定期試験（予定：7月20日頃～10日間実施）は実施されない．別のモノで成績評価を行なう．

シラバス　小テスト・レポート（20%）　定期試験（80%）
⇒
小テスト・レポート（50%）
最終課題（レポート）（50%）

最終回の授業に近い頃に出題．

前回レポート課題の論理展開

1. 問題設定　何を考察する？
どういう状況でモノを考えるか．
初期条件：$t=0$ でどのように運動が始まったか．
2. ベクトル形式で運動方程式をたてる．
3. 運動方程式を座標系の成分に分解
4. 各成分の運動方程式を解く．
~~未知~~任意定数が出現
5. 初期条件を使って~~未知~~任意定数を決定する．

全ての力学の問題で共通．

52名提出
39名満足いく解答
13名ベクトル・スカラーの区別X．

今日の話.

前回のレポート … 力が働いていない場合

今日の話 … 一定、一様な力が働いている場合.

物理学用語.

時間によらない.

どこの場所でも同じ力.

## 第6章 一様な重力場中の質点の運動.

現象の例

自由落下 … レポート課題

投げ下げ

投げ上げ

斜め投射

授業で解説.

全て同じ運動方程式に従がう.

違いは初期条件◎

地球上で日常的に生じる現象.

## 6.1. 目的，理想化，言葉の説明.

目的： 地球上で日常的に観測される物体の運動を考察する

理想化： 物体 … 質点

地球と物体の間には，引力が働く

重力 ： 物体の質量に比例する

単位質量（1kg）の物体に働く重力 ： $\mathbf{g}$ ベクトル

$\mathbf{g}$ … 大きさ $|\mathbf{g}| = g$ … 一般に高さ，場所により変化する.

ここでは $g$ は一様であると仮定.

$g = 9.81\ \mathrm{m/s^2}$（重力加速度の大きさ）

地球の自転・公転，地球の丸みを無視

→ デカルト座標系を採用.

空気抵抗も無視.

# 言葉の説明(定義)

「場」：時間，空間の関数として与えられる物理量.

例：温度 $T(x, y, z, t)$ … 温度場

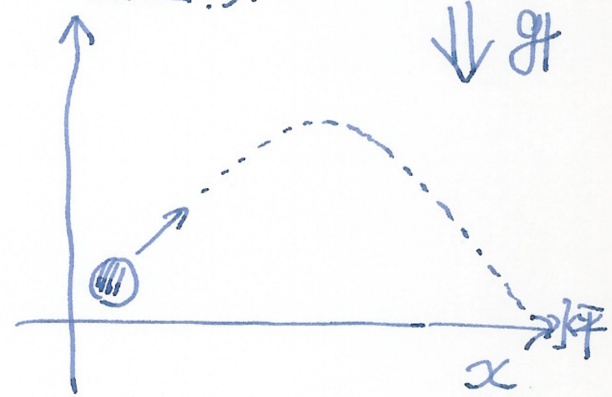
圧力 $P(x, y, z, t)$ … 圧力場.

重力 $g(x, y, z, \cancel{t})$ … 重力場.

高校「界」

電界，磁界 ⟶ 電場，磁場

## 6.2 放物運動 (斜め投射)




鉛直(方向)：重力と平行な方向

水平(方向)：鉛直方向と直角な方向

簡単化のために、鉛直を含む2次元平面で考察する.

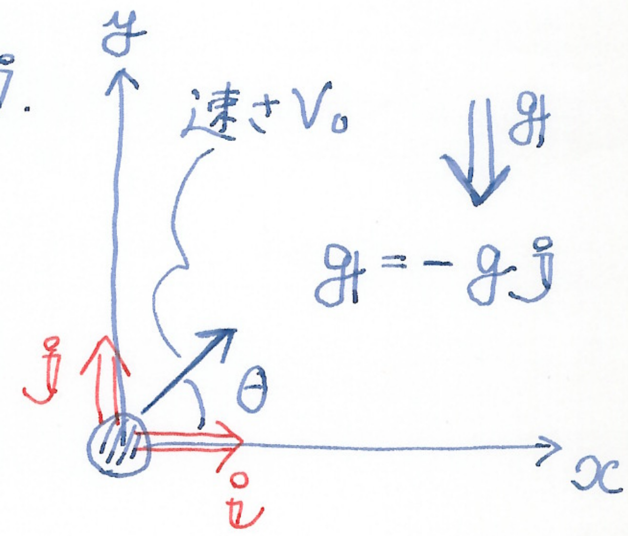
## 6.2.1 問題設定

一様な重力中で運動する質量$m$の質点を考察する.

最終的に得たい状態：質点の位置ベクトルを時間$t$の関数として知る：$\mathbf{r}(t)$

初期条件. $t=0$での質点の位置ベクトル
速度ベクトル

$$\begin{cases} \mathbf{r}(0) = \mathbf{0} & \text{座標系の原点} \\ \mathbf{v}(0) = V_0\cos\theta\, \mathbf{i} + V_0\sin\theta\, \mathbf{j}. \end{cases}$$




物体に働いている力：重力のみ
$m\mathbf{g}$

## 6.2.2 運動方程式

$$m\frac{d^2\mathbb{r}}{dt^2} = m\mathbb{g} \quad \cdots \text{ベクトル形式の運動方程式} (6.1)$$

$\mathbb{r} = x\,\mathbb{i} + y\,\mathbb{j}$ と分解. $\mathbb{g} = -g\,\mathbb{j}$ を(6.1)に代入する

$$m\left(\frac{d^2x}{dt^2}\mathbb{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\mathbb{j}\right) = -mg\,\mathbb{j}. \quad \cdots (6.2)$$

運動方程式の$x$成分

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = 0 \quad \cdots (6.3a)$$

運動方程式の$y$成分

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = -mg \quad \cdots (6.3b)$$

(6.3a) を $m(\neq 0)$ でわると

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0$$ … 両辺をそれぞれ $t$ で積分
不定積分

$$\int \frac{d^2x}{dt^2}\,dt = \int 0\,dt$$

$$(\text{左辺}) = \int \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) dt = \frac{dx}{dt}$$

$$(\text{右辺}) = \text{定数} = C_1$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{dx}{dt} = C_1} \quad \cdots (6.4)$$

(6.4) を $t$ で積分する.

$$\int \frac{d}{dt}x\,dt = \int C_1\,dt$$

$$\boxed{x = C_1 t + C_2} \quad \cdots (6.5)$$

(6.3) の一般解
任意定数を含む微分方程式の解.

$C_1, C_2$ は任意定数
積分定数

(6.3b)を $m(\neq 0)$ でわって．$t$ で積分する．

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -g.$$

$$(\text{左辺}) = \int \frac{d}{dt}\left(\frac{dy}{dt}\right) dt = \frac{dy}{dt}.$$

$$(\text{右辺}) = -\int g\, dt = -gt + C_3$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{dy}{dt} = -gt + C_3} \quad \cdots (*)$$

(*)を $t$ で積分する．

$$\int \frac{dy}{dt}\, dt = \int (-gt + C_3)\, dt$$

$$\boxed{y = -\frac{1}{2}gt^2 + C_3 t + C_4.} \quad \cdots (6.6)$$

(6.3b)の一般解．

$C_3$, $C_4$ は任意定数．

(6.5)

$$x(t) = C_1 t + C_2 \quad \cdots (6.5)$$

初期条件 $\mathbb{r}(0) = \mathbb{0} \Rightarrow x(0) = 0.$

(6.5)に $t=0$ を代入.

初期条件 (Initial Condision) I.C.

$$x(0) = C_2 \xleftarrow{\text{I.C.}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{C_2 = 0.}$$

速度の I.C.

$$v(t) = v_x(t)\,\mathbf{i} + v_y(t)\,\mathbf{j}$$

$$v(0) = V_0 \cos\theta\,\mathbf{i} + V_0 \sin\theta\,\mathbf{j}$$

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

(6.5)をtで微分

$$v_x(t) = \frac{dx}{dt} = C_1.$$

$$v_x(0) = C_1 = V_0 \cos\theta \quad \Rightarrow \quad \boxed{C_1 = V_0 \cos\theta}$$

I.C

以上から

$$\boxed{x(t) = (V_0 \cos\theta)\, t} \quad \cdots (6.9x)$$

(6.6)

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + C_3 t + C_4. \quad \cdots (6.6)$$

I.C.

$$y(0) = 0$$

(6.6)に $t=0$ を代入すると

$$y(0) = C_4 \overset{\text{I.C}}{=} 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{C_4 = 0.}$$

(6.6)を $t$ で微分

$$v_y(t) = \frac{dy}{dt} = -gt + C_3$$

上式に $t=0$ を代入して I.C を考慮すると.

$$v_y(0) = C_3 = V_0 \sin\theta \longrightarrow \boxed{C_3 = V_0 \sin\theta}$$

以上から

$$\boxed{y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (V_0 \sin\theta)t.} \quad \cdots (6.9b)$$

この運動の軌道が放物線になることを示す.

$$\begin{cases} x(t) = (V_0 \cos\theta)\, t & \cdots (6.9a) \\ y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + (V_0 \sin\theta)\, t & \cdots (6.9b) \end{cases}$$

tを消去して, xとyの間の直接の関係を出す.

x-y平面内での曲線の式　$y = f(x)$

(6.9a)から　$t = \dfrac{x}{V_0 \cos\theta}$ → (6.9b)に代入.

$$y = -\frac{1}{2} g \left( \frac{x}{V_0 \cos\theta} \right)^2 + (V_0 \sin\theta) \left( \frac{x}{V_0 \cos\theta} \right)$$

$$= \underbrace{\left( -\frac{g}{2 V_0^2 \cos^2\theta} \right)}_{a} x^2 + \underbrace{(\tan\theta)}_{b}\, x + \underbrace{\quad}_{c}$$

aに対応 $(a<0)$

$y = ax^2 + bx + c \cdots$ 二次曲線 放物線 の式

$a>0$ 　$a<0$