単位体積の物体の質量

物体の 1m^3 あたりの質量（比重に相当）

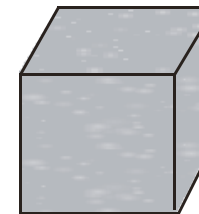
単位：トン

物体の種類	1m^3 あたりの質量	物体の種類	1m^3 あたりの質量
純水（ 4°C ）	1.0		
鉛	11.4	石炭塊	0.8
銅	8.9	石炭粉	0.7
鋼	7.8	コークス	0.6
鋳鉄	7.2	木炭	0.5
アルミニウム	2.7	紙	0.4
コンクリート	2.3	ひのき	0.4
土	1.8	桐	0.3
砂利	1.5	木材（一般）	0.5
砂	1.3	油脂（一般）	0.9

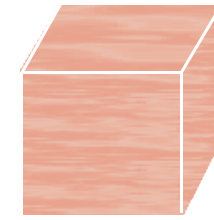
* 木材（一般）、油脂（一般）は目安として記述した。



鋳鉄 7.2ton



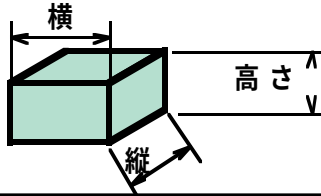
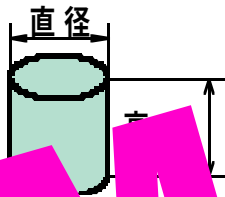
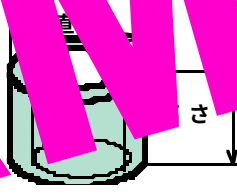
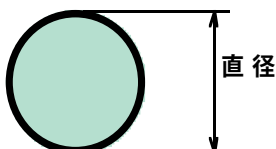
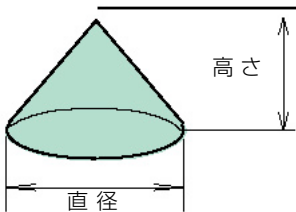
コンクリ 2.3ton



木材 0.5ton

8-4 体積算出の簡略式

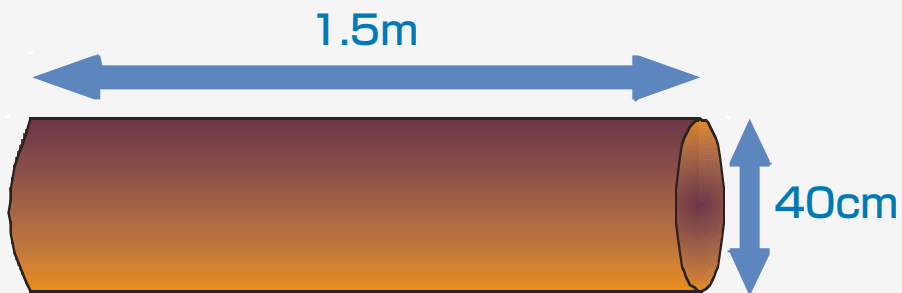
体積算出の
簡略式

物 体 の 構 造		体積略算式
名 称	図 形	
直方体		縦×横×高さ
円 柱		$\left(\frac{\text{直径}}{2} \right)^2 \times \text{高さ} \times 0.8$ $\left[\frac{\text{直径}^2}{4} \times \text{高さ} \times \pi \right]$
円 筒		直径×厚さ×高さ×3.14…(薄肉円筒) $\left[\left(\frac{\text{外径} + \text{内径}}{2} \right) \times \text{厚さ} \times \text{高さ} \times \pi \right]$
球		$(\text{直径})^3 \times 0.53$ $\left[\left(\frac{\text{直径}}{2} \right)^3 \times \pi \times \frac{4}{3} \right]$
円すい体		$(\text{直径})^2 \times \text{高さ} \times 0.3$ $\left[\frac{1}{3} \times \left(\frac{\text{直径}}{2} \right)^2 \times \text{高さ} \times \pi \right]$

SAMPLE

8-5 質量の算出（例題）

（1）丸棒の質量計算 材質—鉄



体積略算式から

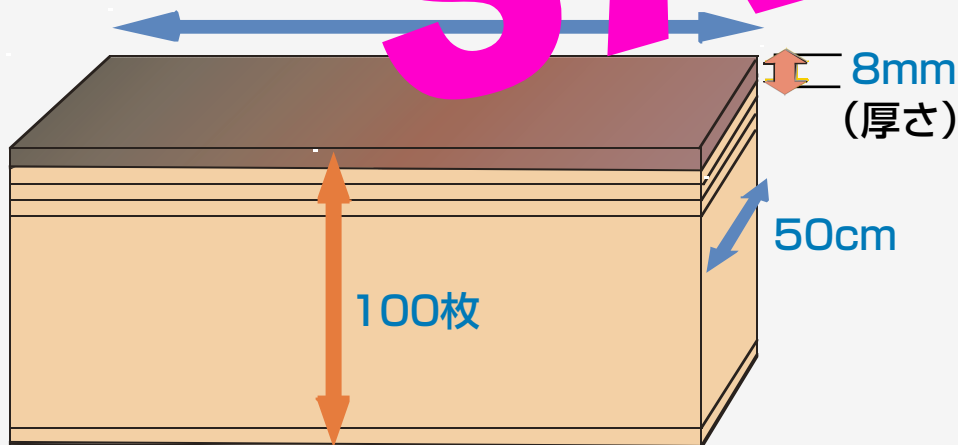
$$\text{円柱の体積} = \text{直径} \times \text{直径} \times \text{高さ} \times 0.8$$

$$\begin{aligned} \text{円柱の体積} &= 0.4 \times 0.4 \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 0.192\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{質量} = \text{体積} \times \text{比重}$$

$$\begin{aligned} \text{円棒の質量} &= 0.192 \times 7.8 \\ &= 1.498\text{t} \end{aligned}$$

（2）鋼板の重量計算



$$\text{鋼板の全体積} = \text{縦} \times \text{横} \times \text{高さ(厚み)} \times \text{枚}$$

$$\begin{aligned} \text{鋼板の全体積} &= 0.5 \times 4 \times 0.008 \times 100 \\ &= 1.6\text{m}^3 \end{aligned}$$

注：1枚の厚さ8mmは0.008mと同じ

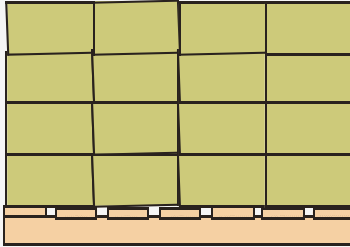
$$\text{質量} = \text{体積} \times \text{比重}$$

$$\begin{aligned} \text{全鋼板の質量} &= 1.6 \times 7.8 \\ &= 12.48\text{t} \end{aligned}$$

次ページに続く

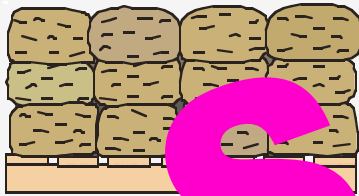
質量の算出（考えてみよう）

1 箱 10kg のダンボール箱 64 箱が積まれたパレット

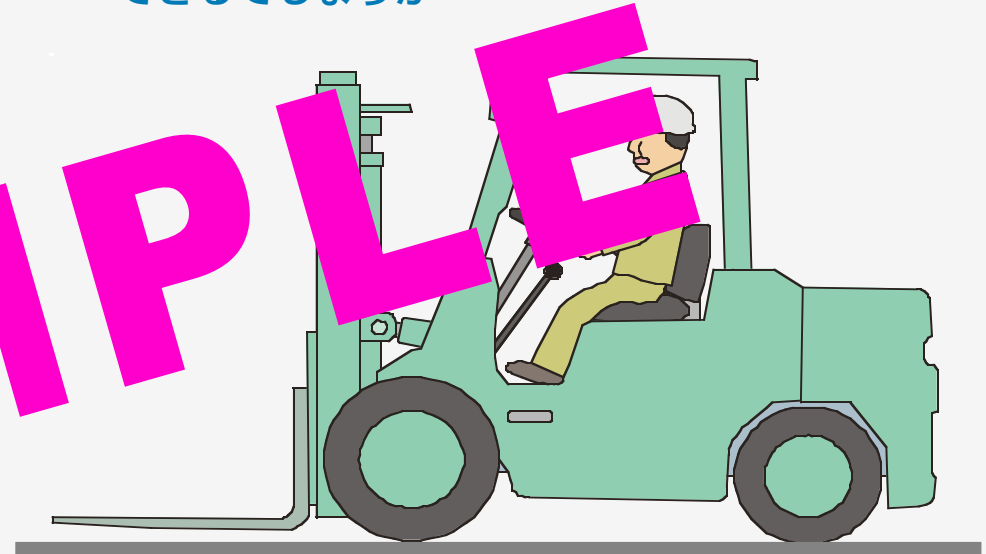
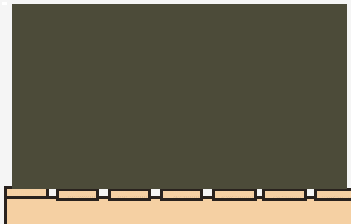


定格荷重 2トンのフォークリフトで搬送作業ができるでしょうか

1 袋 60kg の米袋 36 袋が積まれたパレット

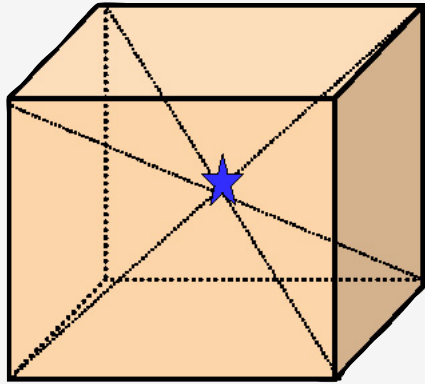


100kg の容器に 1.2m³の水を積んだパレット

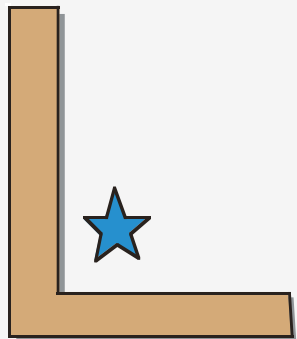
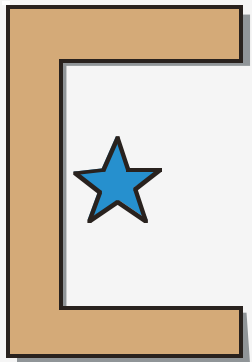
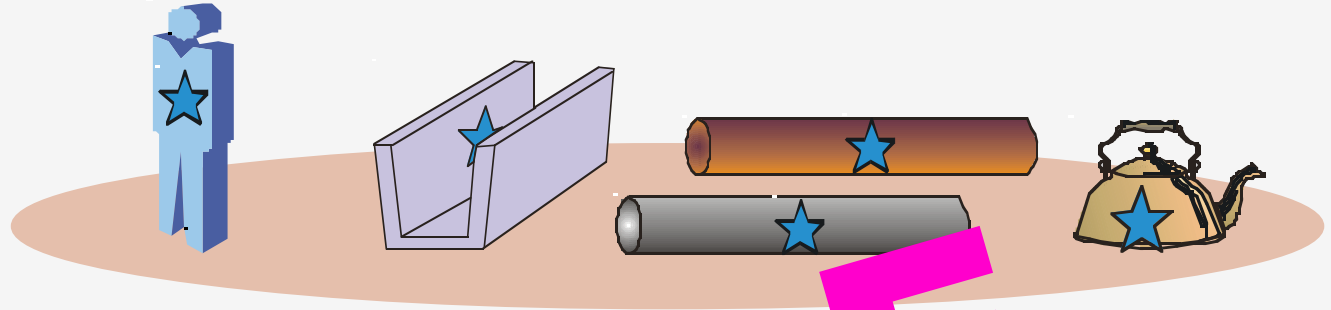


SAMPLE

[重心の位置例]



★ 重心の位置



すべての物体には**重力**が作用している

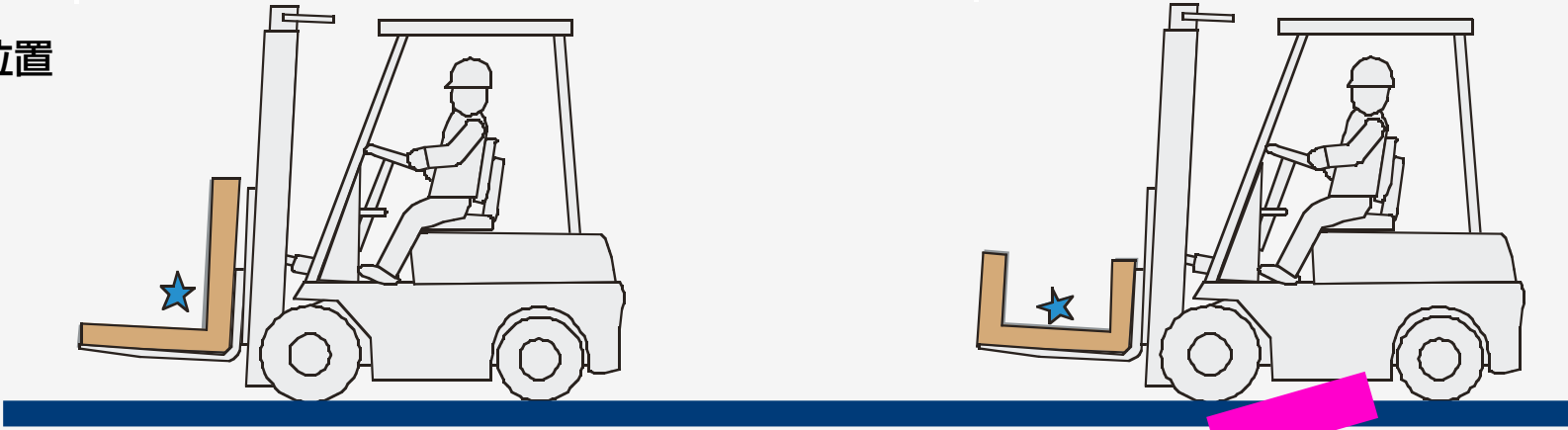
・重心とは物体の**重力が集中する**一定の点であり、
物体の位置や置き方が変わっても重心は変わらない

・物体（固体）の重心は必ずしも物体のなかにあるとは限らない

・材質が異なっても、同じ形状で材質が均一であれば、
重心は同一である

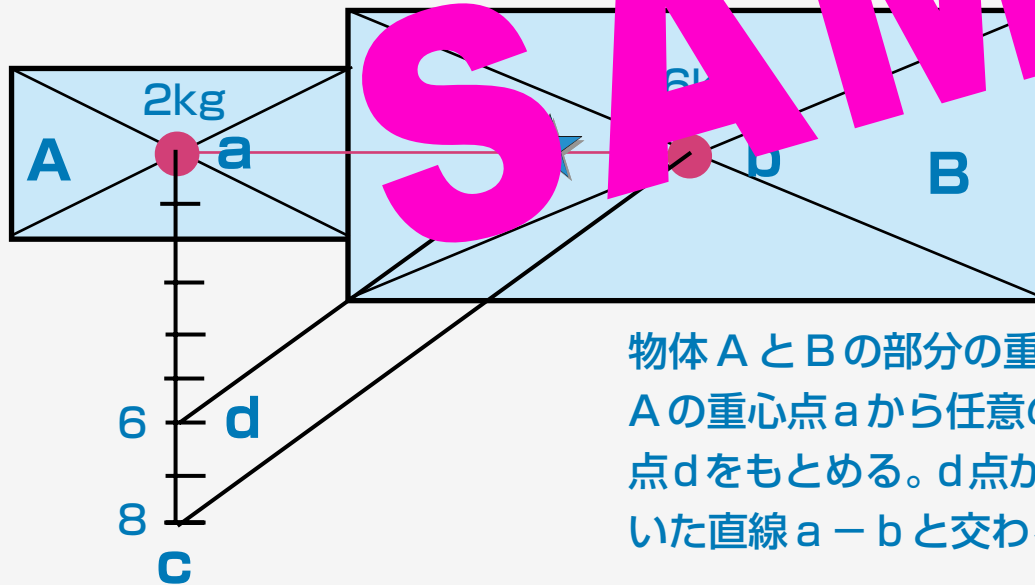
次ページに続く ➡

★ 重心の位置



荷をフォークに積む際に荷の重心は、できるだけフォークリフトの前方に位置するように
1) 車体側に置いて積む 2) 下側に置いて積む

重心の図式計算例



左の図形の重心の位置をもとめるには

物体 A と B の部分の重心をそれぞれ求める。

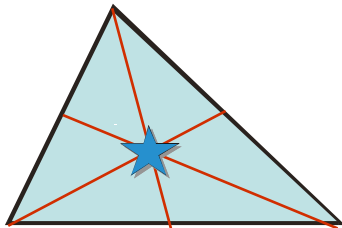
A の重心点 a から任意の直線 a-c を引き、質量の逆比 6 : 2 に内分する点 d をもとめる。d 点から直線 b-c に平行な線を引き A・B の重心間に引いた直線 a - b と交わる点が、この図形の重心位置である。

次ページに続く ➡

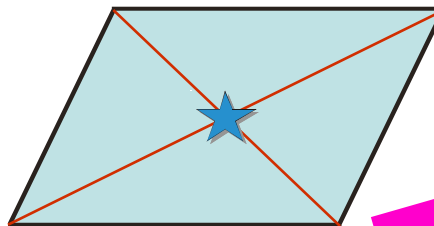
基本形の重心位置

★ 重心の位置

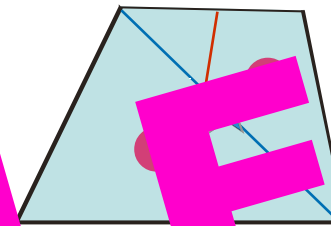
三角形



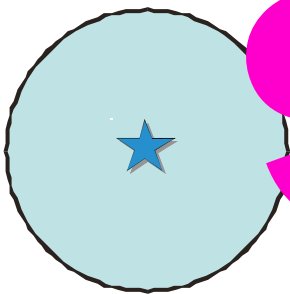
平行四辺形



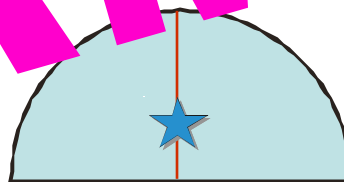
台形



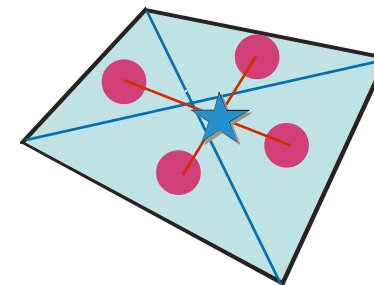
円



半円

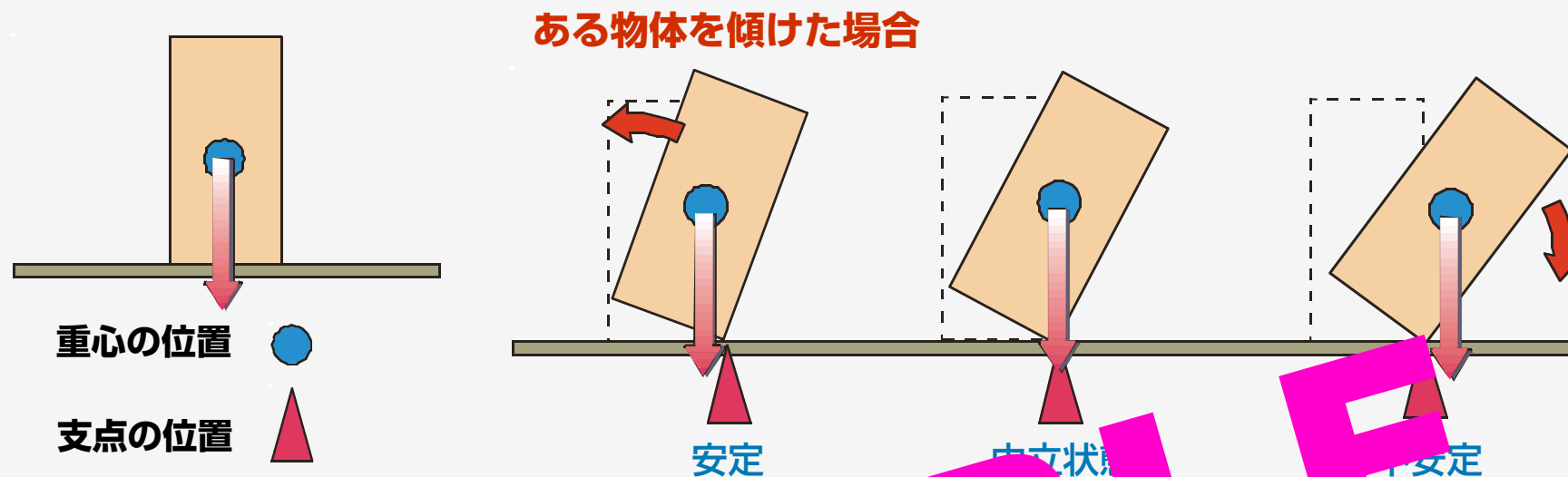


四辺形



SAMPLE

10 物体のすわり（安定）

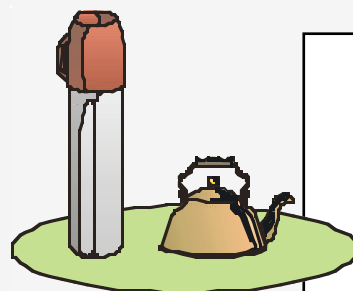
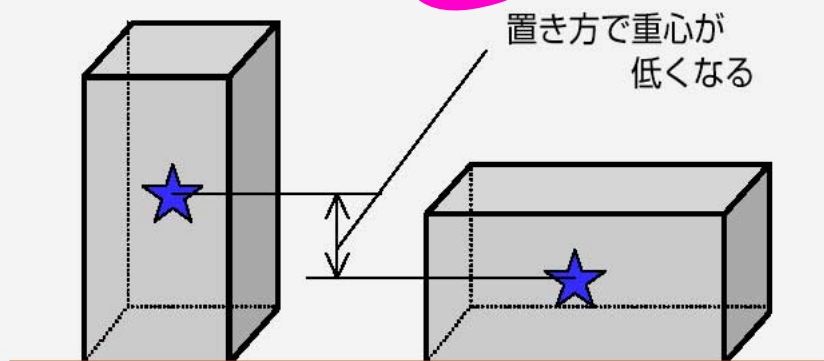


物体に力を加えて傾けて、力を抜いて

- ◆物体が元の位置に戻る場合は「安定」な状態
- ◆物体が転倒する場合は、「不安定」な状態

物体を傾けて、傾いたときの重心を通る鉛直線が、底面内であればすわり「安定」が良い、また中立状態を経て

- ◆底面外となると物体は転倒し、「不安定」となる。



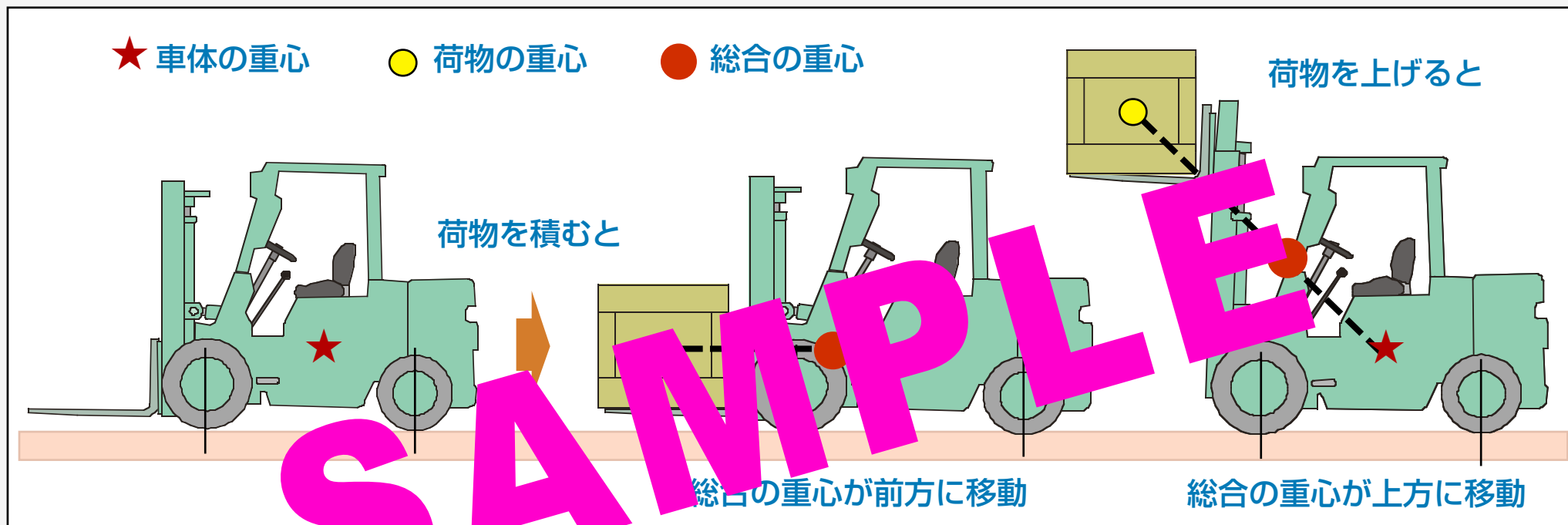
物体を安定させて置くためには

- (1)底面積が大きくなるように置く
- (2)重心の位置を低く置く

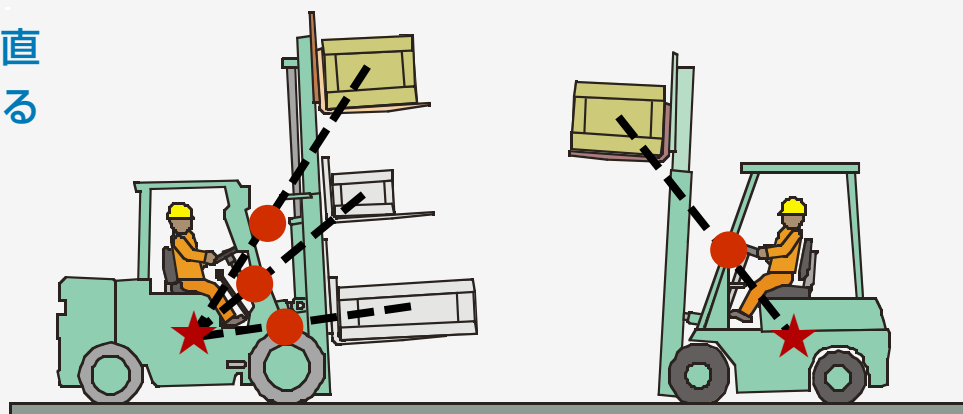
11 重心と安定

11-1 平坦地での重心位置

フォークリフトでの荷積み状況による各重心の位置（平坦地）



総合の重心は、荷物の重心と車体の重心を結んだ直線上にあり、フォークによる積荷位置が高くなると、総合の重心位置が高くなる。



11-2 積荷の状態による重心位置

★ 車体の重心

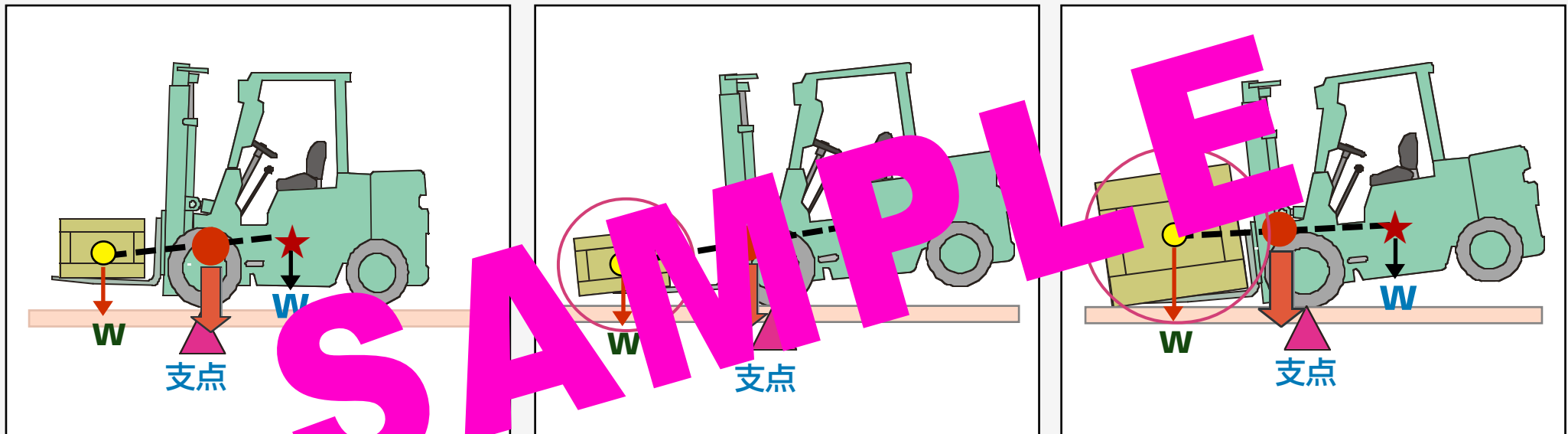
● 荷物の重心

● 総合の重心

◆ 正常の状態

◆ 荷が先方にある

◆ 荷が過大



総合の重心位置が前輪(支点)より後方なら安定、

総合の重心位置が前輪(支点)より前方に出ると車体が前方に傾き不安定となり、後輪が浮く。

11-3 坂道での重心位置

★ 車体の重心

● 荷物の重心

● 総合の重心

坂道で荷物を上げると危険

平地で荷物を上げる

坂道では、支点と荷物の重心の間の距離が長くなる。

長くなる

短くなる

次ページに続く

目次

次ページ

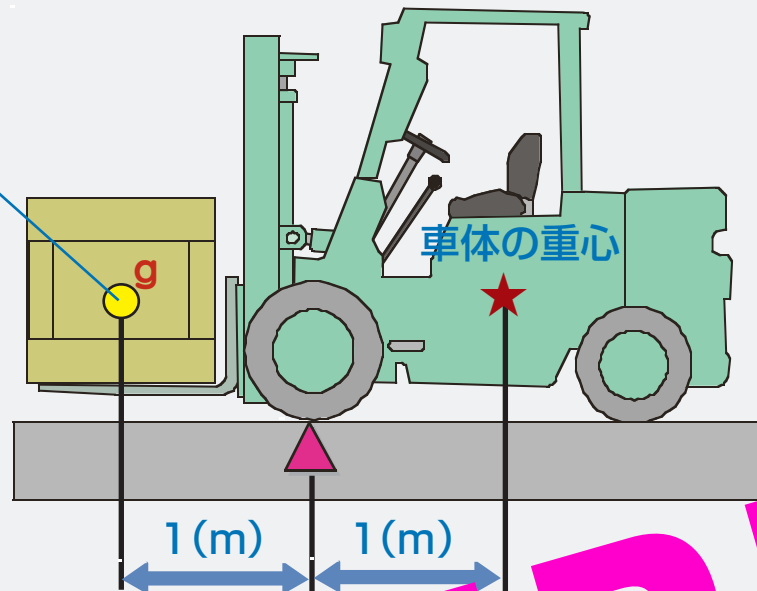
前ページ

戻る

平地走行例

荷物の重心

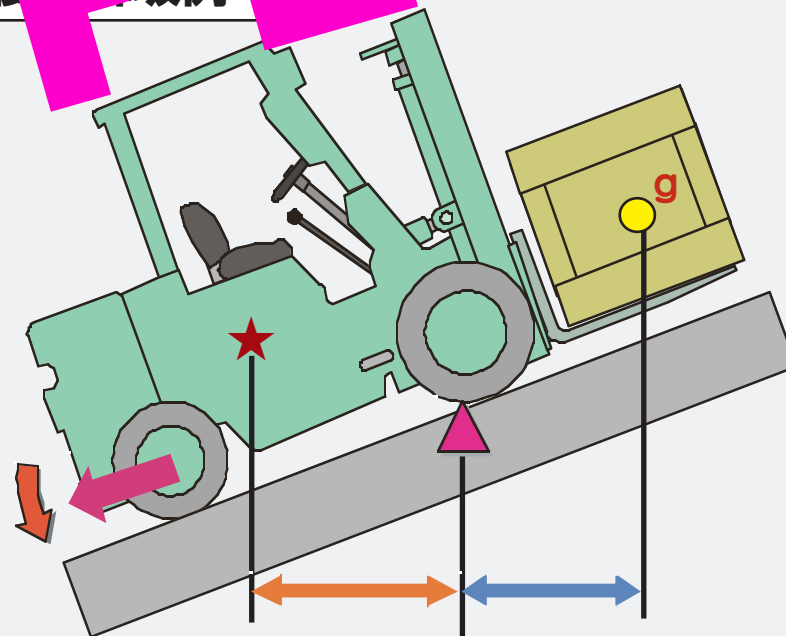
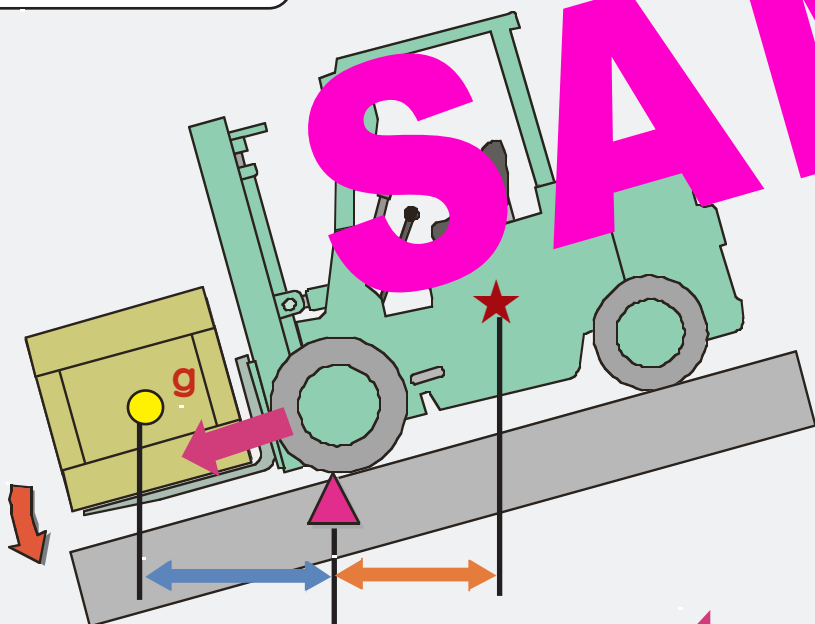
車体の重心



転倒防止のため、降坂時は
後進降坂する

前進降坂例

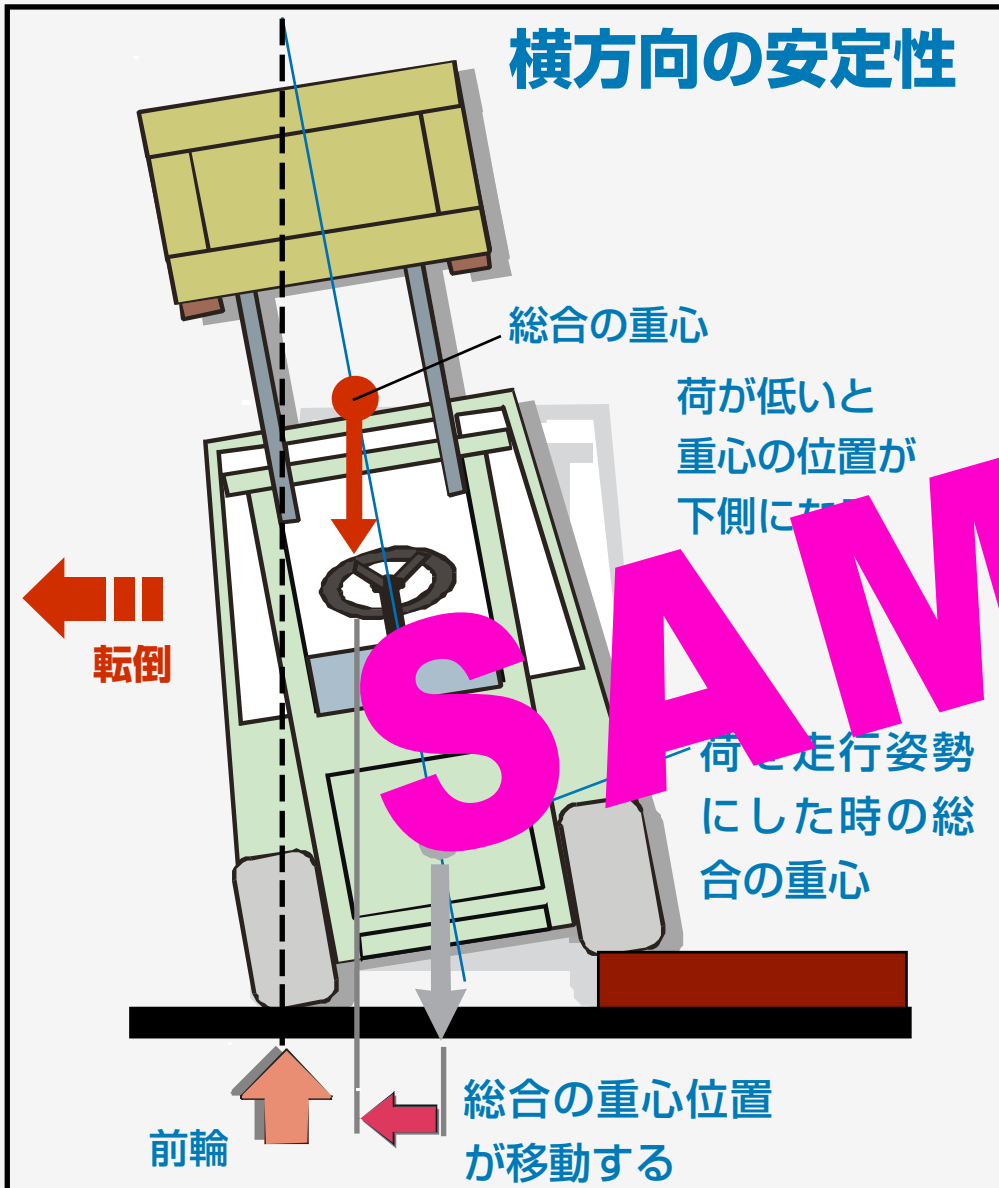
後進降坂例



1より長くなる 1より短くなる ← 走行方向

1より長くなる 1より短くなる

11-4 横方向の安定



横方向の安定性は、総合の重心が低いと、安定性がよく、高いと安定性は悪くなる

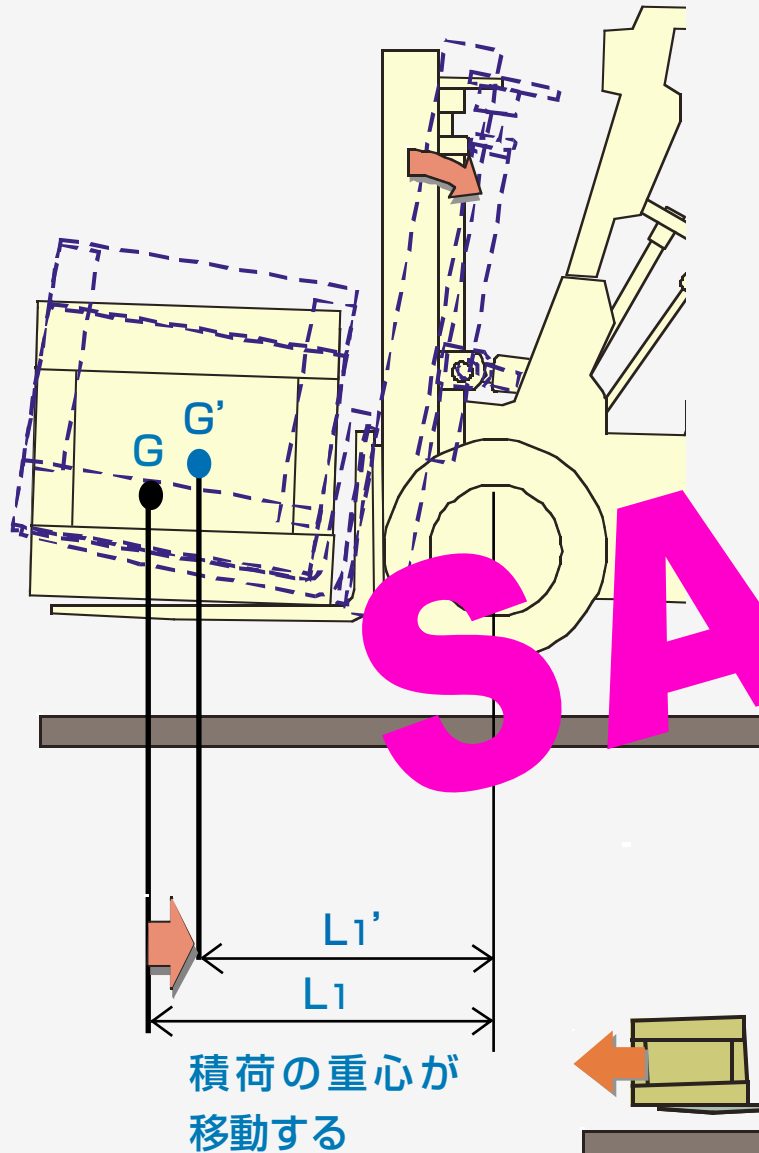
総合の重心が前方の外側に出ると横方向に転倒する

転倒を防止するには、

- 荷を低い位置にする。
- 片輪が物に乗り上げ、穴に落ちる、パンクなどの危険性要因に注意する

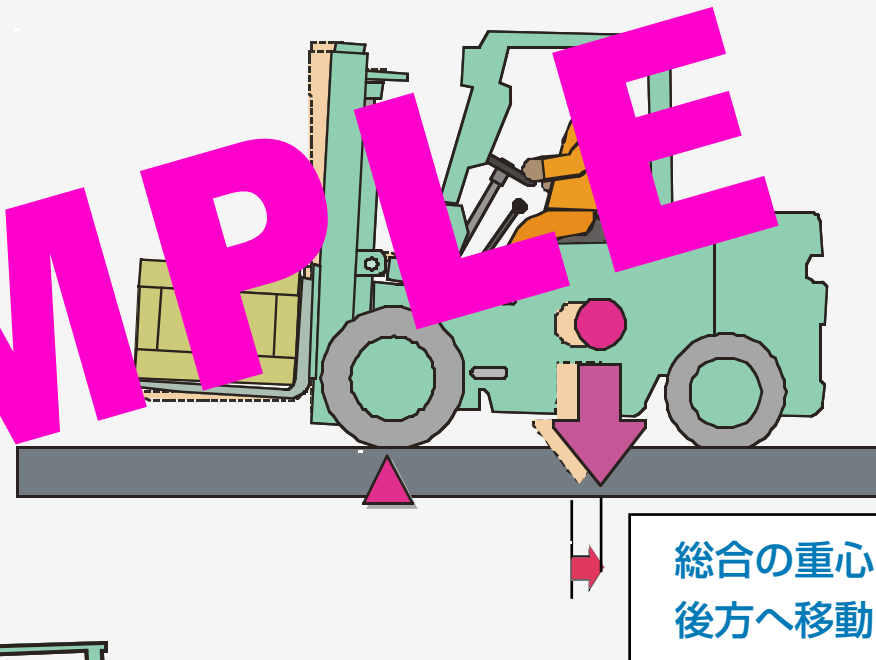
11-5 マストチルト時の安定

フォークをチルトした場合の重心位置



マストをチルト(後傾)すると車両の安定性が良くなる。

○ 積荷の重心が後ろ側に移動し、総合の重心も後へ移動し安定する。



マストの後方チルトは走行時に急停止した場合、積荷の慣性力から積荷の飛び出しを防止する効果もある。

1. 運動

ある物体が他の物体に対して、その位置を変えることを運動という。
運動には、等速運動と等速でない運動がある。



2. 速度

物体の運動が速い、遅い、どの程度を示す量を **速さ** といい、単位時間に物体が移動した距離で示す。
その **速さ** に **方向** が加わったものを**速度**という。

$$\text{速さ}(V) = \frac{\text{距離}(L)}{\text{時間}(t)}$$

速さの単位は

m/S , m/min , km/h 等が用いられる

13-1 加速度とは

- 物体が速度を変えながら運動する場合、その変化の程度を示す量をいう。
- 速度を増加させる場合を正の加速度、減少させる場合を負の加速度という。
- 物体は外力を受けなければ、加速度を生じない。
- 静止している物体を動かすには、外力が必要。

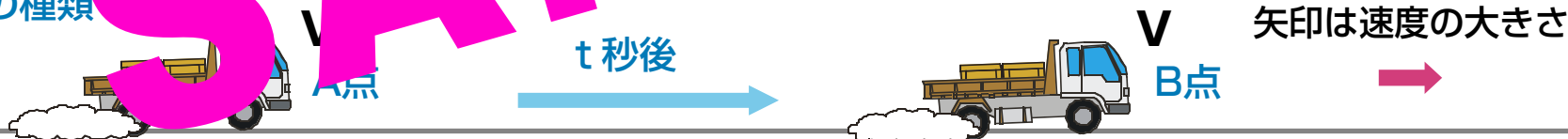
加速度は大きさと方向を持った量である。

A 点を通過するときの速度が V_0 (m/sec) で、その後速度を加減して、
t 秒後に B 点を通過するときの速度が V (m/sec) になったとすれば、加速度 a は

$$a = \frac{V - V_0}{t} \quad (\text{m/sec}^2) \text{ である。}$$

加速度の単位は m/sec^2 , cm/sec^2 等に表示する

速度変化の種類



矢印は速度の大きさ

例 1

● → 等速運動



例 2

● → 速度増加(正の加速度)



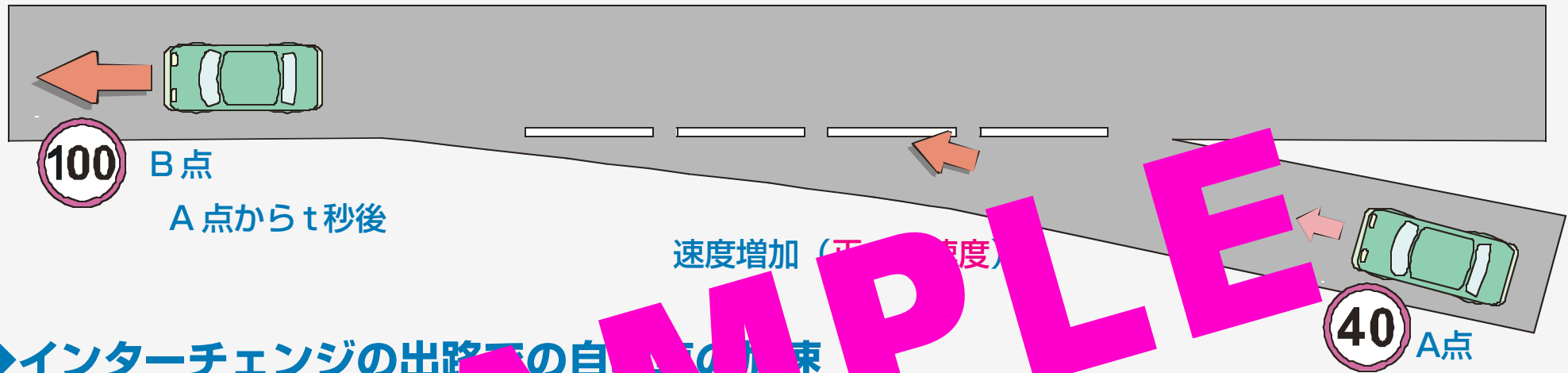
例 3

● → 速度減少(負の加速度)



13-2 加速度（事例）

◆インターチェンジの入路での自動車の加速



◆インターチェンジの出路での自動車の減速



速度が大きいほど、減速するのに時間がかかる。

速度が大きいほど、停止するまで時間がかかる。

構内ではフォークリフトの速度制限が、事業所により決められている。



次ページに続く ➡

13-3 加速度（例題）

（例題）



車が90km/h (25m/sec) で走行していたが、10秒後に停止した

この時の加速度はいくらか

$$\frac{0 - 25}{10} = -2.5 \text{ m/sec}^2$$



車が40km/hで走行していたが、15秒後には100km/hとなった

この時の加速度はいくらか

$$\begin{aligned} 40 \text{ km/h} &= 11.1 \text{ m/sec} \\ 100 \text{ km/h} &= 27.8 \text{ m/sec} \\ \frac{27.8 - 11.1}{15} &= 1.11 \text{ m/sec}^2 \end{aligned}$$

14 慣性と慣性力

慣性

物体には、外力が作用しないかぎり、静止または運動している状態を永久に続けようとする性質がある。
このような性質を、**慣性**といい、慣性により物体に働く力を **慣性力** という。

フォークに荷を積んで走行しているとき

荷は慣性により、前進(後進)運動を続けている

急ブレーキをかけると、荷が前方(後方)に飛び出す力が働く



運動する物体の速度の変化が大きいほど慣性力は強い。

15 遠心力と求心力

遠心力と求心力

ヒモに重りをつけて、中心を持って振り回すと、重りが外側に飛び出す力が発生する。
この力を **遠心力** といい、円運動をする力を **求心力** という。



遠心力の計算式

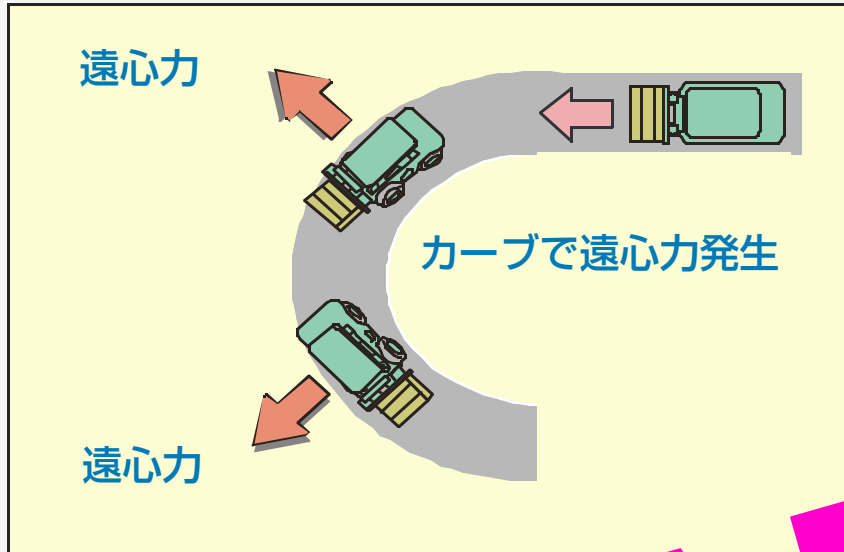
$$\text{遠心力 } F = \frac{m \times v^2}{r}$$

4kgの砲丸を1mのひもの先に付け、1秒で1回の速さで回した場合の遠心力は

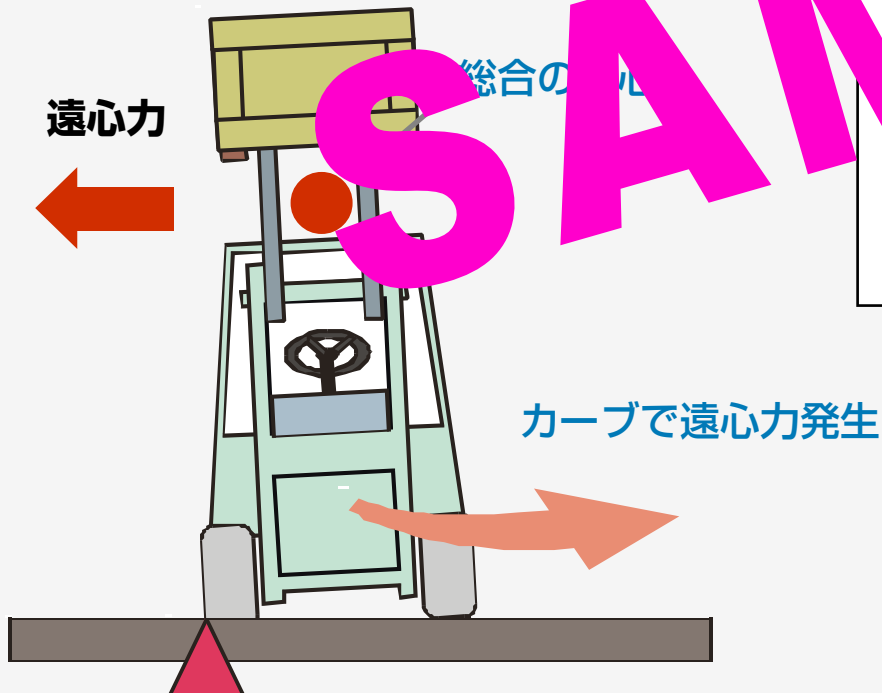
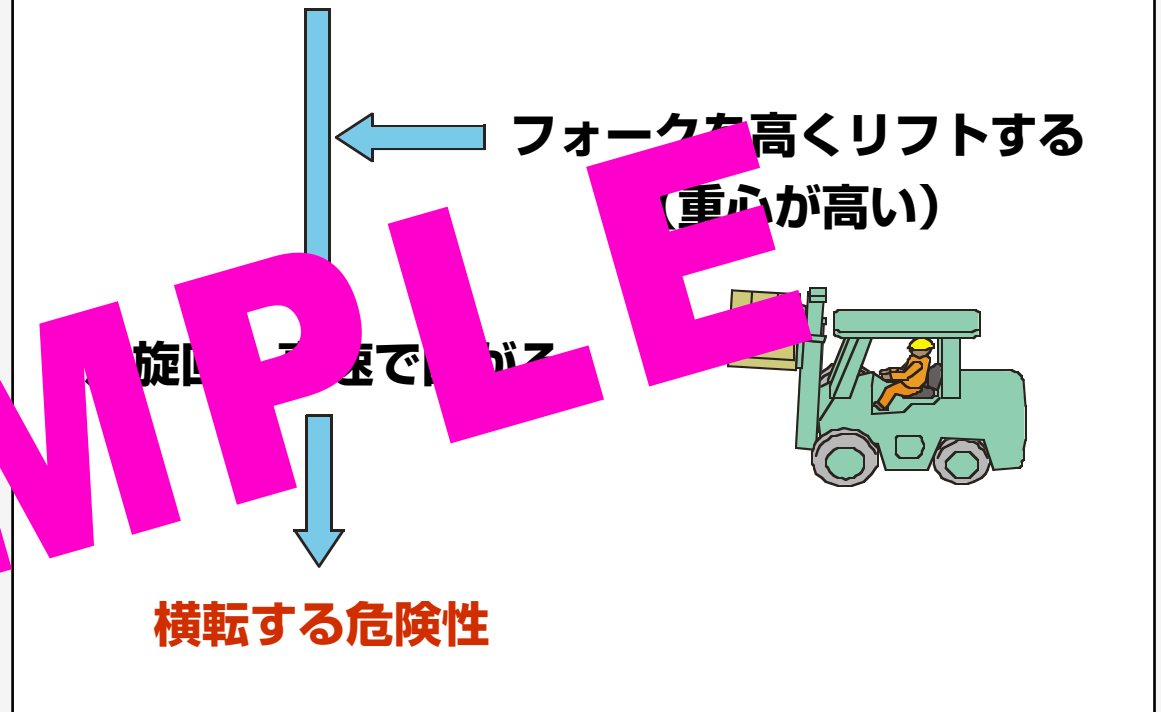
$$\frac{4\text{kg} \times (6.3\text{m/sec})^2}{1\text{m}} \Rightarrow 160\text{kg} = 1560\text{N}$$

重りが重いほど、速くまわすほど、遠心力は大きくなる。

フォークリフトに働く遠心力

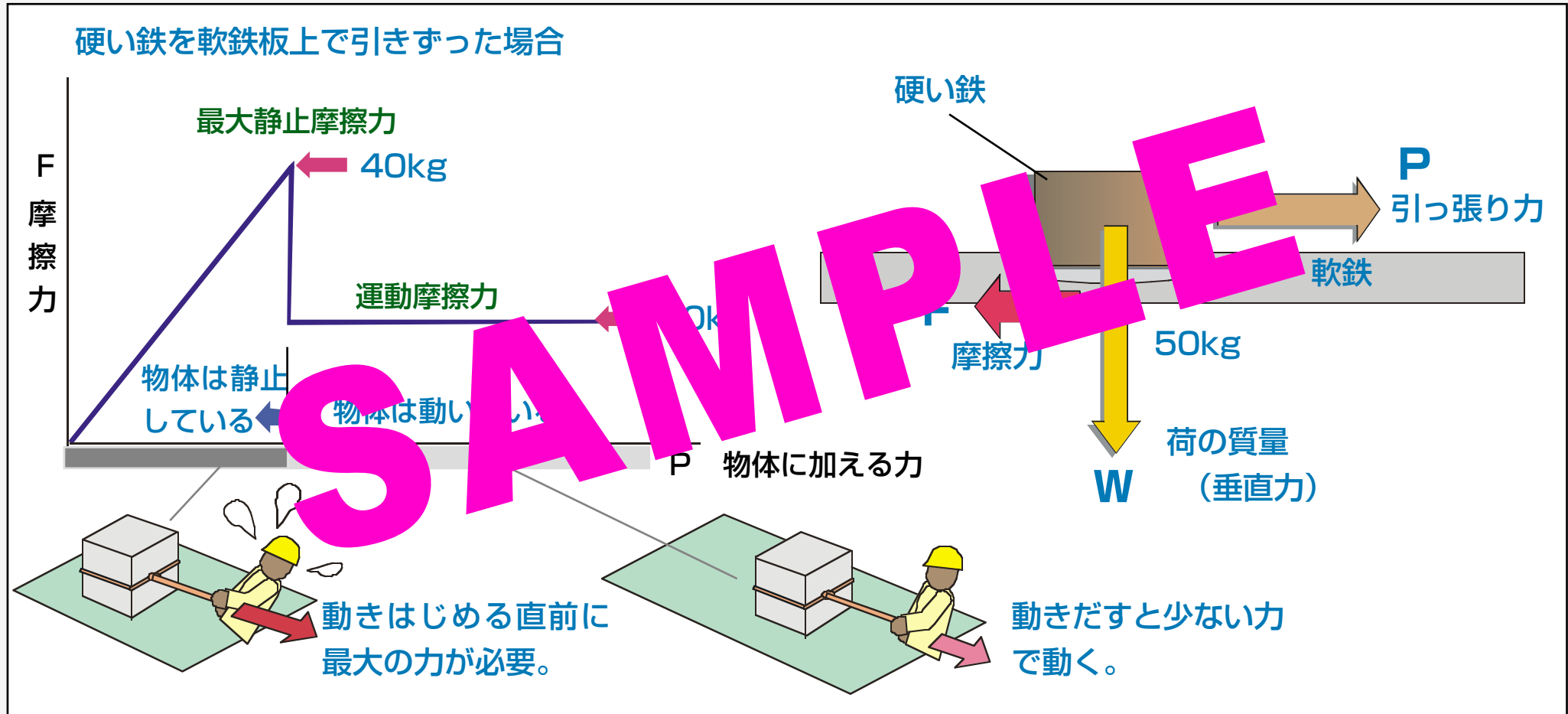


旋回するときに遠心力が発生する



(1) 静止摩擦力と運動摩擦力

静止している物体の接触面に働く抵抗を**静止摩擦力**といい、
物体が動きはじめる瞬間の力を**最大静止摩擦力**という。



物体が他の物体に接触しながら運動しているときに働く摩擦力を**運動摩擦力**という。
運動摩擦力は静止摩擦力より小さい。

17 最大静止摩擦力・静止摩擦係数

$$\text{最大摩擦係数 } (\mu) = \frac{\text{最大静止摩擦力 (F)}}{\text{垂直力 (W)}}$$

$$\text{最大静止摩擦力 (F)} = \text{最大摩擦係数 } (\mu) \times \text{垂直力 (W)}$$

$$\text{最大静止摩擦力 F (N)} = \text{静止摩擦係数 } (\mu) \times \text{垂直抗力 W (N)}$$

$$\text{運動摩擦力 F (N)} = \text{動摩擦係数 } (\mu') \times \text{垂直抗力 W (N)}$$

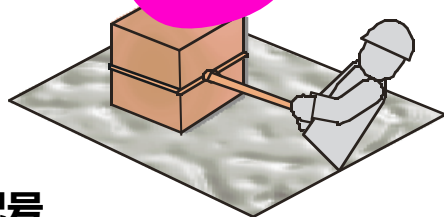
荷を動かすには、最大静止摩擦力より大きくないと動かない。
荷が動いてから働く摩擦を運動摩擦力という。

摩擦係数は、互いに接触した2つの物の接触面状態によって決まる

[摩擦係数の比較]

ミュー
 μ

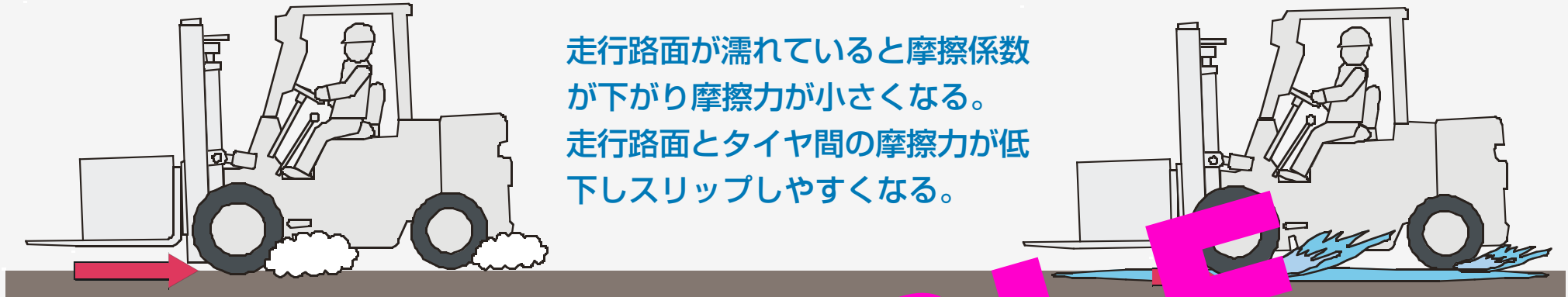
摩擦係数の記号



物質	静止摩擦係数 μ	動摩擦係数 μ'
硬い鉄 と 軟鉄	0.8	0.4
カシ材 と カシ材 (木目と平行)	0.6	0.5
鋼 と 軟鉄	0.5	0.4
ガラス と ガラス	0.9	0.4

次ページに続く ➡

摩擦力は、垂直力（重量）が大きいほど、摩擦係数が大きいほど大きい
ブレーキをかけると



(2) ころがり摩擦

物体をころがして動かすときの抵抗で、運動摩擦力より小さい（1/10程度）
ベアリング、タイヤなどがころがり摩擦を受ける。

(1) 仕事

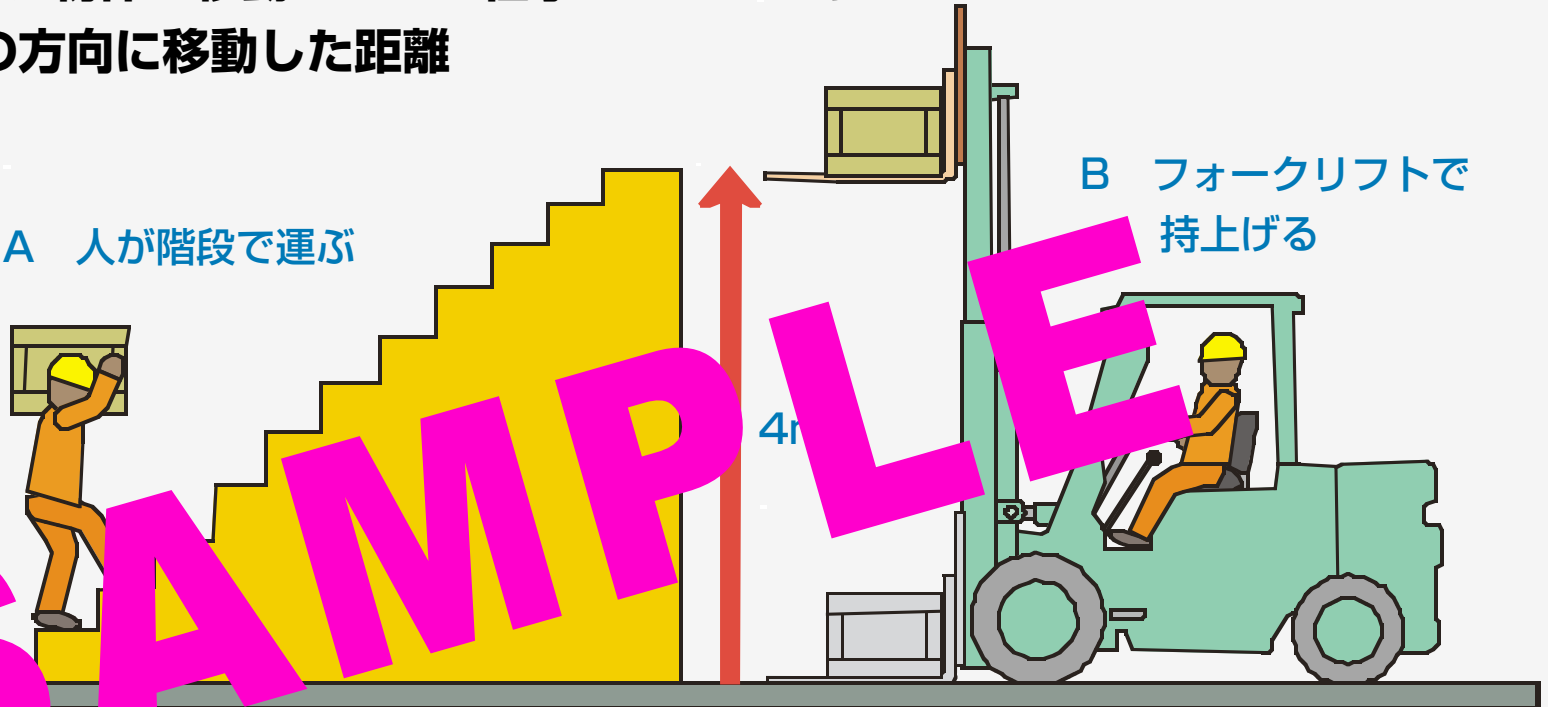
物体に力が作用して、物体が移動したとき仕事をしたという

仕事 = 力 × 力の方向に移動した距離

A 人が階段で運ぶ

B フォークリフトで
持上げる

同じ荷物を同じ高さに
運ぶ場合、Aの方法で
もBの方法でも仕事の
大きさは同じ



(2) 動力

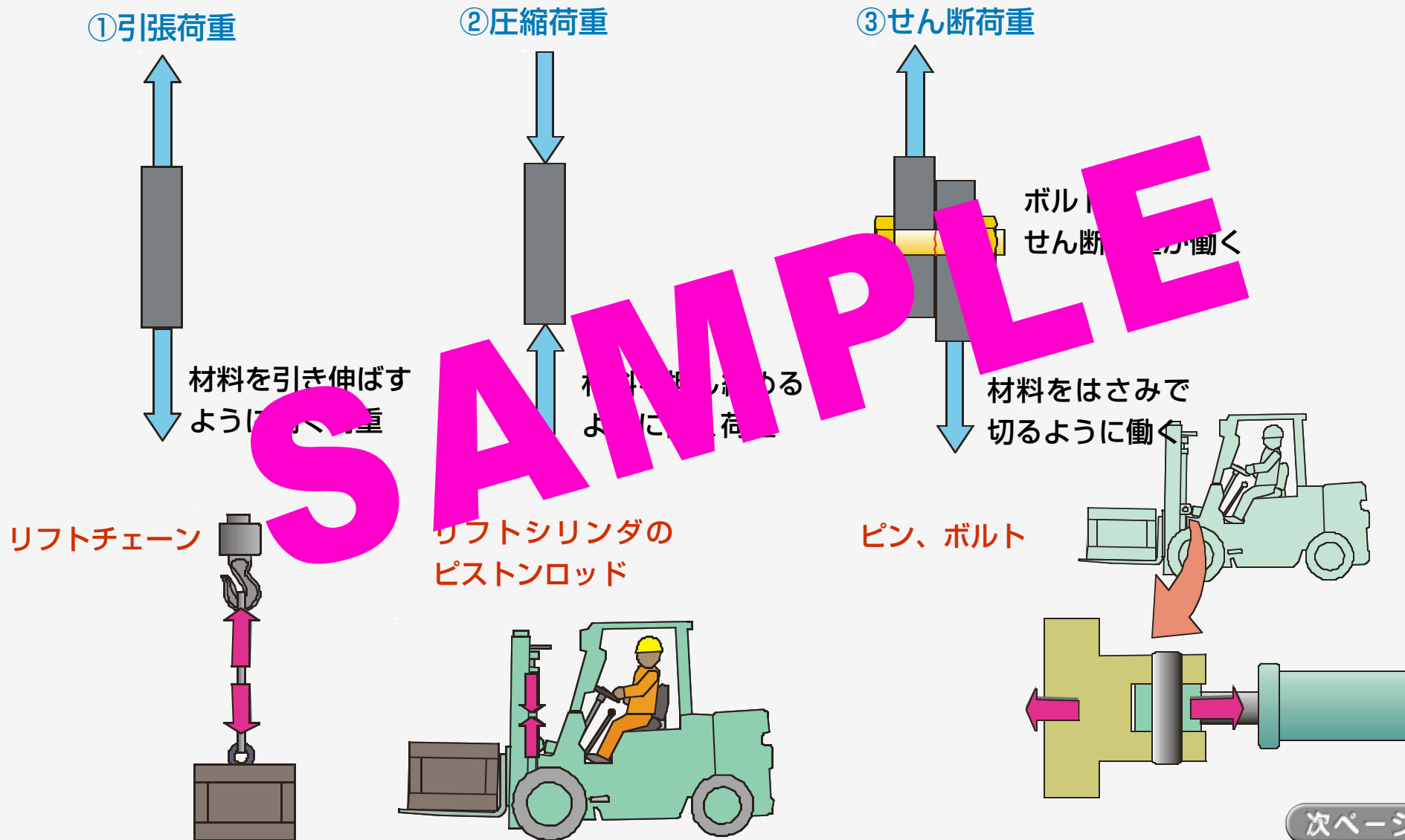
単位時間に行なった仕事を動力という。 普通ワット (W) が単位として用いられる。

$$\text{動力} = \frac{\text{仕事}}{\text{時間}}$$

19 荷重の種類

19-1 力の向きによる分類

物体に外部から作用する力（外力）を**荷重**という



次ページに続く ➡

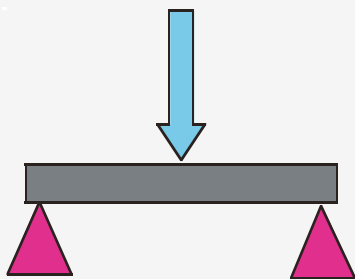
目次

次ページ

前ページ

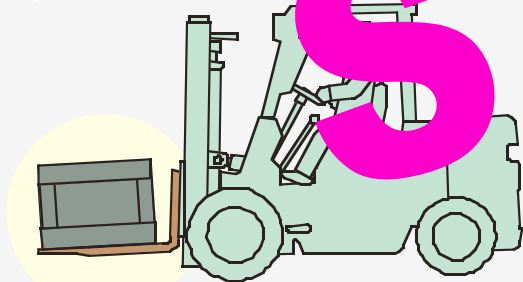
戻る

④ 曲げ荷重

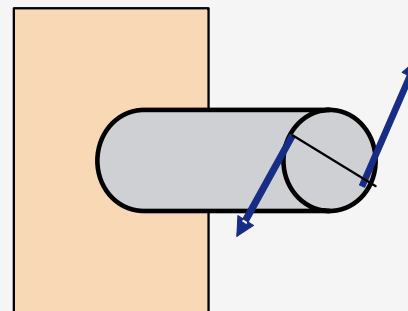


材料を曲げるように働く荷重

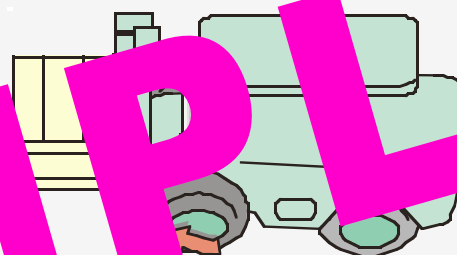
フォーク



⑤ ねじり荷重



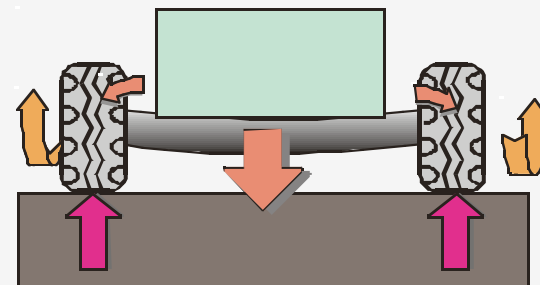
材料をねじるように働く荷重



ハンドルシャフト、車軸

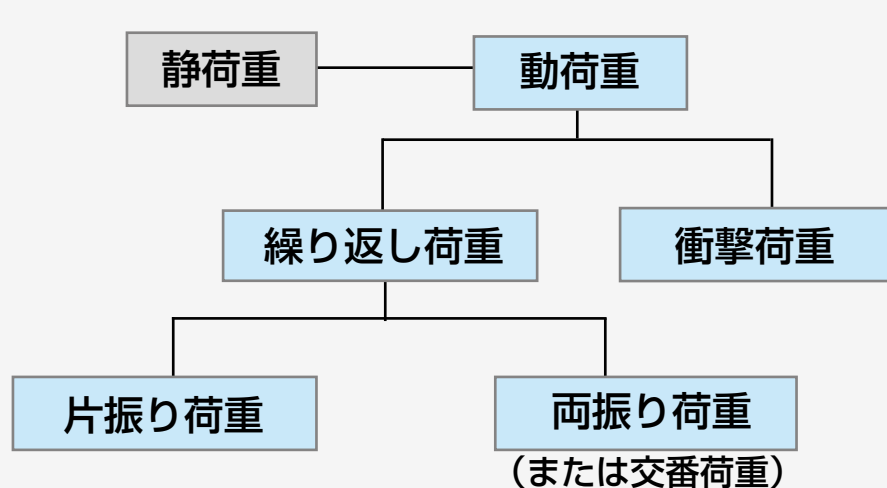
⑥ 荷重の組み合わせ

これらの荷重は単独に働く場合は少なく、ほとんどの場合2つあるいは3つの荷重が組み合わされて働いています。



SAMPLE

19-2 荷重にかかる速度による分け方



- 静荷重・・・大きさ・向きが変化しない荷重
- 動荷重・・・衝撃またはくりかえしかかる荷重

● 繰り返し荷重 荷重の大きさが時間とともに変化

● 片振り荷重 荷重の向きが同じ、大きさが時間とともに変化

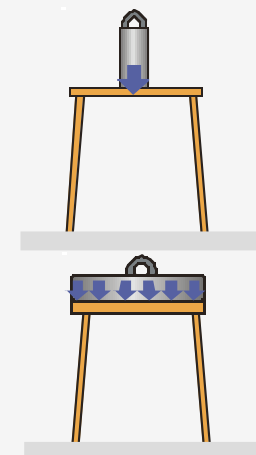
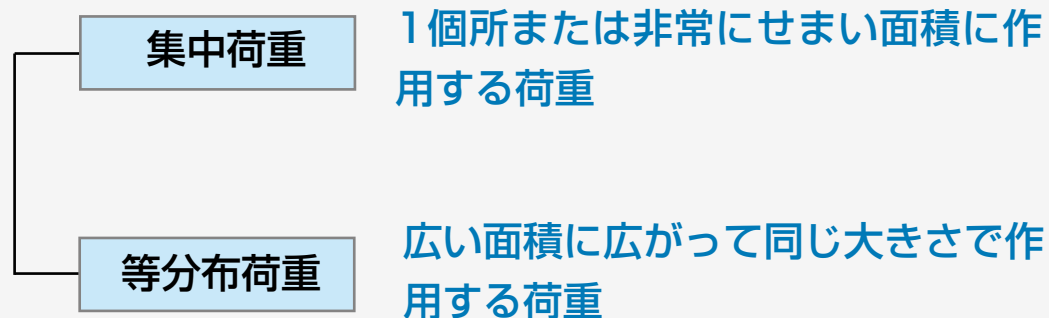
● 両振り荷重 荷重の向きと大きさが時間とともに変化

● 衝撃荷重 荷重がきわめて短時間に急激に加わる

フォークリフト車軸は駆動力、ブレーキ力、荷重、ねじり荷重がかかる。またリフトチェア、マスト、フォークは片振り荷重を受け、

19-3 その他の分け方

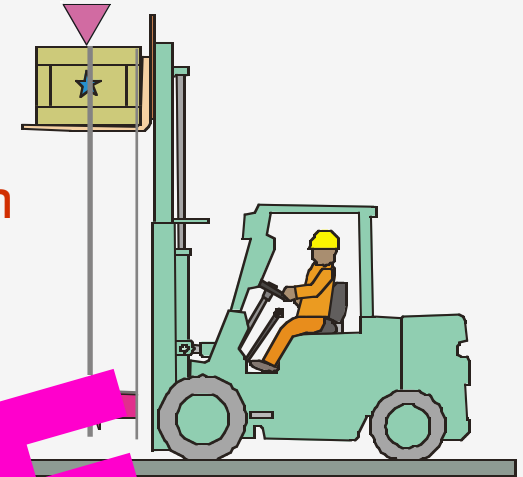
荷重の分布状態による分け方



19-4 荷重・性能・状態に関する用語

基準荷重状態

基準荷重中心に最大荷重を積載して、フォーク上面を地上 3000mm とした状態での値をいい、この値が積載できる荷の許容荷重を判断する値となる。
(注) 定格荷重 1t 未満のフォークリフトの場合は 2500mm



基準荷重中心

積載荷物の重心位置とフォークの根元間の距離をい。基準距離は定格荷重により規程されている。(次表参照)

定格荷重	1t 未満	1t 以上～	5t 以上 5t 未満
基準荷重中心	400 mm	500 mm	600 mm

定格荷重

(アタッチメントを付加しない、標準揚高マストを装備した車両)

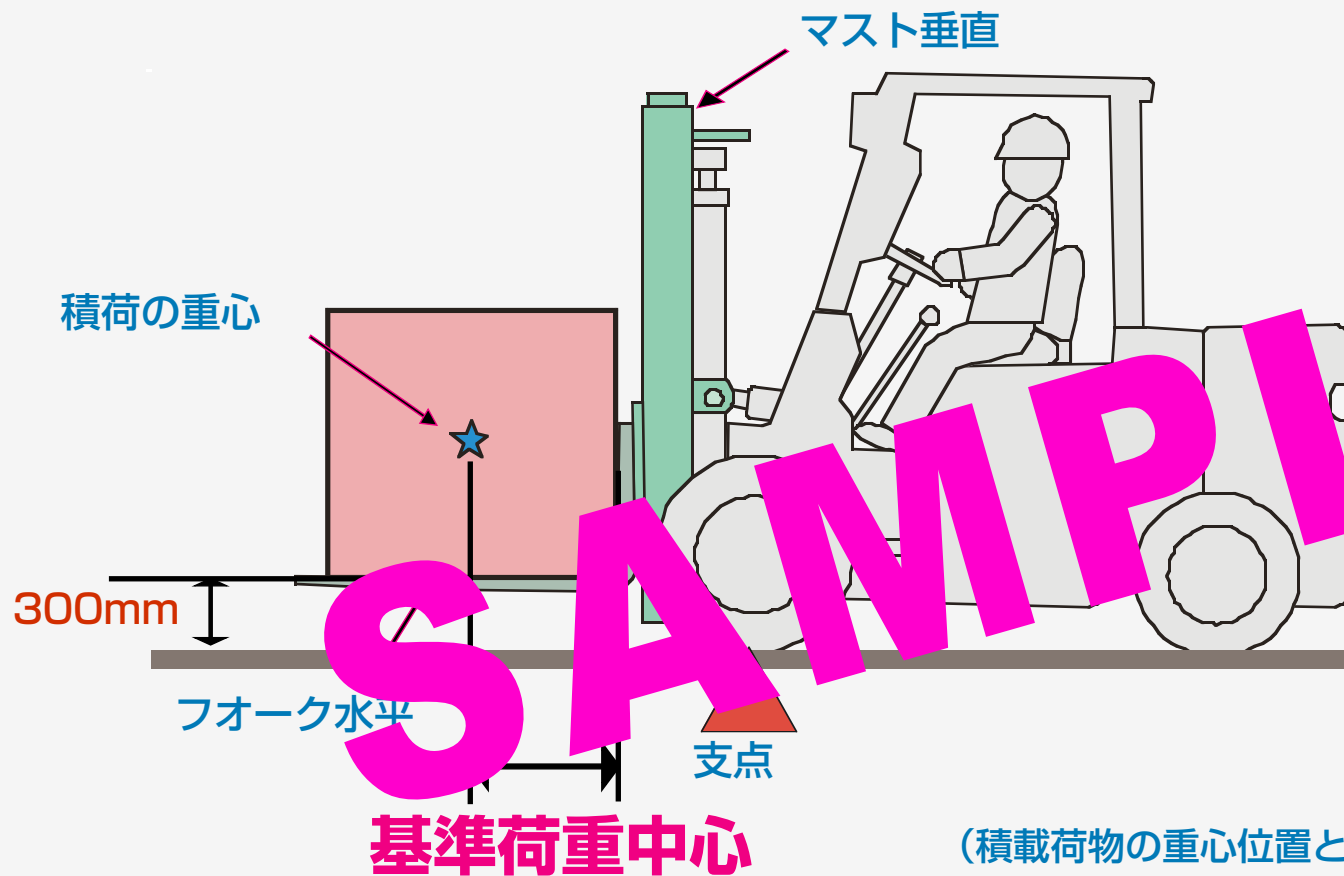
荷役能力の比較のために定義される荷重で、基準荷重中心に積載できる最大の荷重

許容荷重

作業条件で変化する荷重中心位置に積載できる規定の荷重

次ページに続く ➡

基準負荷状態



基準荷重中心

定格荷重 (トン)	1以上～ 5未満	5以上
基準荷重 中心mm	500	600

定格荷重 1t 未満の
基準荷重中心は 400mm

基準荷重中心に**最大荷重**を積載し、フォーク上面を**地上 300mm**とした状態を**基準負荷状態**といい、この値が**許容荷重**を判断する**基準値**となる

物体に荷重をかけると、物体の内部にはその荷重に抵抗して、つり合いを保とうとする力(内力)がおこる。その内力を**応力**という。

応力は、引張り、圧縮、せん断などの荷重を受けたとき生じます。

● **引張応力、圧縮応力、せん断応力** といいます。

曲げ、ねじり などの荷重を受けたとき生じる応力を

● **曲げ応力、ねじり応力** といいます。

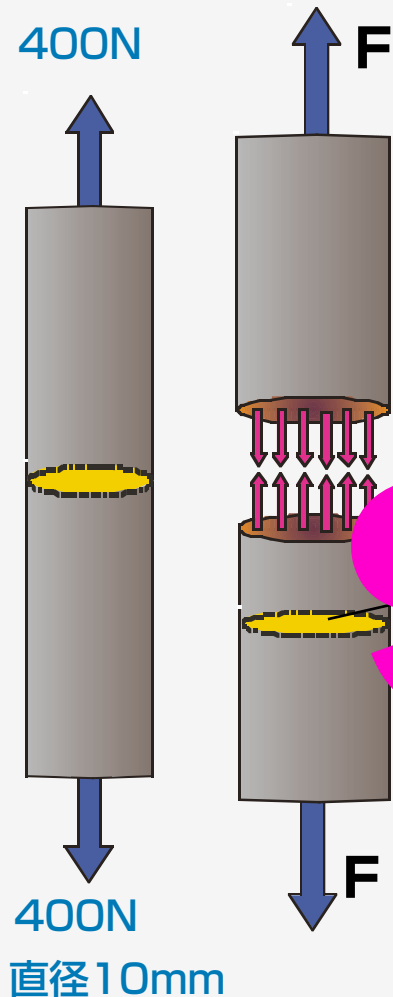
$$\text{応力} = \frac{\text{荷重 (kg)}}{\text{断面積 (cm}^2\text{)}} = \frac{\text{荷重 (kg)}}{\text{断面積 (cm}^2\text{)}}$$

力の求め方

左図の直径10mmの丸棒に引張り荷重 4000ニュートン(N)が作用している場合の引張応力は

$$\text{応力} = \frac{\text{引張り荷重 } F \text{ (N)}}{\text{丸棒の断面積 } A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{4000\text{N}}{78\text{mm}^2} \Rightarrow 50\text{N/mm}^2 (=50\text{Mpa})$$

* 圧縮応力、せん断応力も同様に求めることができる $1\text{pa} = 1\text{N/m}^2$



応力

直径10mm

21-1 材料のひずみ

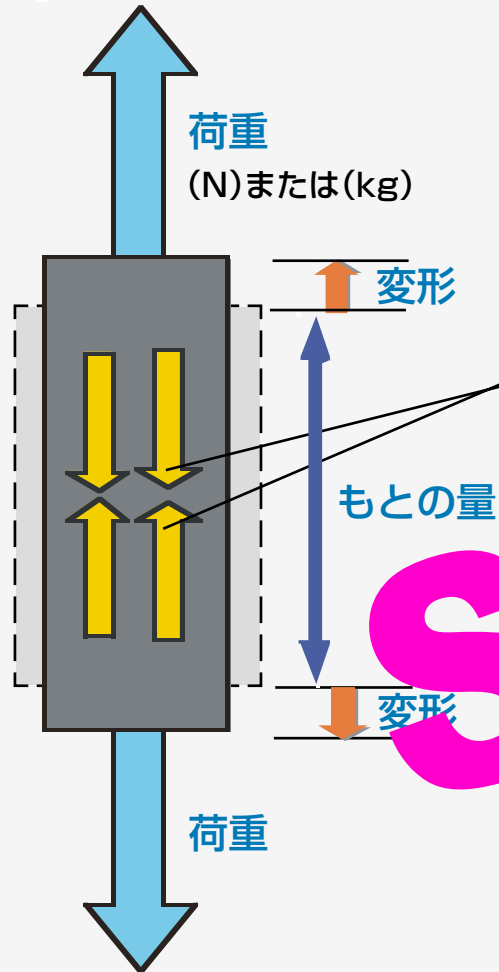
材料に引張荷重や圧縮荷重が作用すると、材料は伸びた縮んだりする。

このような形が変わることを **変形** という。

もとの量（原形）に対して、変形した量を **割合** で言う。

これを **ひずみ** と呼ぶ。

ひずみには引張ひずみ、圧縮ひずみがある。



応力 (N/mm^2) または (kg/cm^2)

もとの量

変形

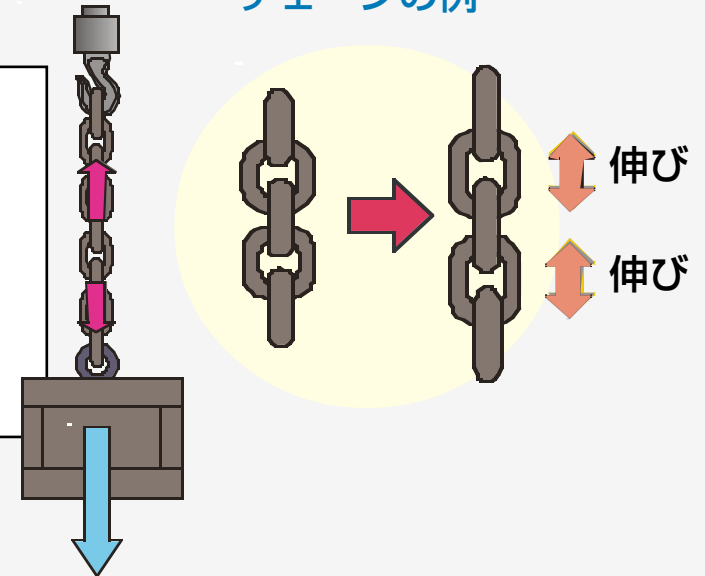
荷重

フックの法則に従って使用される材料は安全を考慮して作られている。

作業時に材料にかかる応力の最大値を決め、通常の使用状態では安全の範囲内になるように作られている。

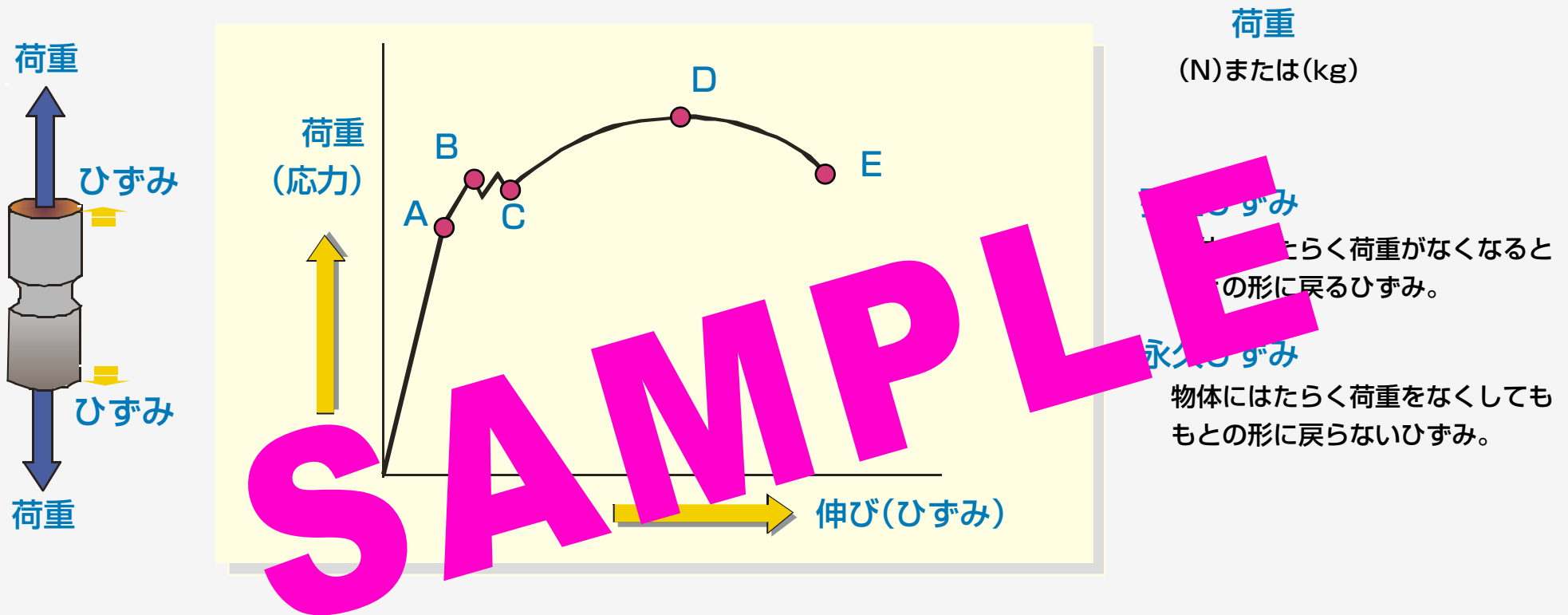
ひずみ = $\frac{\text{変形量}}{\text{もとの量}}$

チェーンの例



21-2 応力とひずみの関係 [応力-ひずみ線図または荷重変形図]

材料を引っ張り試験機にかけたときの、荷重と変形(伸び)との関係



- | | | |
|-----|---------|-----------------------------|
| A 点 | [弾性限度] | 荷重を除くと常時もとの形にもどる (弾性ひずみ) |
| B 点 | [降伏点] | 荷重を増加しなくても伸びが急に伸びはじめる点 |
| C 点 | | 荷重を増加すると、伸びる割合がますます増加する点 |
| D 点 | [最大荷重点] | この材料にかけられる最大の荷重点で、引張り強さともいう |
| E 点 | [切断点] | この材料が破断する点 |

21-3 安全率

使用する材料の弾性限界内での使用が原則だが、
実際は安全を見込んで小さな荷重での使用が必要。
材料にかかる荷重のめやすを設け、材料の**極限強さ**と
許容応力の比率を**材料の安全率（安全係数ともいう）**という。

$$\text{材料の安全率} = \frac{\text{極限強さ}}{\text{許容応力}}$$

フォークリフトのフォークに生じる力（**降伏強さ**）
フォークの鋼材の**降伏強さ**（**最大荷重点**）の1/3の値以下とされている。

$$\text{許容応力} \leq \frac{\text{降伏強さ（最大荷重点）}}{3}$$

$$\text{フォークの安全率（安全係数）} = \frac{\text{降伏強さ}}{\text{許容応力}} \text{ が } 3 \text{ 以上}$$

（フォークリフト構造規格第8条第2号）

SAMPLE



21-4 リフトチェーンの安全率

指定範囲のリフトチェーンの安全率は5以上でなければならない。
その他については5以上。

$$\text{リフトチェーンの安全率（安全係数）} = \frac{\text{破断荷重}}{\text{最大荷重}}$$

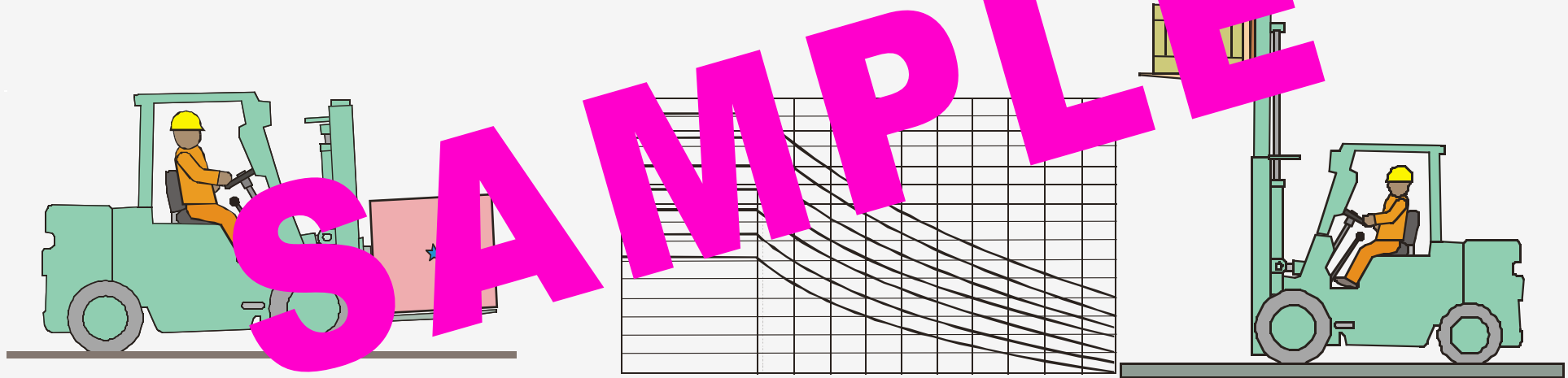


22 フォークリフトの安定度

安定度とは荷積み、荷おろしおよび運搬時の転倒に対する安全性を表す。

1. 荷重を高く上げたとき
2. 走行中に急旋回したとき
3. 急制動したとき

フォークリフト車体と荷重の重心の高さによる影響を考慮し、フォークリフトが転倒する限界の傾斜・こう配を安定度という。(フォークリフト構造規格)



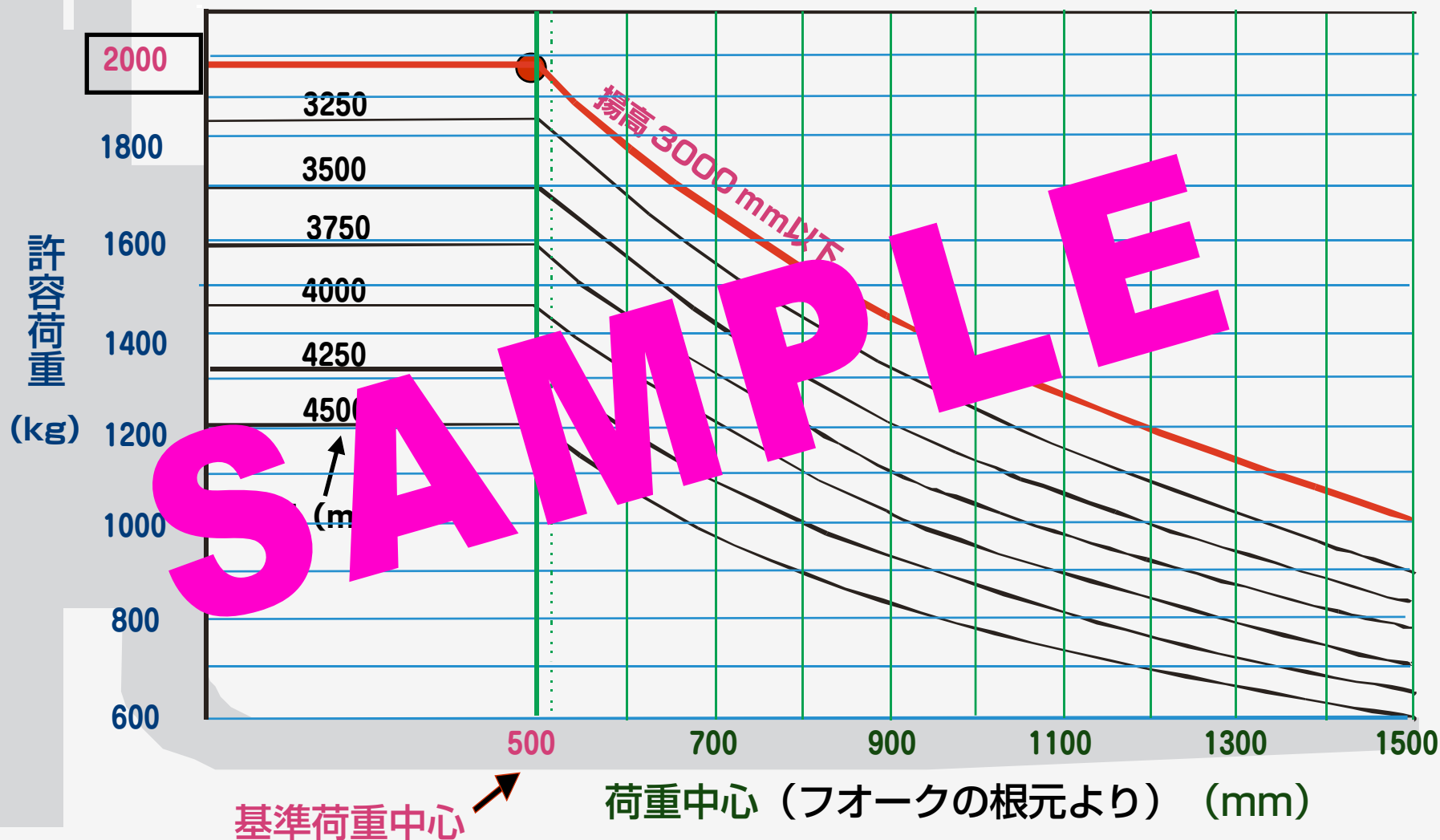
安全に作業するための使用条件

1. 使用する場所が平坦で、かつ堅固な路面あるいは床面である。
2. 走行時に基準負荷状態、または基準無負荷状態で走行する。
3. 荷の積み付け、積みおろし作業を行なう時、マストを垂直にし、前傾させない。

23 フォークリフトの定格荷重

定格荷重：基準荷重中心に積載できる最大の荷重

荷重曲線（荷重表）・・・2トン フォークの例

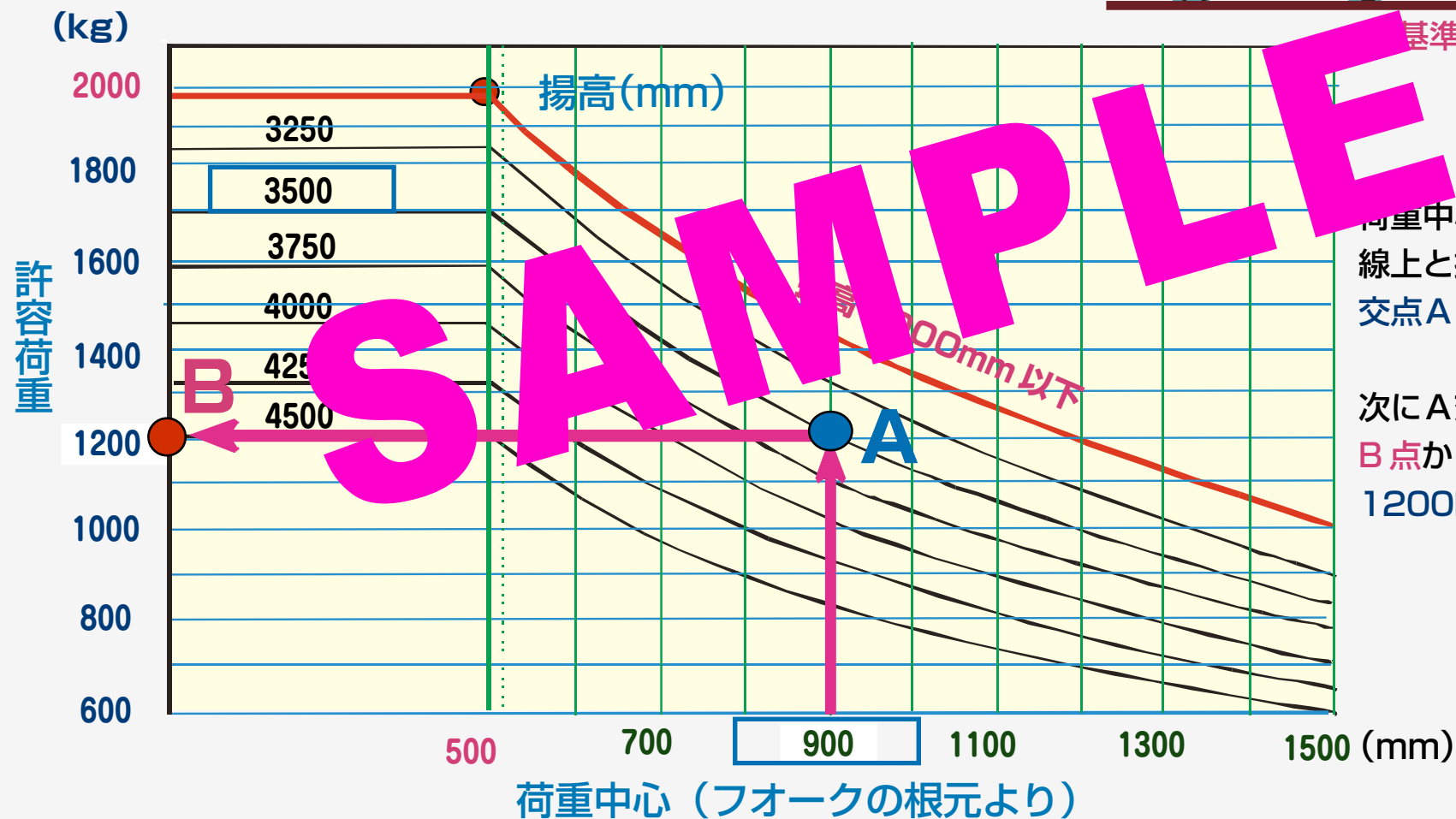
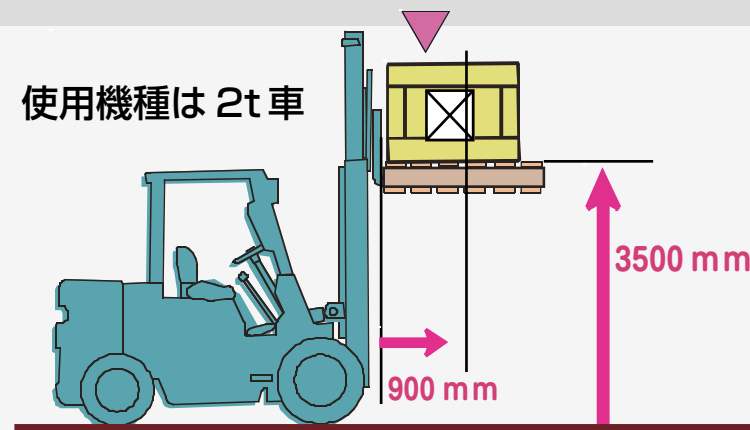


定格荷重：フォークリフトの車格を表すもので、標準揚高（3 m）のマストを装着した時の基準荷重中心に積載できる最大荷重

24 フォークリフトの許容荷重

許容荷重の求め方

右図にて、荷を揚高 3500mm、荷重中心が 900mm の状況にて積載できる許容荷重を求める



基準荷重中心

荷重中心 900mm の線上と揚高 3500mm の交点 A を求める

次に A 交点から許容荷重を B 点から求めると 1200kg が許容荷重となる



同梱のCD-ROM(以下「本CD-ROM」という)を開封される前に、下記の契約内容(以下「本契約内容」という)を必ずお読みください。お客様は本契約内容に同意いただいた場合のみ、本CD-ROMを使用いただくことが出来ます。本CD-ROMを開封された場合には、本契約を同意いただいたものとみなし、本契約が成立します。もし、本契約内容に同意いただけない場合には、ご購入30日以内に限り、代金返還に対応しますので、ご購入先又は有限会社ヒロテック(以下「ヒロテック」という)までご連絡ください。

使用許諾

ヒロテックは、本教材の使用者が次の範囲で本CD-ROMを使用されることを許諾します。
本CD-ROMを日本国内において1台のコンピュータ上で使用すること。
本CD-ROMに収録されているすべてのデータ(以下「本データ」という)を閲覧すること。

◆禁止事項

ヒロテックは、本教材の使用者が以下の行為をすることを禁止します。
本CD-ROMを同時に複数のコンピュータで使用すること。(ネットワークによる利用を含みます)
本CD-ROMを日本国外で使用すること。
本CD-ROMの複製または本CD-ROMを他の記録媒体(ハードディスクを含む)に複製すること。
本データを閲覧以外の目的に利用すること。
本データを営利目的で紙媒体に印刷し販売すること。
本CD-ROMの内容の一部または全部をヒロテックに無断でインターネット上に掲載することまたは第三者に貸与・譲渡・販売すること。

◆著作権の帰属

本教材ならびに付属する取り扱い説明書等のソフトウェアの著作権は、ヒロテックに帰属しています。

◆免責事由

本CD-ROMに収録されている本データと実際のデータまたは事実とに相違がある場合も、ヒロテックは責任を負いません。本CD-ROMに収録されている本データは、ヒロテックの都合により予告なく変更する場合があります。ヒロテックはいかなる場合でも、本CD-ROMのご使用によって、あるいは本CD-ROMの瑕疵・誤謬によって、生じたいかなる損害(逸失利益、プログラムやデータの損失、PCの破損等)に対しても責任を負いません。

◆保証

本CD-ROMに物理的瑕疵があることを発見された場合は、ご購入後30日間に限り、正常な製品と無償で交換させていただきますので、すみやかに購入先にご連絡ください。ヒロテックは、本条に定める以外の保証はいたしません。

◆契約の解除

お客様が本契約書の条項及び条件に違反した場合、ヒロテックはただちに本契約を解除することが出来ます。この場合、またお客様自身が本契約を解除しようとする場合は、お客様は本CD-ROMに含まれる全ての本データを破棄しなければなりません。なお、本契約成立後は、本CD-ROMの購入代金は一切返還いたしません。

◆契約期間

本契約は、お客様が本CD-ROMのパッケージを開封されたときから発行し、お客様またはヒロテックがこの契約を解除するときまで有効とします。

有限会社ヒロテック

〒350-1103
埼玉県川越市霞ヶ関東5-27-22
遠山ビル1F

FAX 049-231-3266
URL <http://www.hirotech.jp/>

本契約書について不明な点がございましたら、ヒロテック宛に書面にてご連絡いただきますようお願い申し上げます。