第3章 運動モデルとスポーツ

第2章 では静止した状態について考えた

「$\boxed{\quad}$力学」

→

(力のつり合い式) = $\boxed{\quad}$

(力のモーメントのつり合い式) = $\boxed{\quad}$

第3章 では運動している状態について考える

「動力学」

→

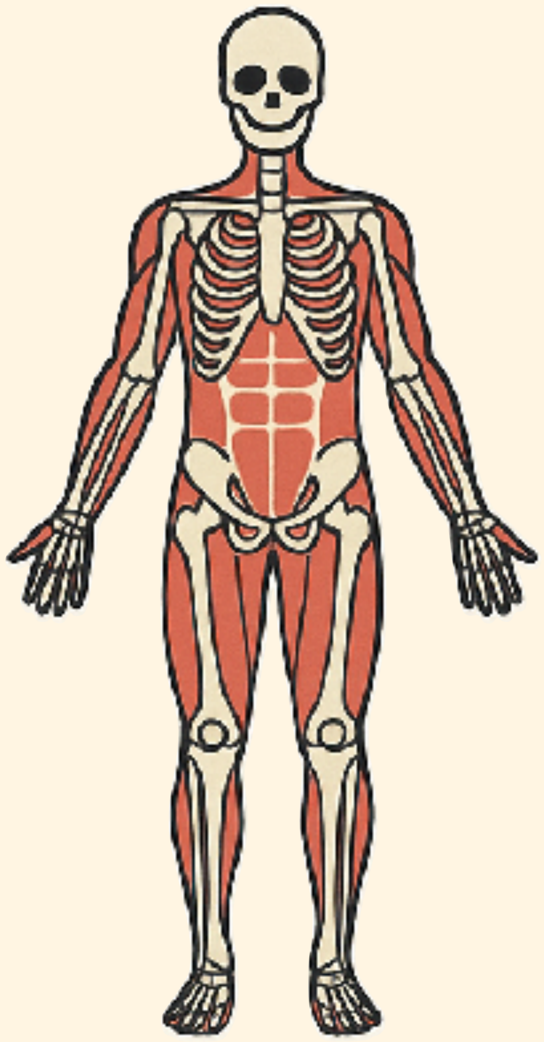
(力のつり合い式) = $\boxed{\quad}$とは限らない

(力のモーメントのつり合い式) = $\boxed{\quad}$とは限らない

3.1 動力学の基礎

解決すべき疑問：

スポーツのモデル化とその分析について



人体の運動：

力の出し方：　/

関　係　式：どのような力が　か

が必要となる

⇒ まずは**基本的な力と運動**を学ぶ

3.1 動力学の基礎 (1) 力と運動

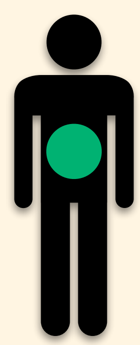
◎位置・速度・加速度

物体が運動している　⇒　位置が変化している

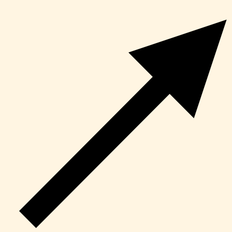
⇒　位置の変化を把握する

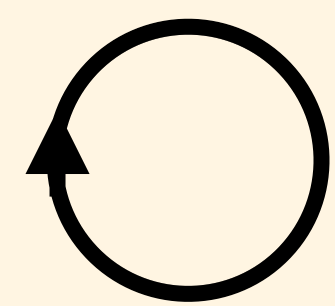
適切なモデル化

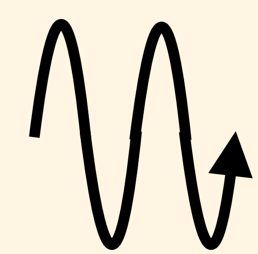
物体のモデル化　⇒　質点 ● / 重心



物体の運動のモデル化　⇒ $\boxed{\quad\quad}$運動 / $\boxed{\quad}$運動 / $\boxed{\quad\quad}$







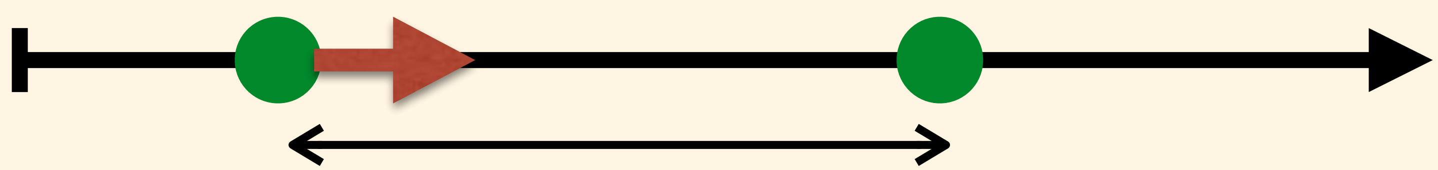
分析に求められる精度（大体/精密）でモデルを選択

3.1 動力学の基礎 (1) 力と運動

★ 位置・速度・加速度

x 軸上の直線運動を考える

時間変化：　Δt



位置 x

位置変化：　Δx

速度変化：　Δv

速度：$v = \dfrac{\square}{\square}$　　　加速度：$a = \dfrac{\square}{\square}$

基本的な力と運動の種類を見ていく

3.1 動力学の基礎 (1) 力と運動

★ 等速度運動：

力Fが働いていない運動（慣性運動）

$$F = ma = 0$$
$$a = 0$$

加速度：$a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = 0$　　速度が$\boxed{\qquad\qquad}$運動

⇒　等速度運動

あるいは、$\boxed{\quad}$状態

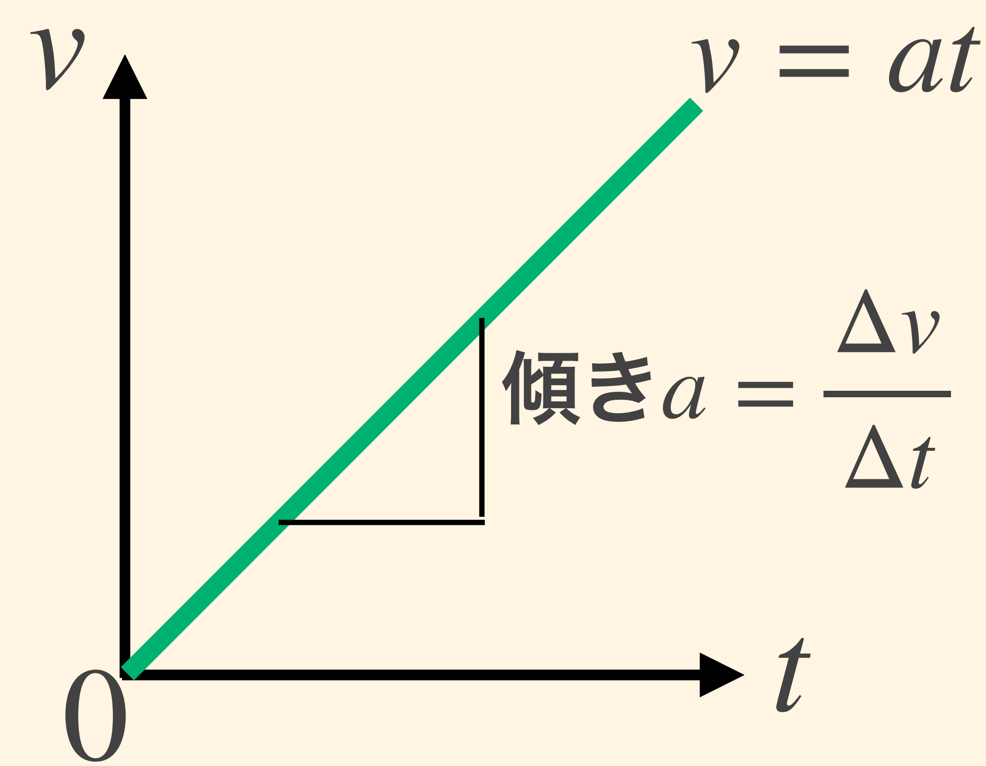
3.1 動力学の基礎 (1) 力と運動

★ 等加速度運動：

一定の力Fが働いている運動

$$F = ma = Const. \neq 0$$

$$a = Const. \neq 0$$



加速度：$a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = Const.$

速度が　　　　で変化する運動

3.1 動力学の基礎 (2) いろいろな運動

★ 抵抗力（外力）がある場合：

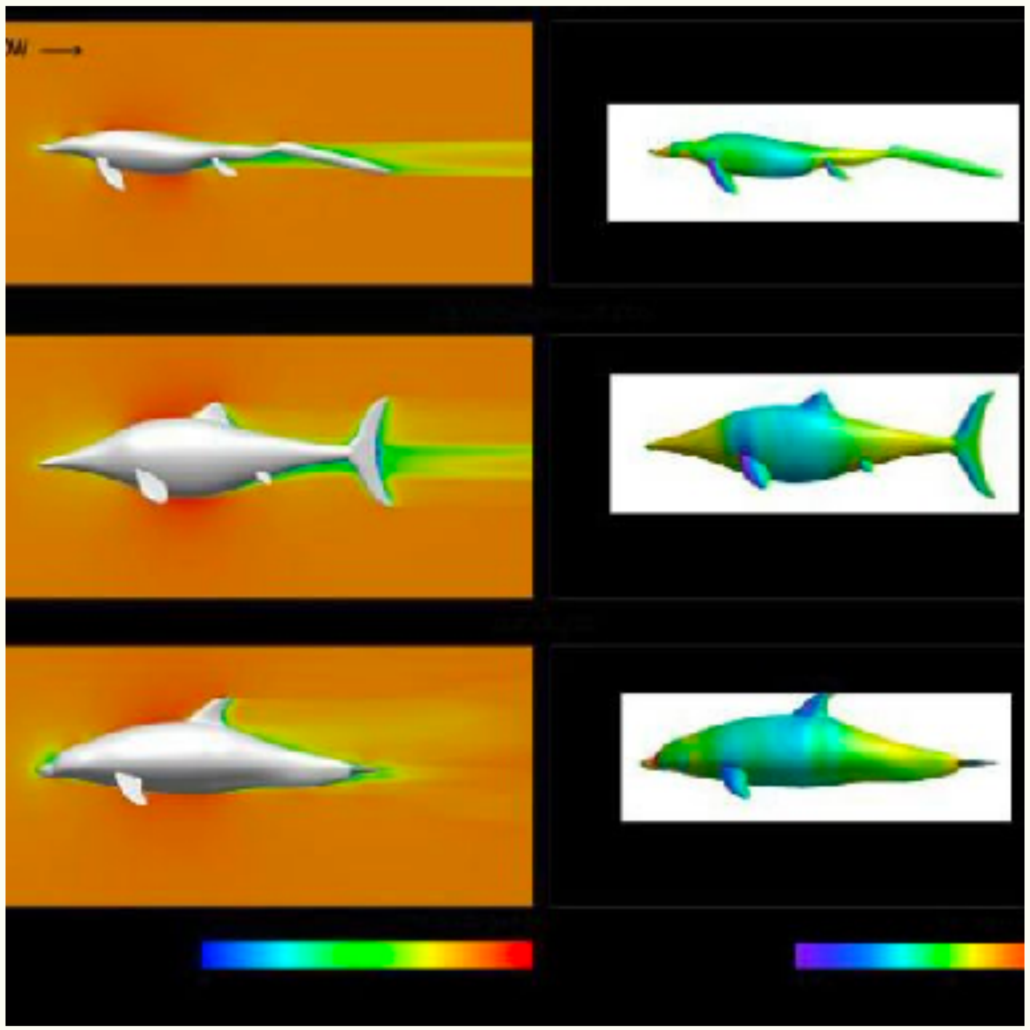
流対中の運動　⇒　空気・水による抵抗力

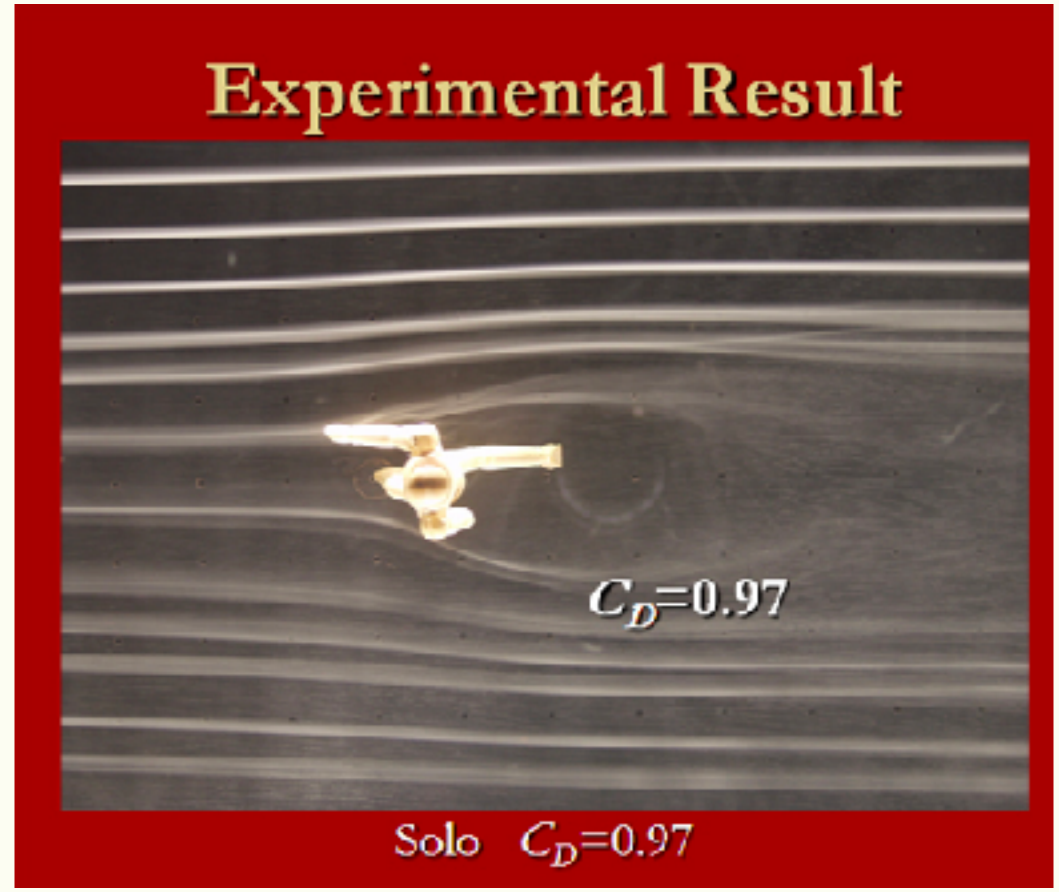
に比例する

形状に依存する

表3.2

流体力学

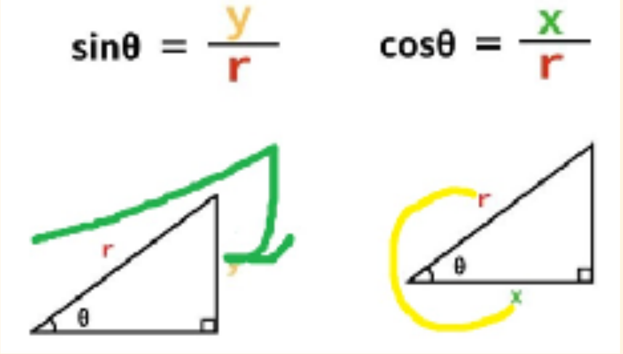



Experimental Result
C_D=0.97
Solo C_D=0.97

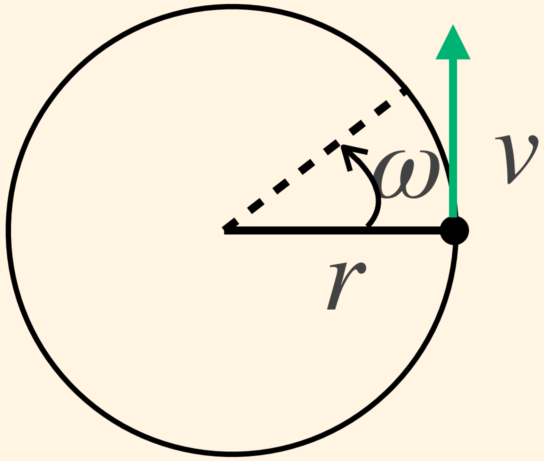

最小抗力フォーメーション
C_D=0.07
(c) No4 Quartet #1 C_D=0.07

CHAPTER3

3.1 動力学の基礎 (2) いろいろな運動



★円運動

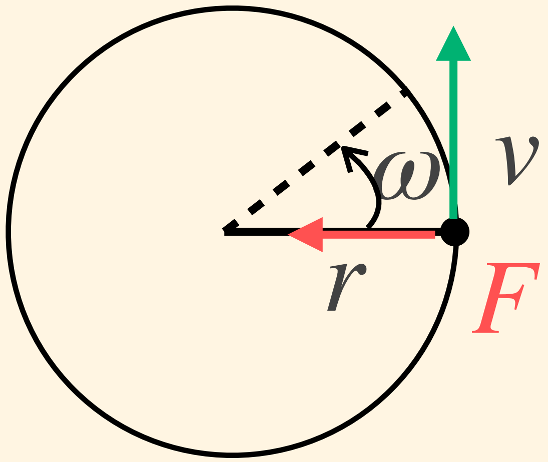


各速度：$\omega = \boxed{\quad}$

位置：$x = r\cos\omega t$
$y = r\sin\omega t$

速度：$v_x = -r\omega\sin\omega t$
$v_y = r\omega\cos\omega t$

加速度：$a_x = -r\omega^2\cos\omega t = -\omega^2 x$
$a_y = -r\omega^2\sin\omega t = -\omega^2 y$



向心力：$F = ma = mr\omega^2 = m\dfrac{v^2}{r}$

周期：$T = \dfrac{2\pi r}{v} = \dfrac{2\pi r}{r\omega} = \dfrac{2\pi}{\omega}$

3.1 動力学の基礎 (2) いろいろな運動

★ 単振動

バネの復元力：$F = -kx$（　　　の法則）

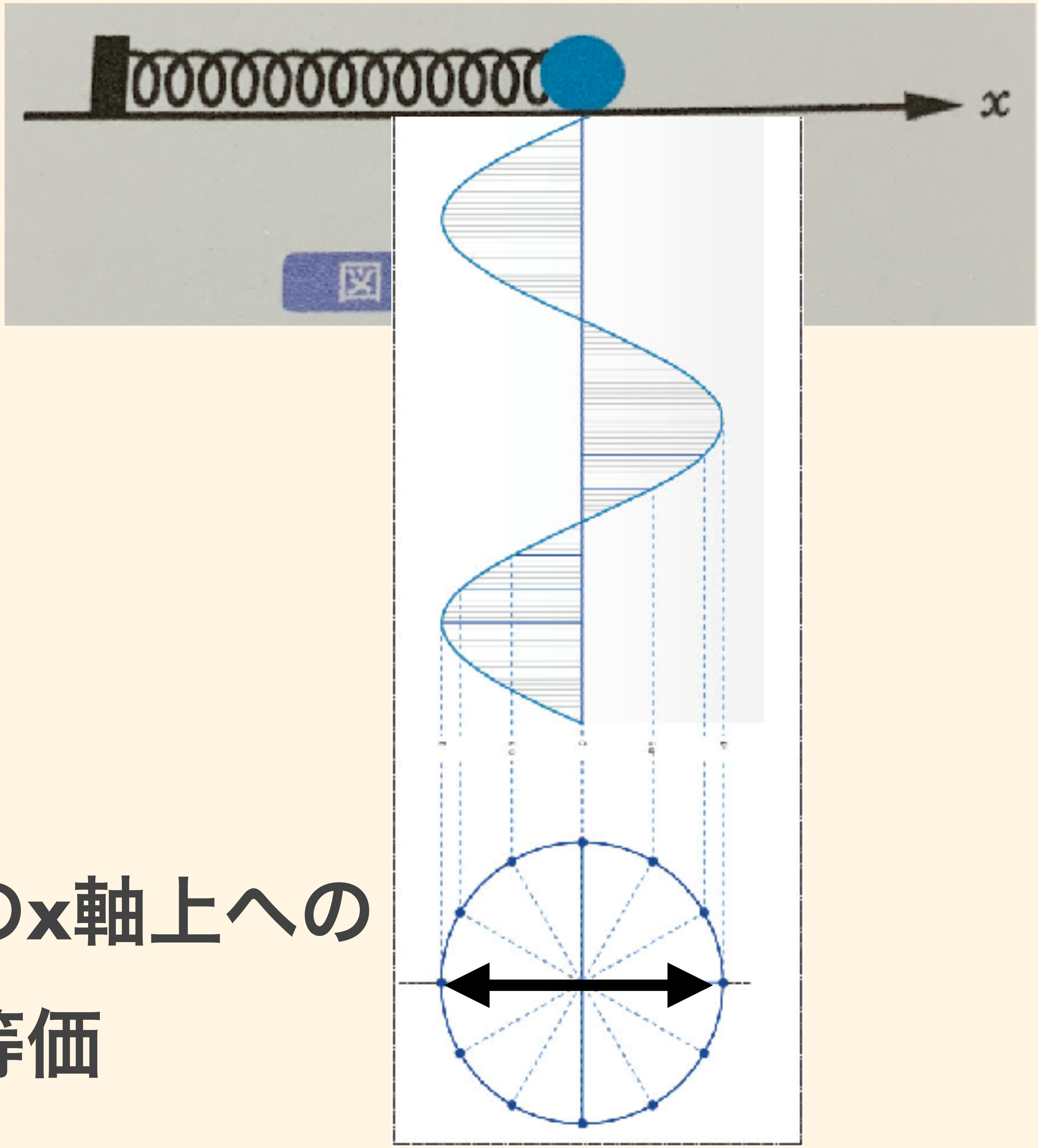
運動方程式：$F = ma = -kx$

加速度：$a = -\dfrac{k}{m}x = -\omega^2 x$

単振動は　　　　　　　　と考えられる

3.1 動力学の基礎 (2) いろいろな運動

★ 単振動



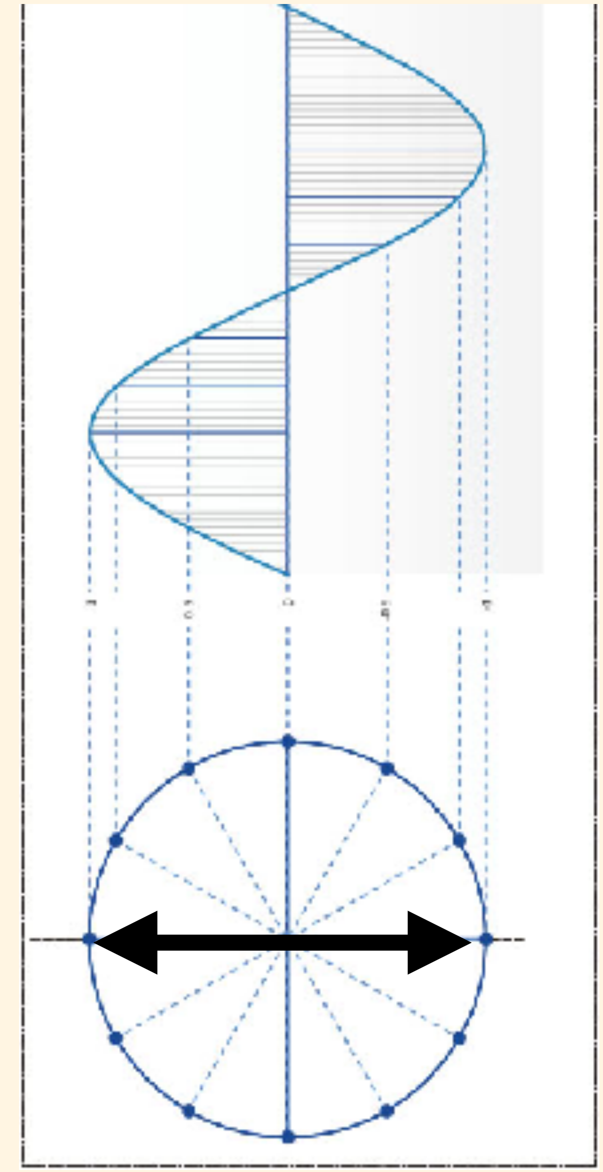
円運動のx軸上への

投影と等価

3.1 動力学の基礎 (2) いろいろな運動

★振り子

図3.5



復元力

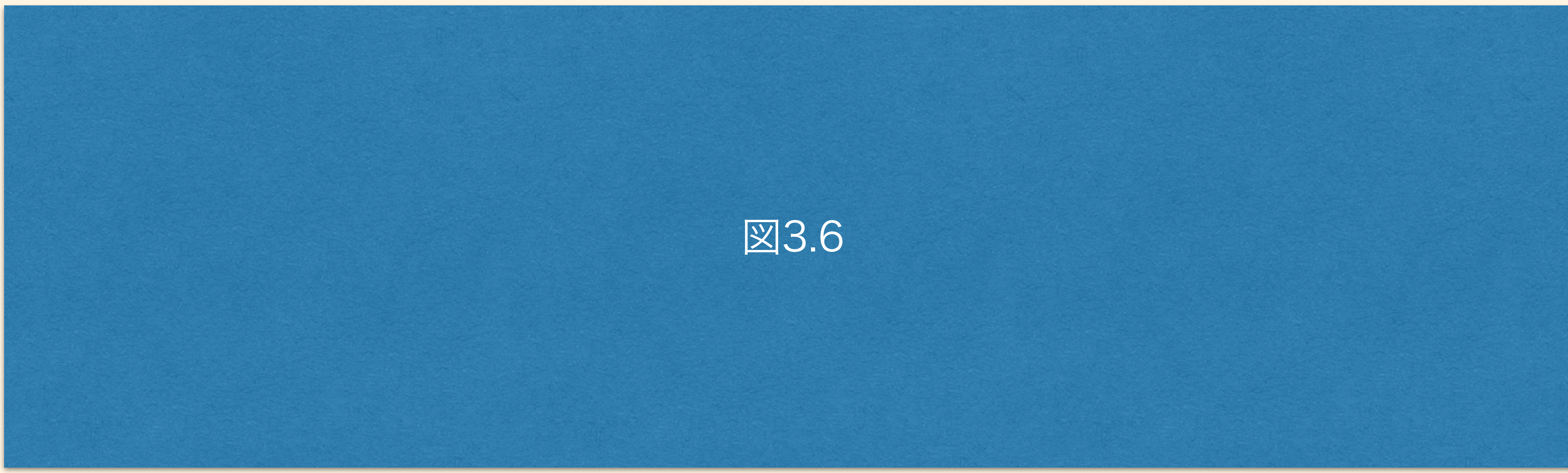
$$F = \boxed{\quad\quad}$$

周期： $$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$(\theta << 1)$$

3.1 動力学の基礎 (3) 運動量と角運動量

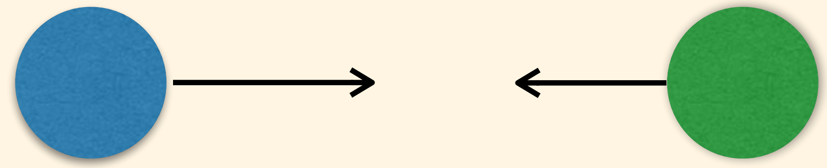
★ 運動量



運動量は「　　　　　　　　」の指標

3.1 動力学の基礎 (3) 運動量と角運動量

★ 2体衝突



反発係数 $e = -\dfrac{v_2' - v_1'}{v_2 - v_1}$

$$v_1' = v_1 + \frac{m_2(1+e)}{m_1+m_2}(v_2 - v_1)$$

$$v_2' = v_2 + \frac{m_1(1+e)}{m_1+m_2}(v_1 - v_2)$$

$e = 1$: 衝突(運動エネルギ保存)

$e \neq 1$: 衝突(運動エネルギ非保存)

3.1 動力学の基礎 (3) 運動量と角運動量

★角運動量：回転運動での運動の激しさ

力のモーメント：力×基準点からの距離(回転運動)

角運動量L：$\boxed{\qquad\qquad}$ × 基準点からの距離r

$$L = mvr = mr\omega^2$$

力のモーメントが0の場合

⇒rが変化しても角運動量は一定

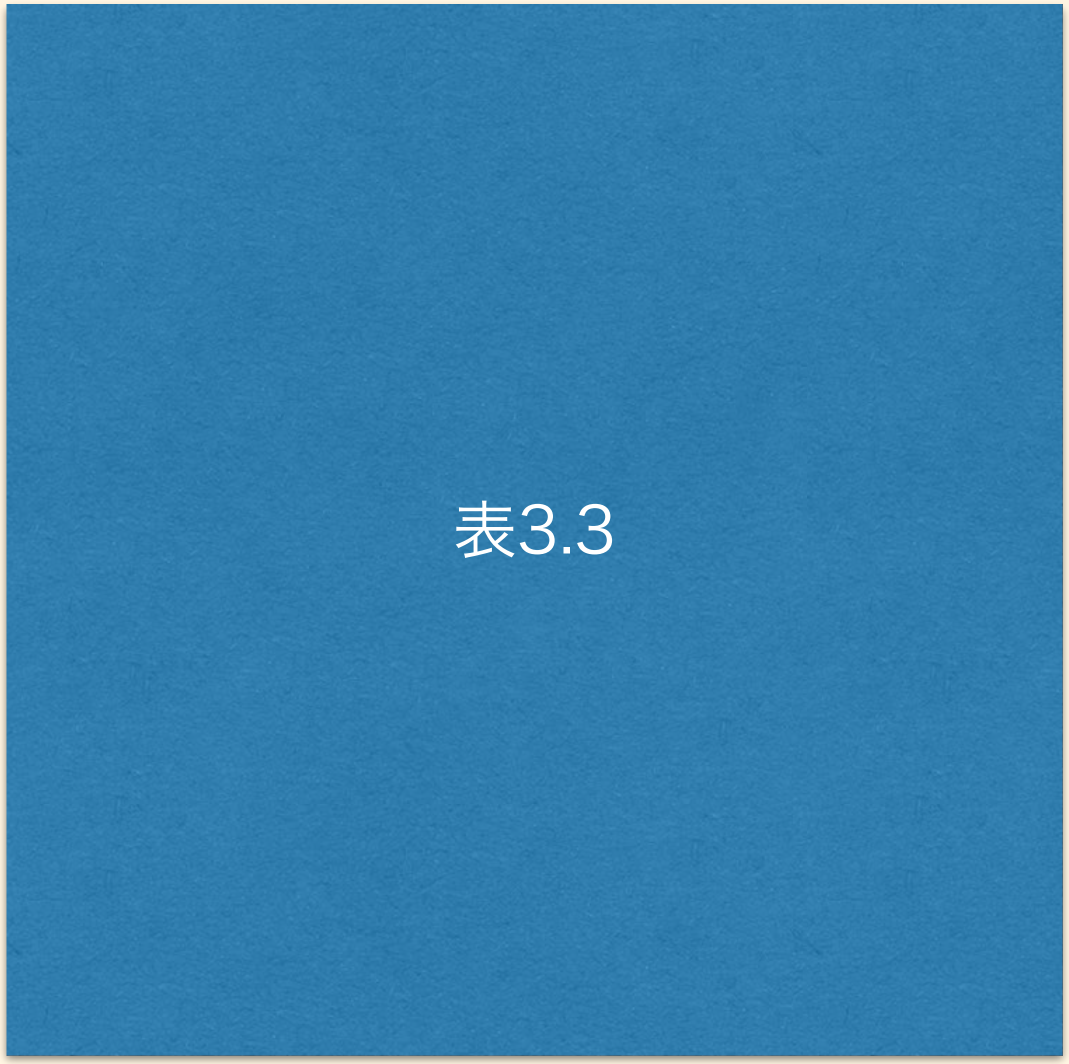
3.1 動力学の基礎 (3) 運動量と角運動量

★慣性モーメントI：回転運動での慣性の大きさ
並進運動(直線運動)での慣性の大きさ：mに比例

$$I = \sum_{n} m_i r_i^2$$

$$L = mvr = mr\omega^2$$

$$= \boxed{}$$



3.1 動力学の基礎 (4) エネルギー

★仕事をされるとエネルギーが変化する

一定の力Fで物体を距離dだけ移動

物体は 仕事 $W = Fd$ をされる

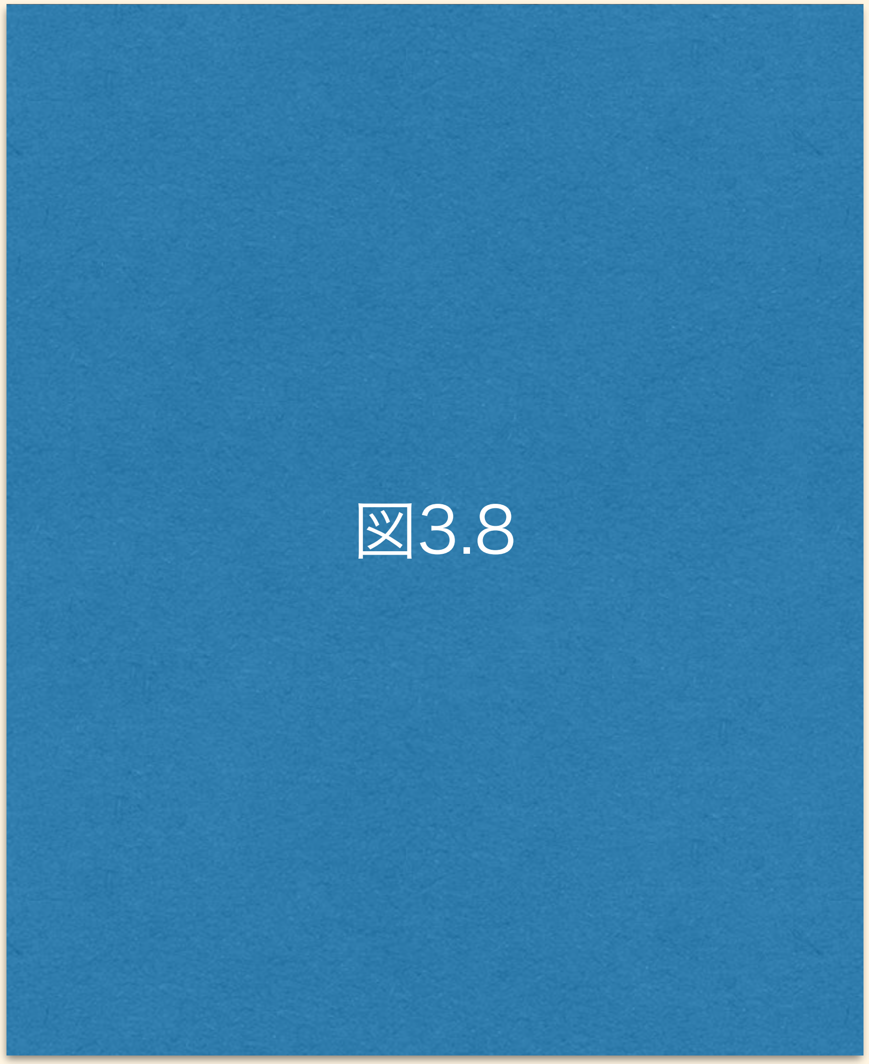
力は　仕事 $W = Fd$ をした

仕事 W の分、物体のエネルギーが変化する

3.1 動力学の基礎 (4) エネルギー

★ 仕事をされると位置エネルギーが変化する

例) 質量mの物体を高さh持ち上げる



重力$F = mg$に逆らって持ち上げる

物体は仕事 $W = \boxed{\quad\quad}$ をされる

物体は $E = \boxed{\quad\quad}$ を獲得する

ばね、電荷などでも位置エネルギーを使う

3.1 動力学の基礎 (4) エネルギー

★仕事をされると運動エネルギーが変化する

質量mを力Fで距離x押した

物体は仕事$W = Fx$をされる

$$W = Fx = max = ma\frac{1}{2}at^2 = \boxed{} = E$$

F一定 ⇒ 等加速度運動$v = at, x = \frac{1}{2}at^2$

回転運動　　$E = \boxed{}$

3.1 動力学の基礎 (4) エネルギー

★ エネルギー保存則

力学的エネルギー=位置エネルギー+運動エネルギー

(重力, 電磁力)　　(並進, 回転)