1.1 質点

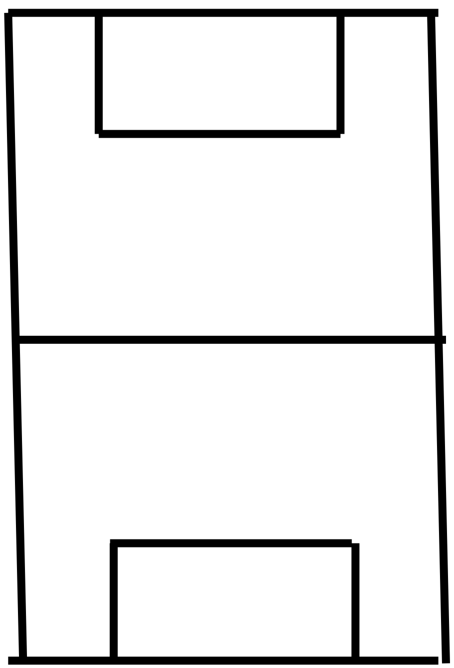
- 一個の物体は通常有限の大きさを持つが、その運動の記述のために、微小な質点と考える。
  質点（重心の位置にあたる）

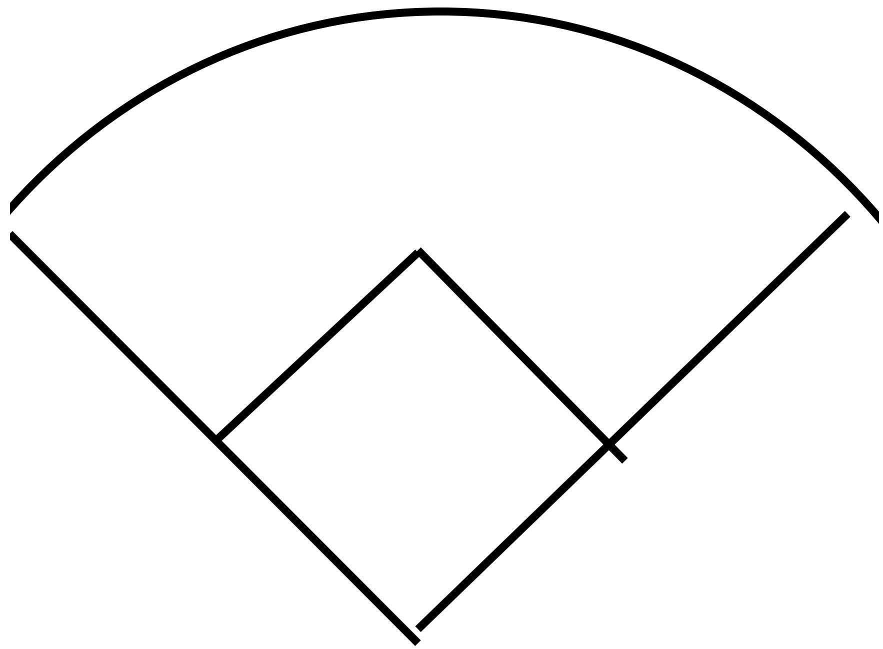
- 質点の位置：

自由度3の場合	自由度2の場合
直角座標（デカルト系、x、y、z）	（x、y）
極座標（r、θ、φ）	（r、θ）
円筒座標（ρ、φ、z）	（ρ、φ）など

・直角座標（デカルト系、x、y、z）　　→　サッカー場

・極座標（r、θ、φ）　　→　野球場





1.1　質点

・　質点が運動すると、これらの座標は時間tの関数として変化する。

例：　$x(t)$、$y(t)$、$z(t)$

→　すべての時間毎に求めた（x、y、z）の表す点をつないだもの　＝　軌道

1.2　ベクトル

- **質点の運動の表し方：　ベクトル**
  ベクトルは変位の大きさと方向をもつ
  ⇔　スカラー （変位の大きさだけ）
- **平行四辺形の法則**

- **単位ベクトル**

1.3 変位と速度

$$\vec{v}\Big|_{average} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

$$\vec{v}\Big|_{\Delta t \to 0} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \equiv \frac{d\,\vec{r}}{d\,t}$$

これは、軌道の接線の方向を持ち、瞬間の速さを大きさとするベクトル

1.4 加速度

$$\vec{a}\Big|_{average} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$\vec{a}\Big|_{\Delta t \to 0} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \equiv \frac{d\vec{v}}{dt}$$

これは、速度の接線の方向を持ち、その瞬間の大きさとするベクトル

キーワード:

- ホドグラフ　(速度図）
- 角速度
- 曲率中心
- 曲率半径
- 下付けのtは、接線（tangent）の頭文字
  下付けのnは、法線（normal）の頭文字

1.5　力と慣性

・ **ニュートンの運動の第1法則**

物体は，他のすべての物体から十分遠く離れていてなんらの影響を受けていない状態では、静止または等速度運動を続ける

＊物体の持つ性質　　慣性

＊力は0

・ ニュートンの運動の第2法則

物体が力を受けると、その力の方向・向きに加速度を生じ、その加速度の大きさは力の大きさに比例し、物体の質量に逆比例する

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

ニュートンの運動方程式

力の単位： ニュートン kg・m/s^2

・　重要な概念

＊　重量キログラム　　キログラム重

＊　慣性質量

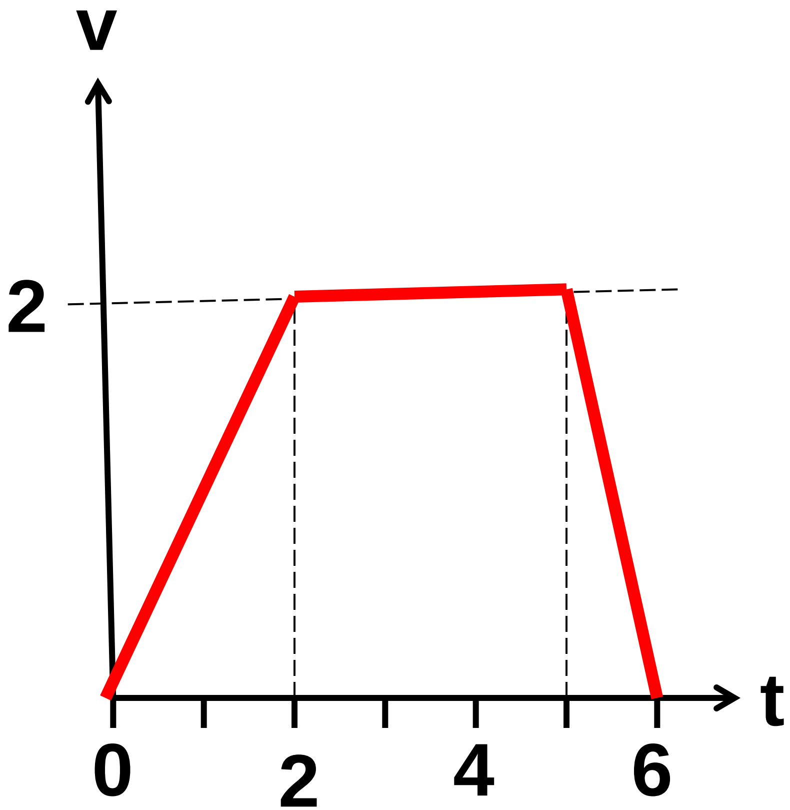
＊　重力質量

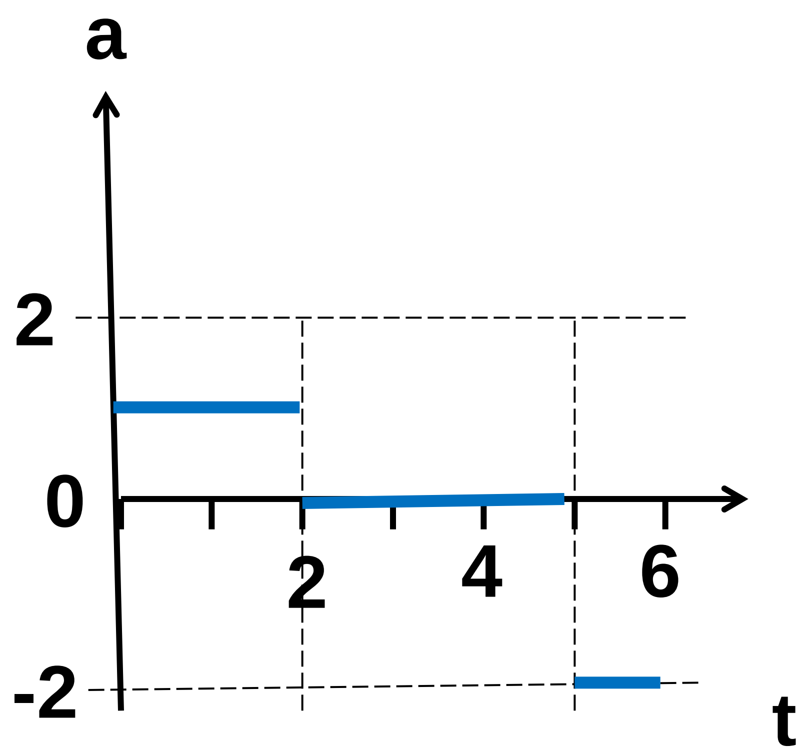
＊　質量mの質点が半径aの円周上を一定の角速度ωで等速円運動をしているとき、

　　円の中心に向って、$ma\omega^2$の力が働いている

この力を、求心力（向心力）という

速度v-時間tグラフから、加速度aを縦軸に、
時間tを横軸にとって、a-tグラフを書いてみる。





1.6 放物運動

- **2次元 （x：水平、y：鉛直）、 摩擦などなし**

初期条件

$$x(0)=0,\ y(0)=0$$

$$v_x(0)=V_0\cos\theta,\ \ v_y(0)=V_0\sin\theta$$

$$\boxed{F_x=0,\ \ F_y=-mg}$$

gは重力加速度　g＝9.8m/s^2

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=0,\ \ m\frac{d^2y}{dt^2}=-mg$$

$$\frac{d^2 x}{d t^2} = 0, \quad \frac{d^2 y}{d t^2} = -g$$

$$\frac{d x}{d t} \equiv v_x = C_1, \quad \frac{d y}{d t} \equiv v_y = -g t + C_2$$

$$x(t) = C_1 t + D_1, \quad y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + C_2 t + D_2$$

C_1, C_2, D_1, D_2はunknown

初期条件を入れると、

$$x(t) = V_0 t \cos\theta, \quad y(t) = V_0 t \sin\theta - \frac{1}{2} g t^2$$

時間 t を消去して軌道を求める

$$y = -\frac{g}{2V_0^{\ 2}\ \cos^2\theta}x^2 + (\tan\theta)x$$

軌道は放物線を描く

投げてから最高点に達するまでの時間は？

$$v_y(t) = V_0 \sin\theta - g\,t = 0 \quad \text{at 最高点}$$

$$\Rightarrow \quad t = \frac{V_0 \sin\theta}{g}$$

$$h = V_0 \sin\theta \frac{V_0 \sin\theta}{g} - \frac{1}{2} g \left(\frac{V_0 \sin\theta}{g} \right)^2$$

$$\Rightarrow \quad h = \frac{{V_0}^2 \sin^2\theta}{2g}$$

$$y = 0 \quad \Rightarrow \quad t = 0 \ and \ t = T$$

$$0 = V_0 \sin\theta - \frac{1}{2} g T$$

$$T = \frac{2V_0 \sin\theta}{g}$$

$$x(T) = \frac{2V_0{}^2 \sin\theta\cos\theta}{g} = \frac{V_0{}^2 \sin 2\theta}{g}$$

同じ初速で投げた放物体の軌道のうち、
y=0で最も遠くに届くのは、

$$x(T) = \frac{V_0^{\ 2} \sin 2\theta}{g}$$

$$\Rightarrow \quad 2\theta = \frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow \quad \theta = \frac{\pi}{4}$$

45度の角度で投げると、
y=0で最も遠くに届く。

○　モンキーハンティング　（宿題）

ボールをサルに向けて蹴ったと同時にサルは驚いて手を離して落下したとしよう。空気抵抗がなければ、ボールはサルに必ず命中する。これはなぜだろうか？

水平距離　d、高さ　h　のところにいるサルに向かって速度v_0でボールを蹴った。最初のボールの位置を原点として、重力加速度をg とする。

(1)　t秒後のボールの座標（x、y）を求めよ。
(2)　サルはボールを蹴られた時刻に手を離して落下した。t秒後のサルの座標（x、y）を求めよ。
(3)　サルにボールがあたるときの時刻を求めよ。ボールの速度の関わらずボールは必ずサルに当たることを示せ。

締切：　10月9日17時まで。3417室。A4サイズ