

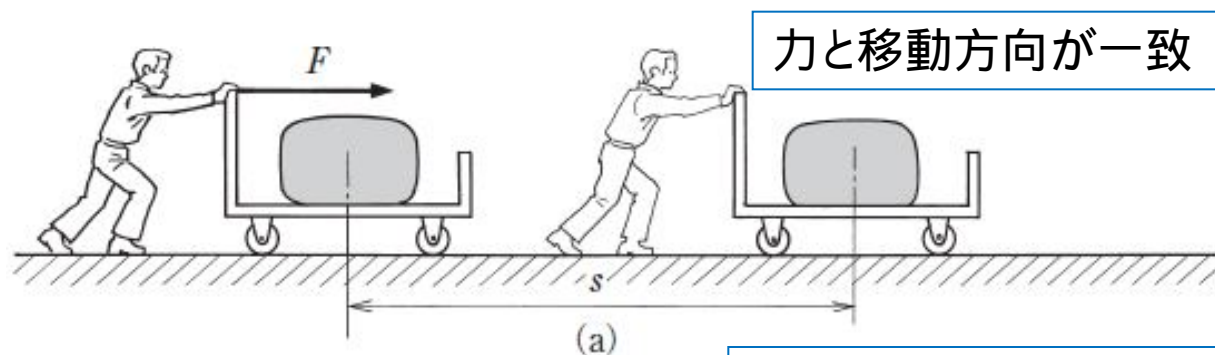
## 2.3 仕事と動力

物理(機械)的な仕事 → **力**の大きさ、方向と**移動量**が関係

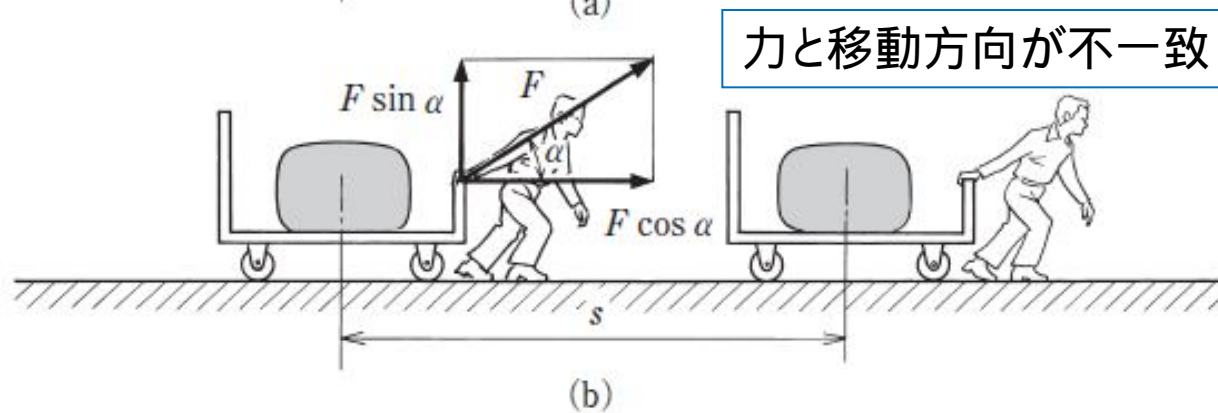
**仕事**:  $A = F \cdot s$      $F$ : 力(N)、 $s$ : 力が働く方向の距離

力の働く方向と移動方向が一致しない

→ **一致する分力や距離で計算する**



$$A = Fs$$



$$A = F \cos \alpha \times s$$

鉛直方向には仕事  
をしていない

# 2.3.2 道具などを利用した仕事

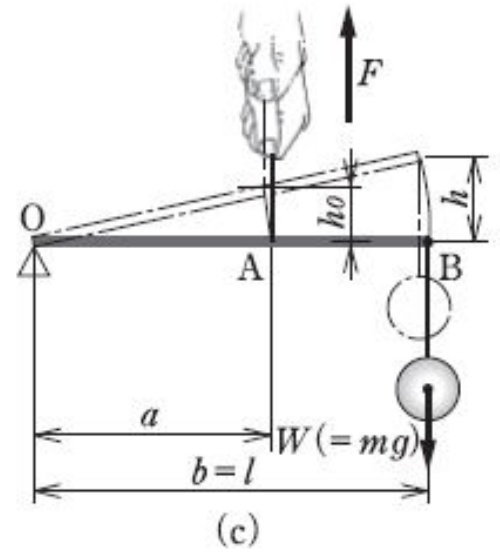
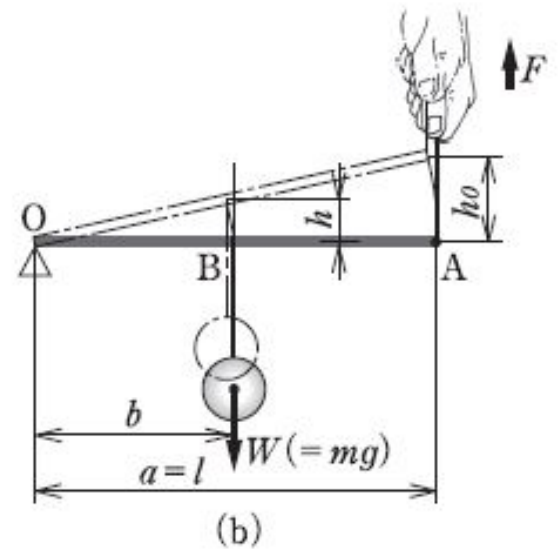
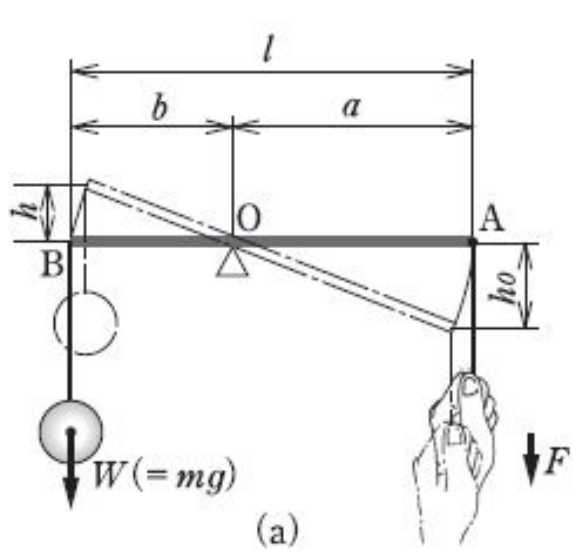


## (1) てこ 力や移動量の拡大・縮小

てこの支点をOとすると、モーメントのつり合いから、 $Wb = Fa$   
三角形の相似条件から  $a/b = h_0/h$   
この2式から、 $W/F = h_0/h$   
仕事は、 $Fh_0 = Wh$



## てこにした仕事とてこがした仕事は等しい → 仕事の法則



## (2) 輪軸

輪軸：てこの原理を利用して重い物体を小さな力で上げる装置（ロープの巻き取り機などで使われる）

回転軸周りのモーメントのつり合いから

$$F D = W d$$

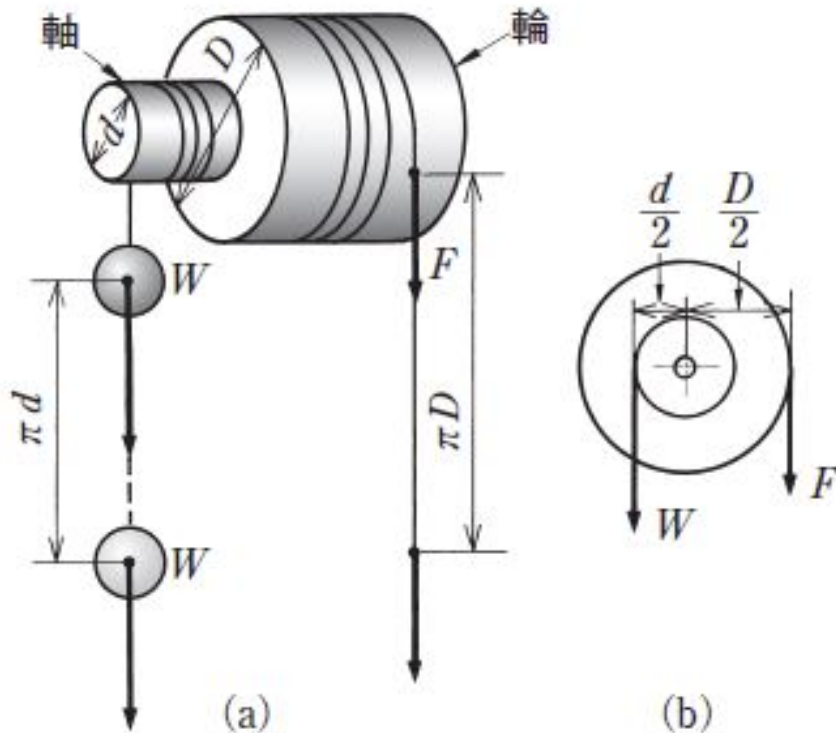
F: 巻き取り力

W: 物体に作用する重力

d、D: 回転中心からの距離

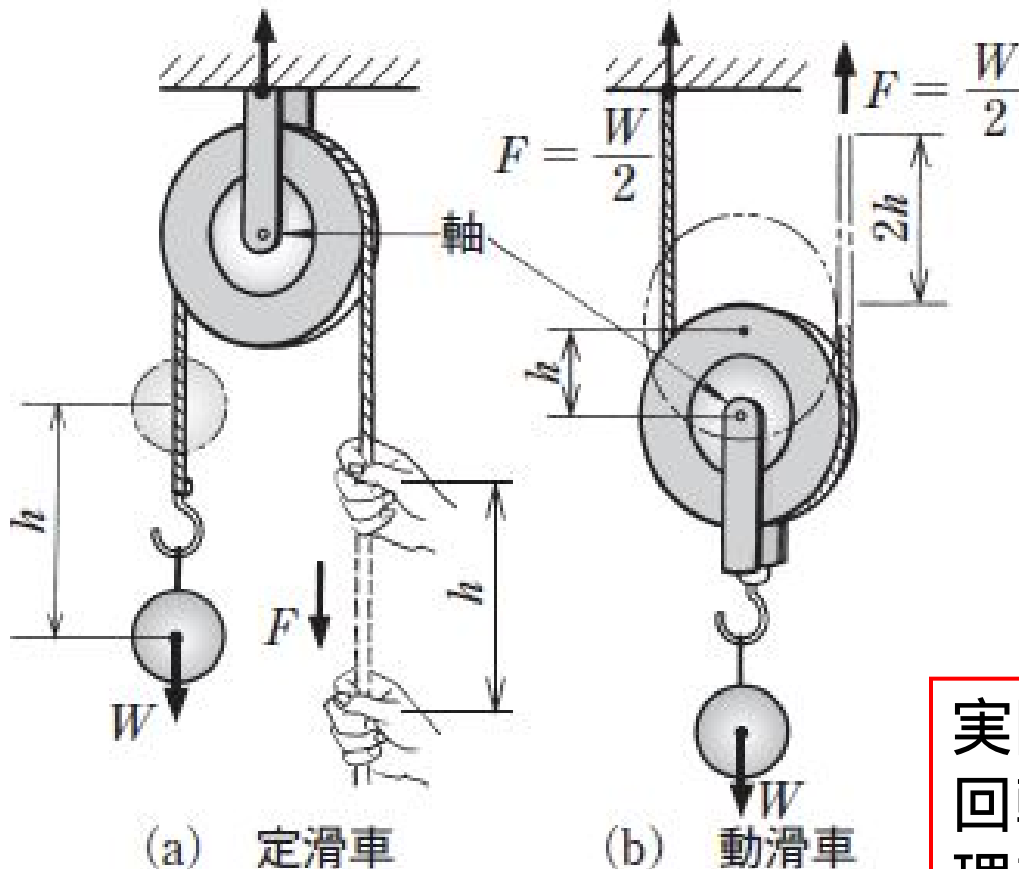


小さな力で物体を持ち上げることができる（が、距離が大きくなるため仕事量は同じ）



### (3) 滑車

滑車：ロープと円板を組み合わせて、力の向きを変えたり、大きな力を得る装置



#### ・定滑車

力の方向を変えるだけで、大きさは変わらない

#### ・動滑車

滑車自体が動くことによって力は1/2になるが移動距離が2倍必要



実際には、滑車やロープの自重、回転部の摩擦力が作用するので理想より大きな力が必要

## (4) 斜面

角度 $\beta$ の斜面に沿って物体を押し上げる場合を考える



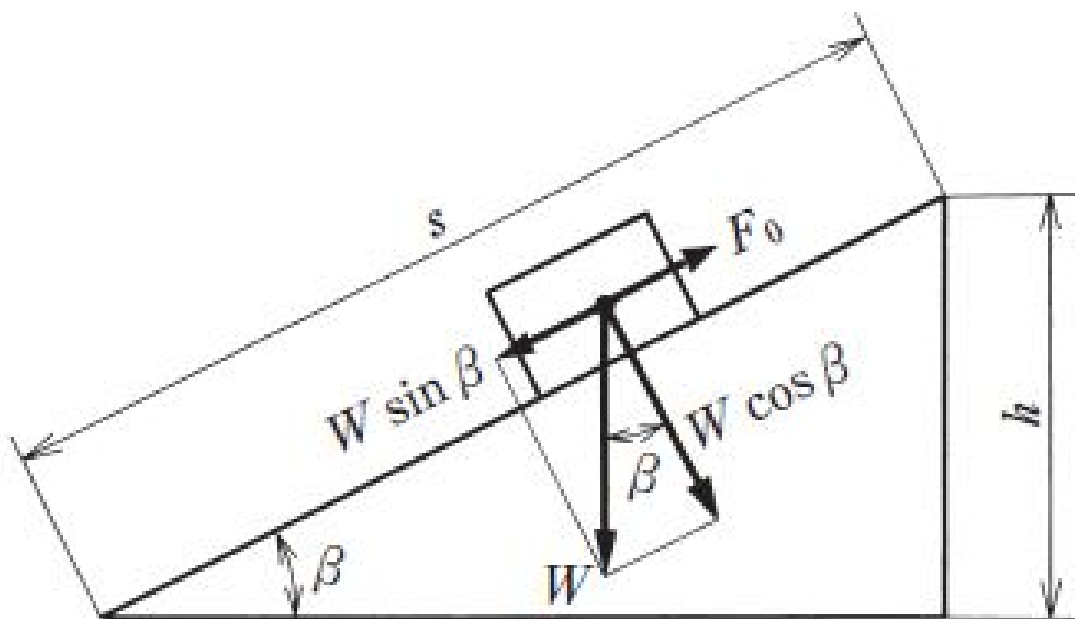
物体に作用する力は $W \cdot \sin \beta$ より、仕事は $W \cdot s \cdot \sin \beta$



しかし、距離 $s$ は鉛直方向の高さは $h$ なので、 $s = h / \sin \beta$



よって、仕事は $Wh$ となり、直接持ち上げた場合と変わらない

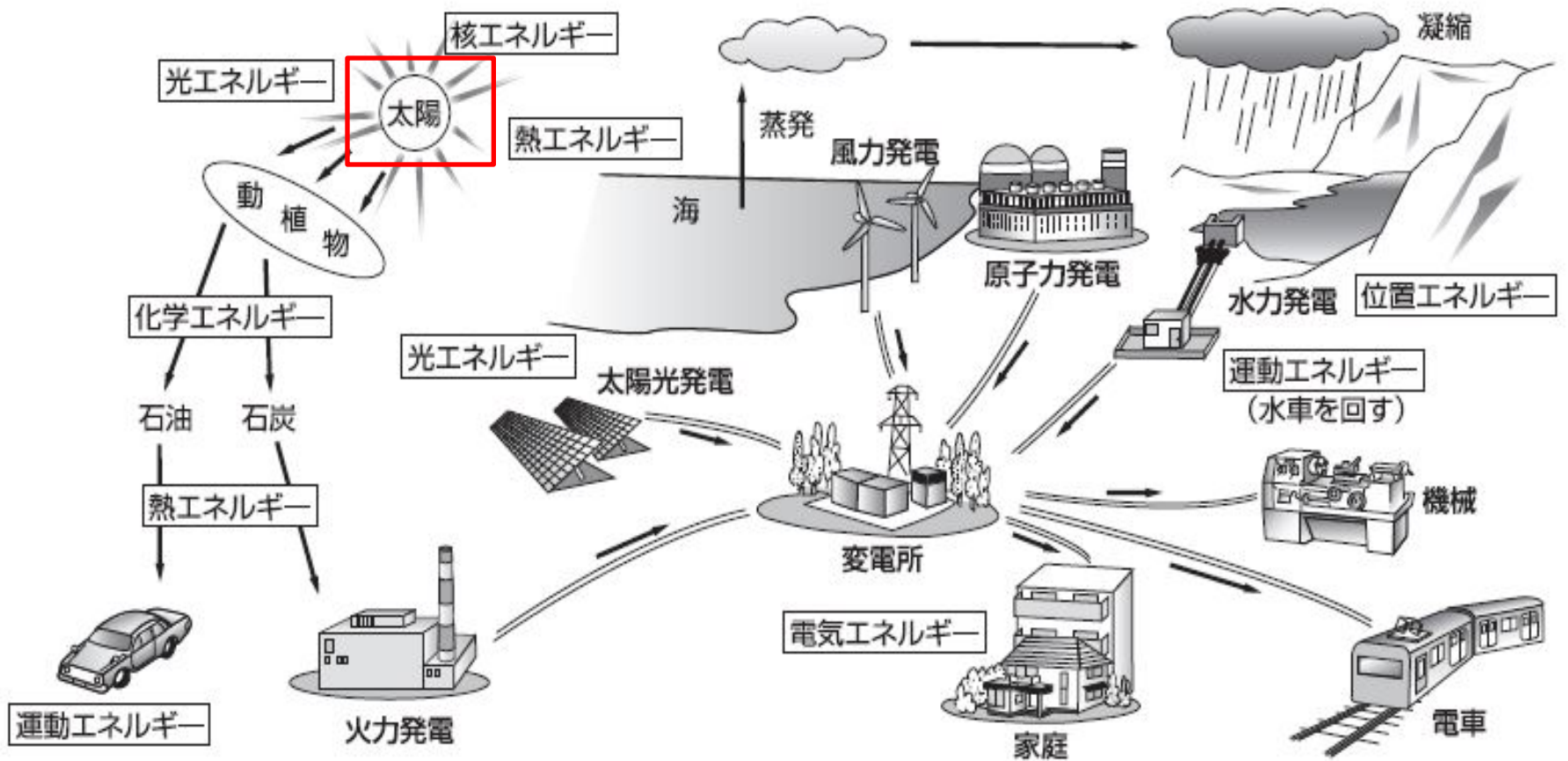


斜面に置かれた物体に作用する力

### 2.3.3 エネルギー

# エネルギー：仕事をする能力

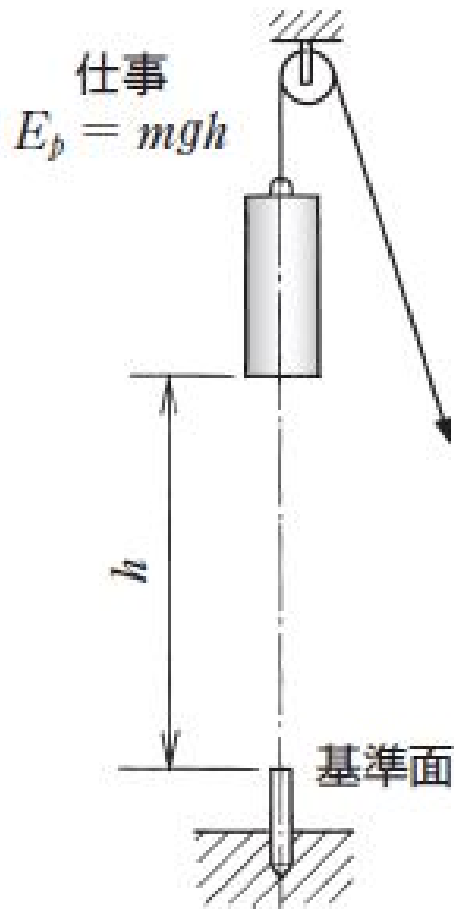

 いろいろと形態を変化させるが、循環して消滅  
 することはない → エネルギー保存の法則



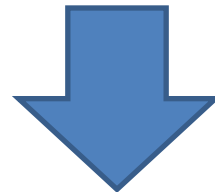
## (2) 機械エネルギー

### 位置エネルギー

- ・ぜんまいやばねが元に戻る → 時計の動力
- ・高い所にある物体が落下する → 杭が打ち込める



質量 $m\text{kg}$ の物体を基準面から高さ $h$ まで  
引き上げる仕事:  $A = mgh$  (J)

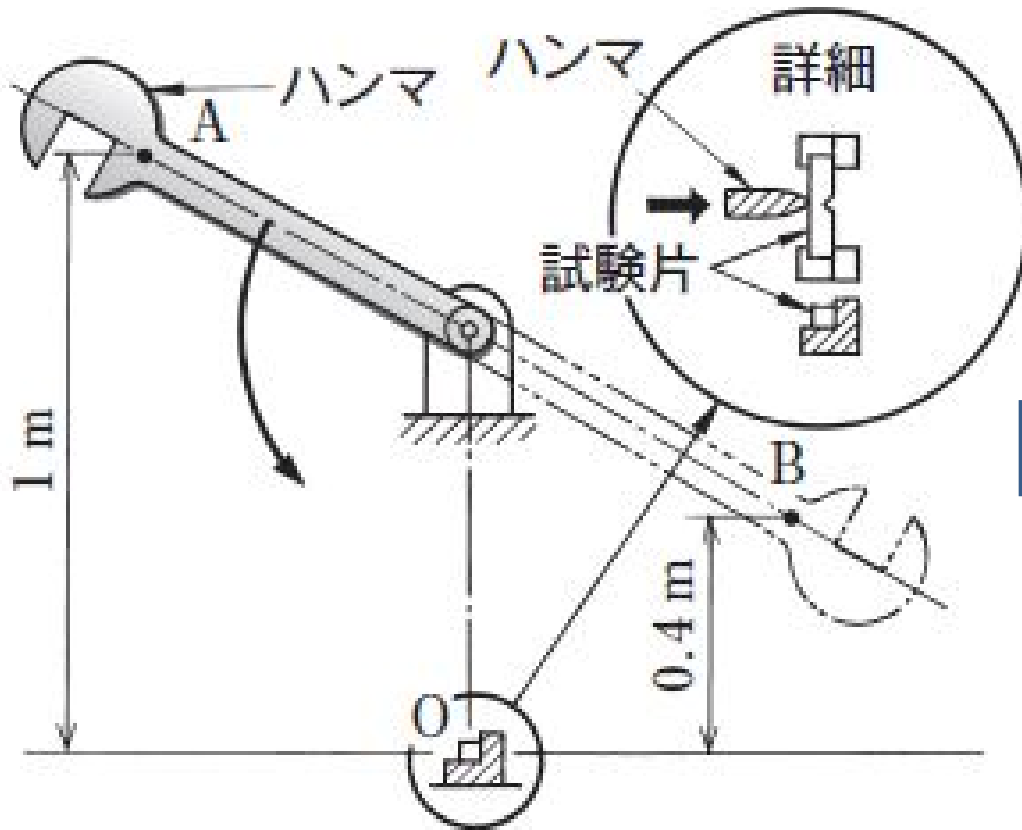


この状態から落下した場合には、  
 $mgh$  (J) の仕事をする能力を持っている

$$E_p = mgh$$

## 問28

シャルピー衝撃試験装置で、学生実験で実際に行う → ハンマーの位置エネルギー変化が試験材料破壊に費やされたエネルギーとして評価



点Aの試験前後の  
高さの差分の位置  
エネルギーを計算  
すればよい



# 運動エネルギー

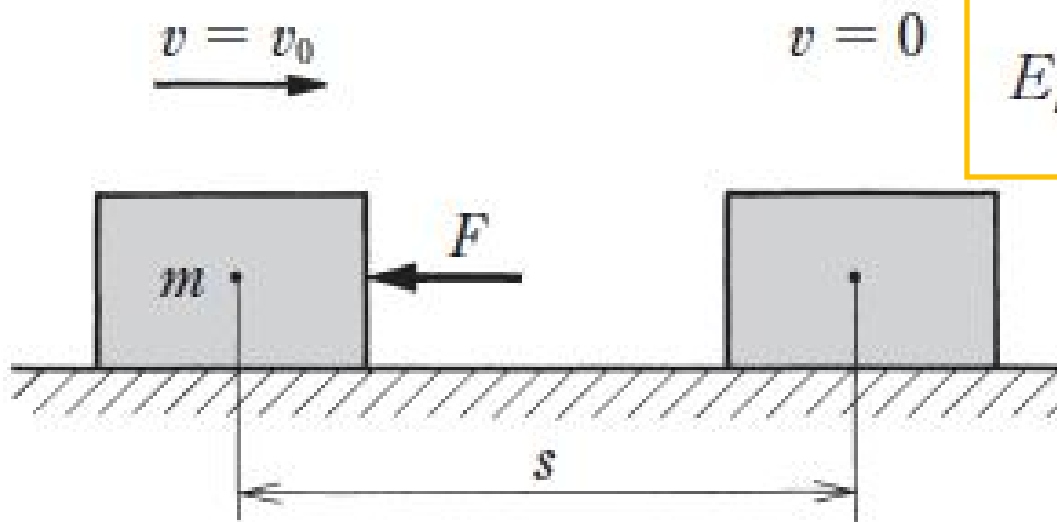
質量 $m$ (kg)、速度 $v_0$ (m/s)で運動している物体を止める



力 $F$ (N)で距離 $s$ (m)動いて停止した



物体は、 $Fs$ (J)の仕事をするエネルギーを持っている



$$E_k = Fs = ma \frac{v_0^2}{2a} = \frac{1}{2} m v_0^2$$

## 2.3.4 動力

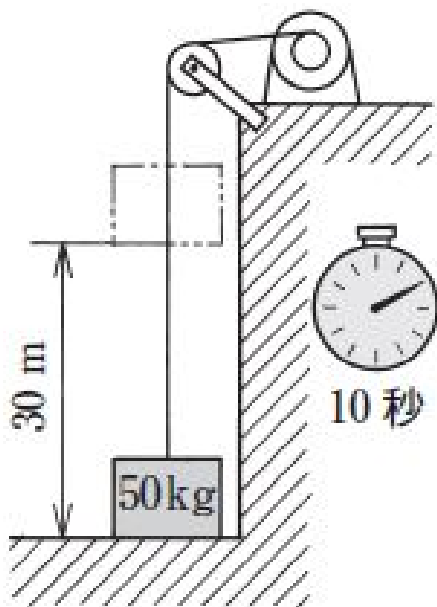
動力：単位時間あたりの仕事 ( $W$ 、 $kW$ )

$$(a) 50 \times 9.8 \times 30 / 10 = 1470 \text{ J/s}$$

$$(b) 50 \times 9.8 \times 30 / 40 = 368 \text{ J/s}$$

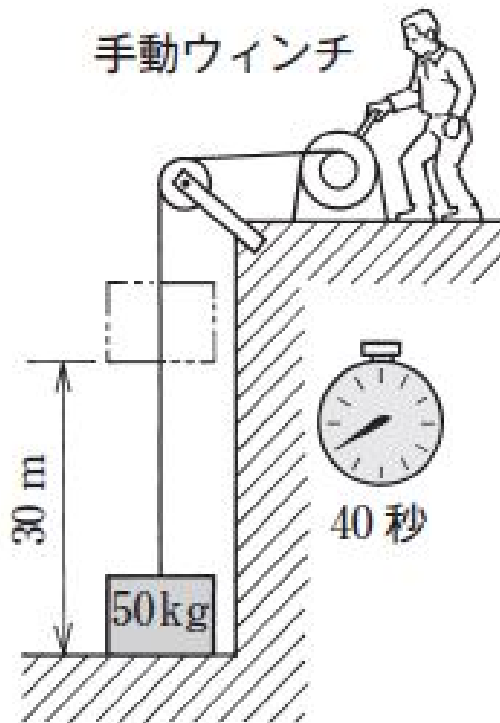
仕事の効率  
が異なる

電動ウィンチ



(a)

手動ウィンチ

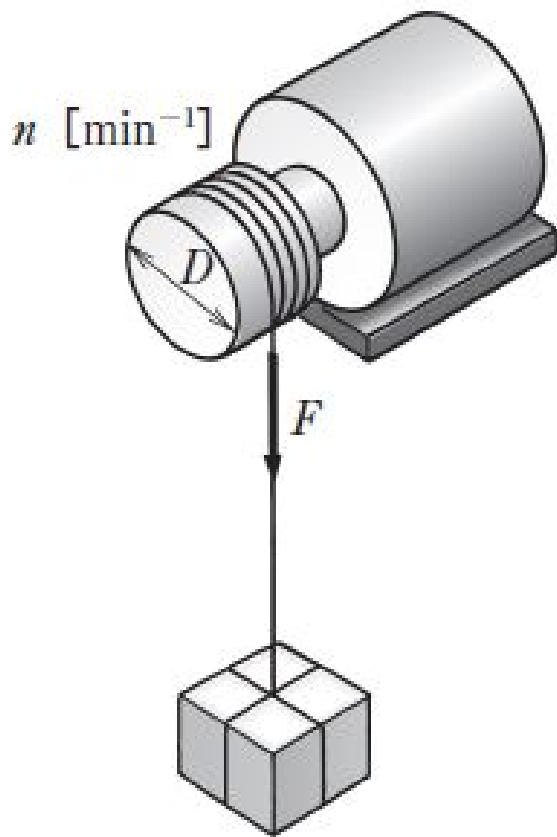


(b)

$$1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$$

$$1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$$

かつては、馬力  
が使われていた



## モーターの動力P

直径Dの巻胴が1分間にn回転して  
物体を引き上げる



$$P = \frac{A}{t} = \frac{Fs}{t} = F \frac{s}{t} = Fv \quad \text{より}$$

$$P = F \frac{\pi D n}{60 \times 1000}$$

トルク $T=FD/2$ を用いて表せば、

$$P = \frac{2 \pi n T}{60 \times 1000}$$

## 2.4 摩擦と機械の効率

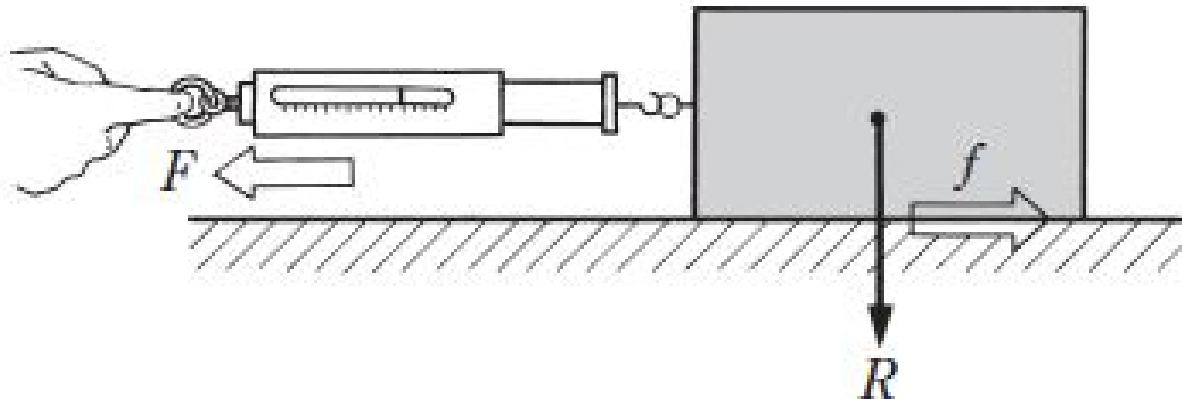
### 2.4.1 滑り摩擦

#### (1) 静摩擦

水平面上に置かれた物体を徐々に力を大きくして引っ張る



力が小さいうちは、動かない  
ある力 $f_0$ と超えると滑り出す  
滑り出したあとは、 よりも小さな力で動く



$f_0$  : 最大静摩擦力



$$f_0 = \mu_0 R$$

$\mu_0$  : 静摩擦係数

# 摩擦力の性質

垂直効力に比例する(比例係数が摩擦係数)

静止している時は、摩擦力 = 張力

摩擦係数は、材料、表面状態、潤滑などの影響を受ける



物質	滑り面の状態	静摩擦係数 $\mu_0$
こうこう 硬鋼と硬鋼	乾式 湿式*1	0.6 0.14 ~ 0.2
ちゅうてつ 硬鋼と鋳鉄	乾式 湿式	0.4 0.1 ~ 0.2
銅とグラファイト	乾式	0.1

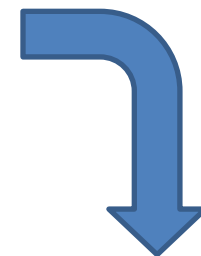
注 湿式(\*1)とは、滑り面に鉱油を薄く塗布した程度で、油で汚れた状態を指す。

# 斜面における摩擦

重力：鉛直下向きに $W$

垂直効力：斜面に垂直下向きに $R (=W\cos\rho)$

滑り力：斜面に水平に $P (=W\sin\rho)$



静止しているので

$$P = f_0$$

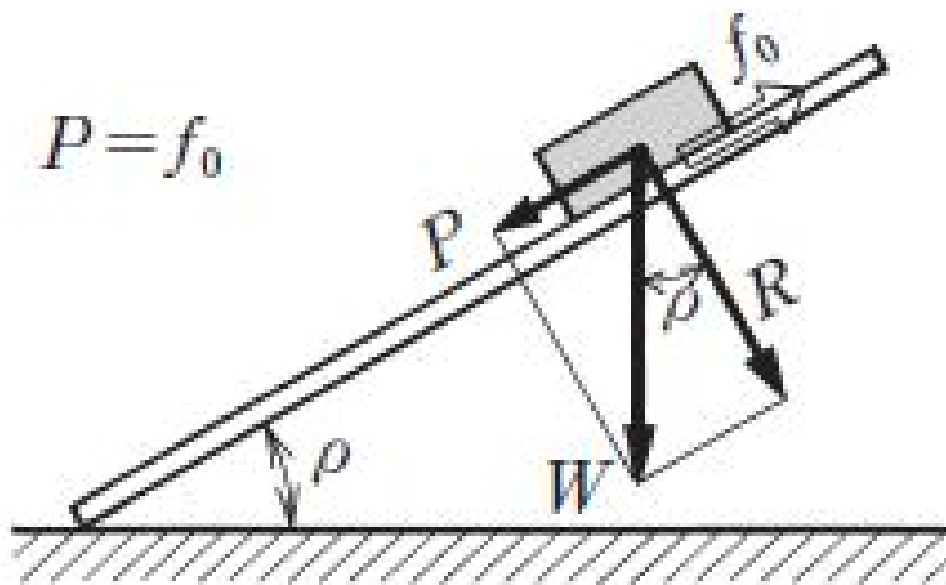
傾斜 $\rho$ が大きくなり、  
滑り落ちる瞬間

$$f_0 = \mu_0 \cdot W\cos\rho = W\sin\rho$$

よって、

$$\mu_0 = \tan\rho$$

$\rho$ ：摩擦角



## (2) 動摩擦

物体が動いている時の抵抗力 $f$

$$f = \mu R$$

$\mu$ : 動摩擦係数

### 動摩擦の性質

摩擦力は、滑り速度に依存しない

摩擦力は、押し付ける力に比例

摩擦力は、接触面の大きさに依存しない

静摩擦力 > 動摩擦力



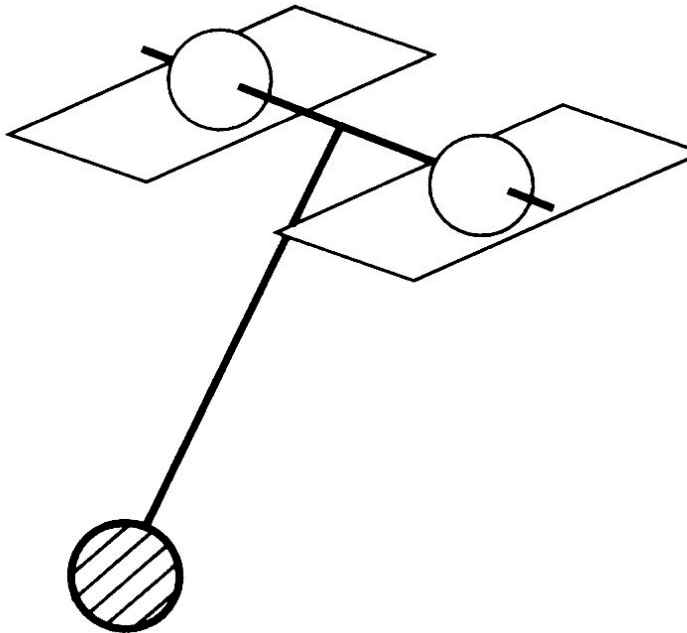
アモンソン-クーロンの法則

## 2.4.2 転がり摩擦

玉と平面、円筒と平面など、面上を**転がる**場合



**非常に小さいが、摩擦が存在する → 転がり摩擦**



1/16" 鋼球串団子を使った  
振り子の減衰実験

平板の材料	ころがり摩擦係数
硬鋼	0.00002
軟鋼	0.00004 ~ 0.00010
真鍮	0.000045
銅	0.00012
アルミニウム	0.001
錫	0.0012
鉛	0.0014
ガラス	0.000014



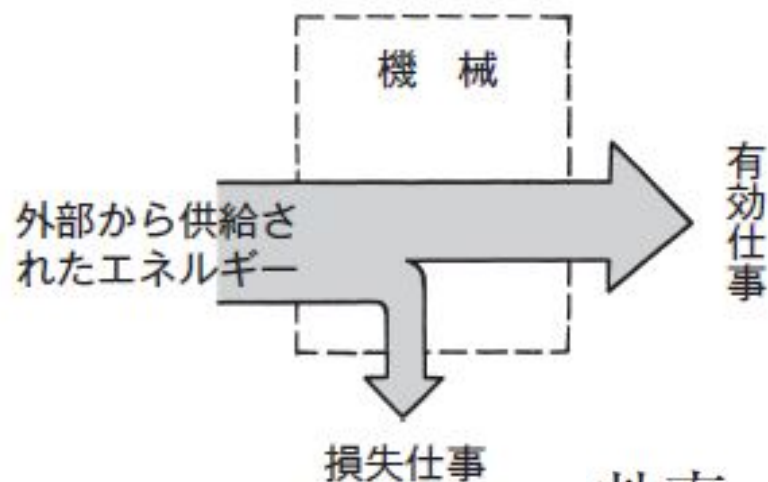
# 転がり軸受の摩擦係数

軸受形式	摩擦係数
深溝玉軸受	0.0013
アンギュラ玉軸受	0.0015
自動調心玉軸受	0.0010
スラスト玉軸受	0.0011
円筒ころ軸受	0.0010
円すいころ軸受	0.0022
自動調心ころ軸受	0.0028
保持器付き針状ころ軸受	0.0015
総ころ形針状ころ軸受	0.0025
スラスト自動調心ころ軸受	0.0028

## 2.4.3 機械の効率

効率：供給エネルギーに対する有効仕事の割合

$$\text{効率} = \frac{\text{有効仕事}}{\text{供給エネルギー}} \times 100 [\%]$$



損出の原因

- ・摩擦
- ・変形(ヒステリシス)

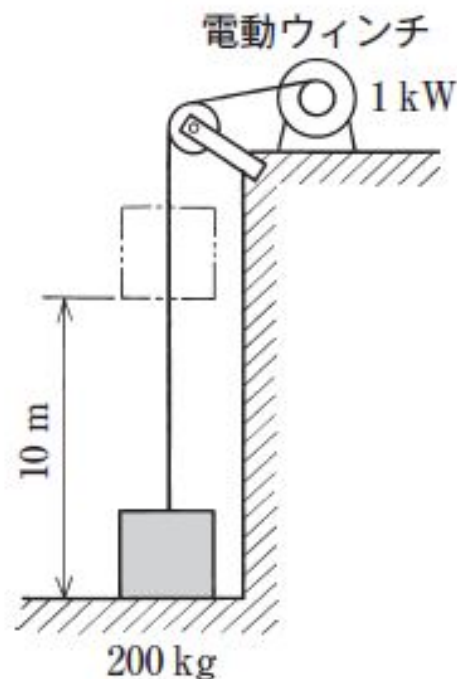
$$\text{効率} = \frac{\text{有効仕事}}{\text{有効仕事} + \text{損失仕事}} \times 100 [\%]$$

損出仕事：熱

$$= \frac{\text{有効動力}}{\text{有効動力} + \text{損失動力}} \times 100 [\%]$$

**例題 12**

図のように、電動ウィンチで質量  $m = 200 \text{ kg}$  の物体を時間  $t = 25 \text{ s}$  の間に高さ  $h = 10 \text{ m}$  まで引き上げた。電動ウィンチに供給された動力が  $P = 1 \text{ kW}$  であるとき、効率  $\eta$  を求めよ。



例題 12 の図

有効動力は、
$$\frac{mgh}{t} = \frac{200 \times 9.8 \times 10}{25} = 784 \text{ [W]}$$

ウィンチに供給された動力は、 $P = 1000 \text{ [W]}$

ウィンチの効率は、
$$\eta = \frac{784}{1000} \times 100 = 78.4 \text{ [%]}$$

# 今週の演習問題

テキストP50、問題1

ただし、力 $F$ の角度を $35^\circ$ 、  
静摩擦係数を0.3とする

