

第1回

①

物理学概論第一



物理学って何？

②

1. 自然現象を, 計測できる「物理量」で記述

速度, 加速度, 質量, 力, 仕事, エネルギー,

温度, 電荷, 電流, 電場, 磁場

2. 物理量の間の関係を数式で表現 → 物理法則

ニュートンの運動法則, 万有引力の法則,

ガウスの法則, ファラデーの法則

物理学の構成要素

③

古典力学, 解析力学, 一般相対性理論, 特殊相対性理論, 電磁気学, 熱力学, 統計力学, 流体力学, 量子力学, 原子物理学, 原子核物理学, 素粒子物理学, 物性物理学, 宇宙物理学, 地球物理学, 応用物理学 ...

全ての基本になるのが古典力学

古典力学とは...

④

常識的な条件下での物体の運動を理解する.

使う武器は...

1. 運動の法則 (ニュートンの運動の 3 法則)
2. 力の法則 (万有引力の法則など)

高校で習ったのと同じじゃない？

古典力学 - 大学ヴァージョン

⑤

常識的な条件下での物体の運動を理解する.

使う武器は...

1. 運動の法則 (ニュートンの運動の 3 法則)
2. 力の法則 (万有引力の法則など)

+ 微分・積分 & ベクトルの内積・外積

講義計画

⑥

4/08 第 01 回: 力学 ①

4/15 第 02 回: 力学 ②

4/22 第 03 回: 力学 ③

5/13 第 04 回: 力学 ④

5/20 第 05 回: 力学 ⑤

5/27 第 06 回: 力学 ⑥

6/03 第 07 回: 力学 ⑦

6/10 第 08 回: 力学 ⑧

6/11 中間試験 (水曜日)

6/17 休講

6/24 第 10 回: 波動 ①

7/01 第 11 回: 波動 ②

7/08 第 12 回: 波動 ③

7/15 第 13 回: 波動 ④

7/22 第 14 回: 波動 ⑤

7/30 期末試験 (水曜日)

第 01 回: 力学 ① - 物理量とは（単位，次元），運動の表現

第 02 回: 力学 ② - 運動の法則

第 03 回: 力学 ③ - 力と運動 I

第 04 回: 力学 ④ - 力と運動 II その 1

第 05 回: 力学 ⑤ - 力と運動 II その 2

第 06 回: 力学 ⑥ - 仕事と運動エネルギー

第 07 回: 力学 ⑦ - 保存力とポテンシャルエネルギー

第 08 回: 力学 ⑧ - エネルギー保存則

- 計測できるものを物理量と呼ぶ

- 全ての物理量には単位がある

物理量は“ある基準量の何倍か”でしか計測できない!

- 必ず「数値」×「単位」という形で表現する

じゃあどんな単位を使えば良いのか?

国際単位系 - SI 単位系

⑨

- 基本単位は 7 つ

時間, 長さ, 質量, 電流, 温度, 物質質量, 光度

s m kg A K mol cd

- 古典力学で重要なのは ‘時間’ ‘長さ’ ‘質量’

単位を s, m, kg に統一してから演算する

単位の積 → 組立単位

⑩

基本単位以外の物理量の単位は，定義や物理法則を使って，基本単位から組み立てる．

速度： 距離 ÷ 時間 → m/s

加速度： 速度 ÷ 時間 → m/s^2

力： 質量 × 加速度 → kg m/s^2 (= N)

固有の名称を持つ SI 組立単位 ⑪

幾つかの SI 組立単位には固有の名前がある

量	単位	単位記号	SI 基本単位 による表現	他の SI 単位 による表現
力	ニュートン	N	kg m s^{-2}	J/m
圧力	パスカル	Pa	$\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-2}$	N/m^2
仕事	ジュール	J	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$	N m

次元（ディメンジョン）

12

ある物理量の単位が $m^a kg^b s^c$ であるとする。
このとき、以下をこの物理量の次元という。

$$[L^a M^b T^c]$$

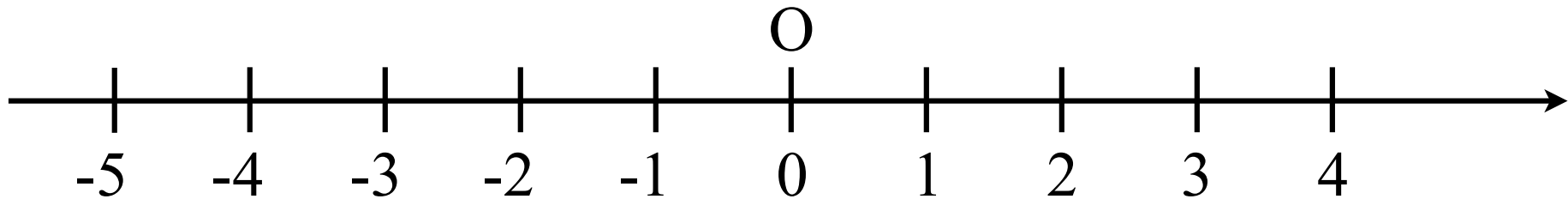
物理量の間の関係式では、両辺の次元は必ず等しくなる。両辺の次元が同じかを調べ、計算過程・結果の正しさを確認することが可能。

- 質点の考え方
- 質点の 1 次元運動の表現
 - 時間の関数としての位置座標
 - 位置の微分としての速度
 - 速度の微分としての加速度
- 質点の多次元運動の表現
 - 位置ベクトル 速度ベクトル 加速度ベクトル
- 例) 等速円運動

質点の 1 次元運動の表現

14

- とりあえず, 原点をもち, 等間隔に目盛がふつてある直線座標 x を考える

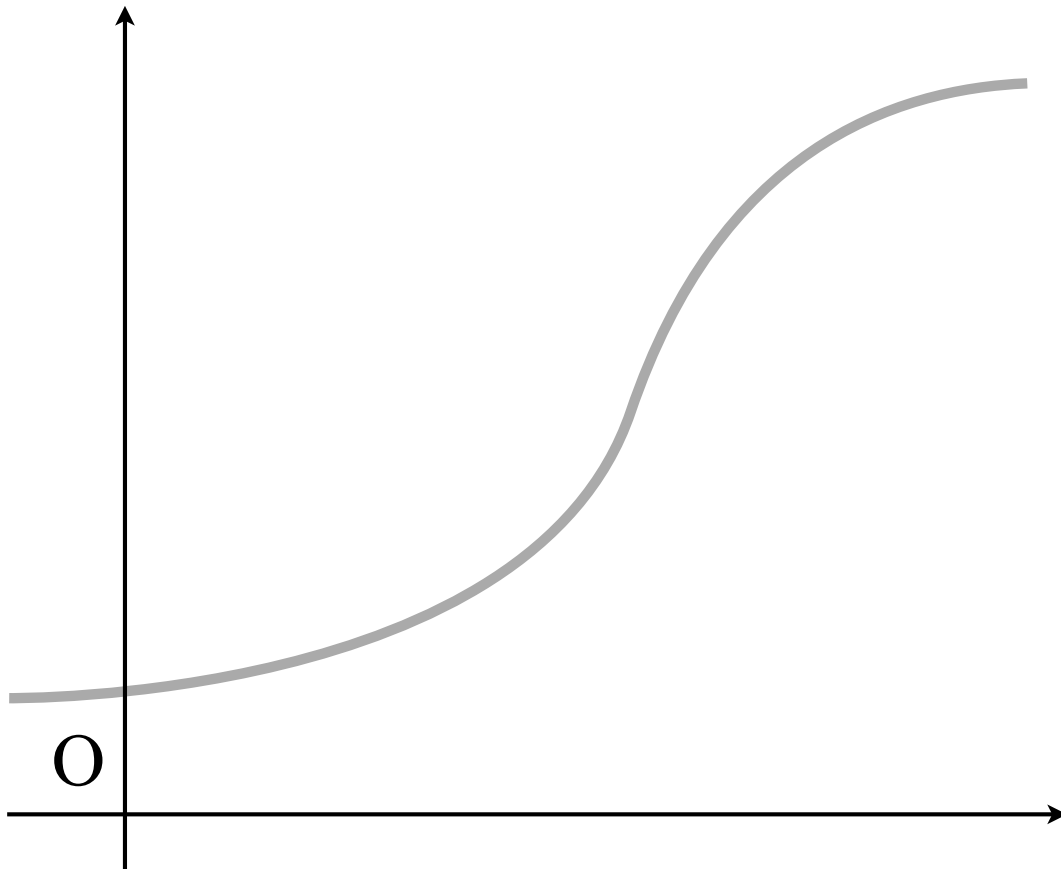


- 時間の基準となる “時計” も考える
- この座標上を質点が動き回るのを観察する

時間の関数としての位置座標

①5

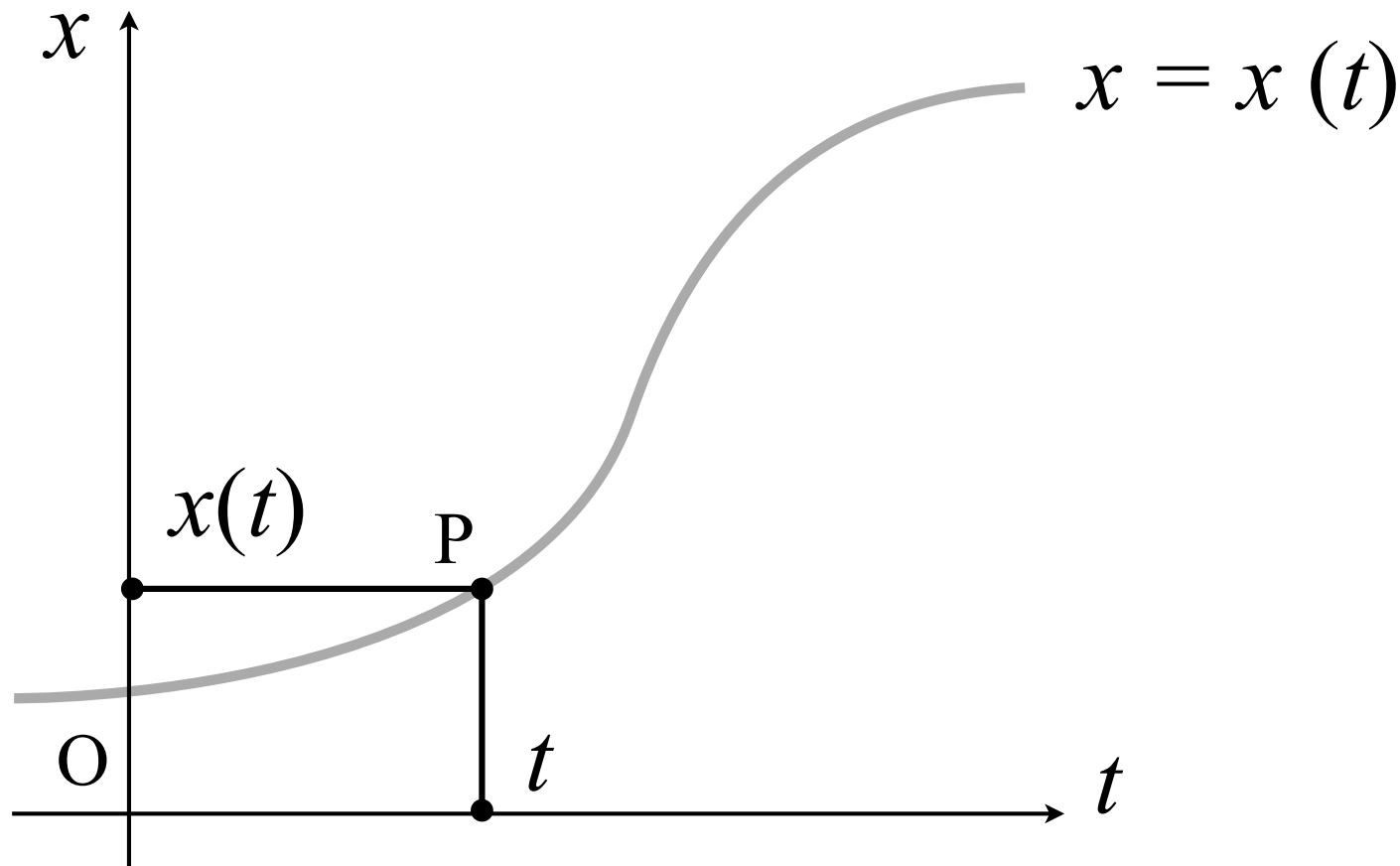
- 時間を指定したら, その時間における質点の位置が決まる



平均速度というものを考える

16

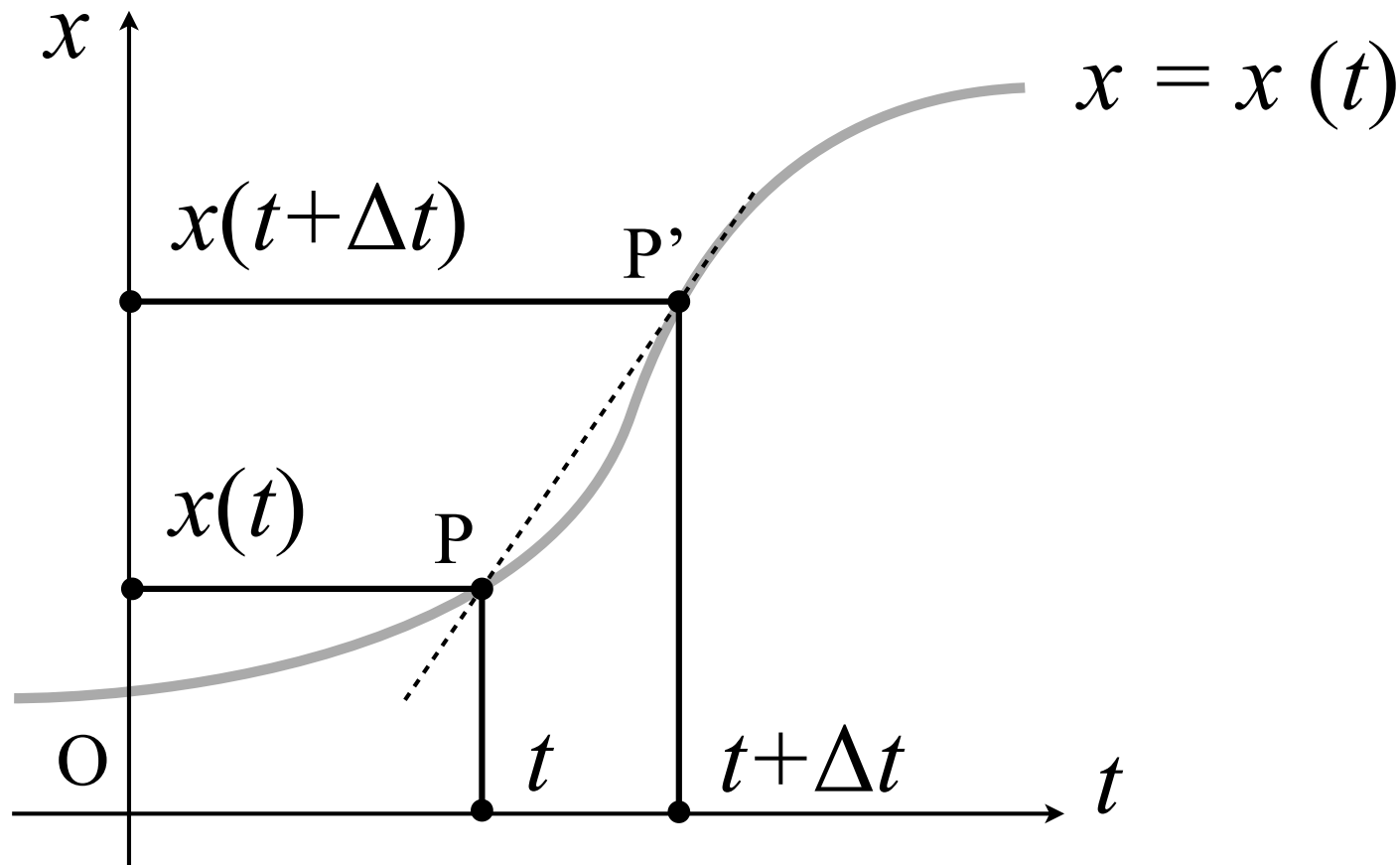
- ある時間 Δt の間の位置の変化 Δx を変位
- 変位 Δx を Δt で割ったものが平均速度 $\bar{v}$



瞬間の速度はどうなるの？

17

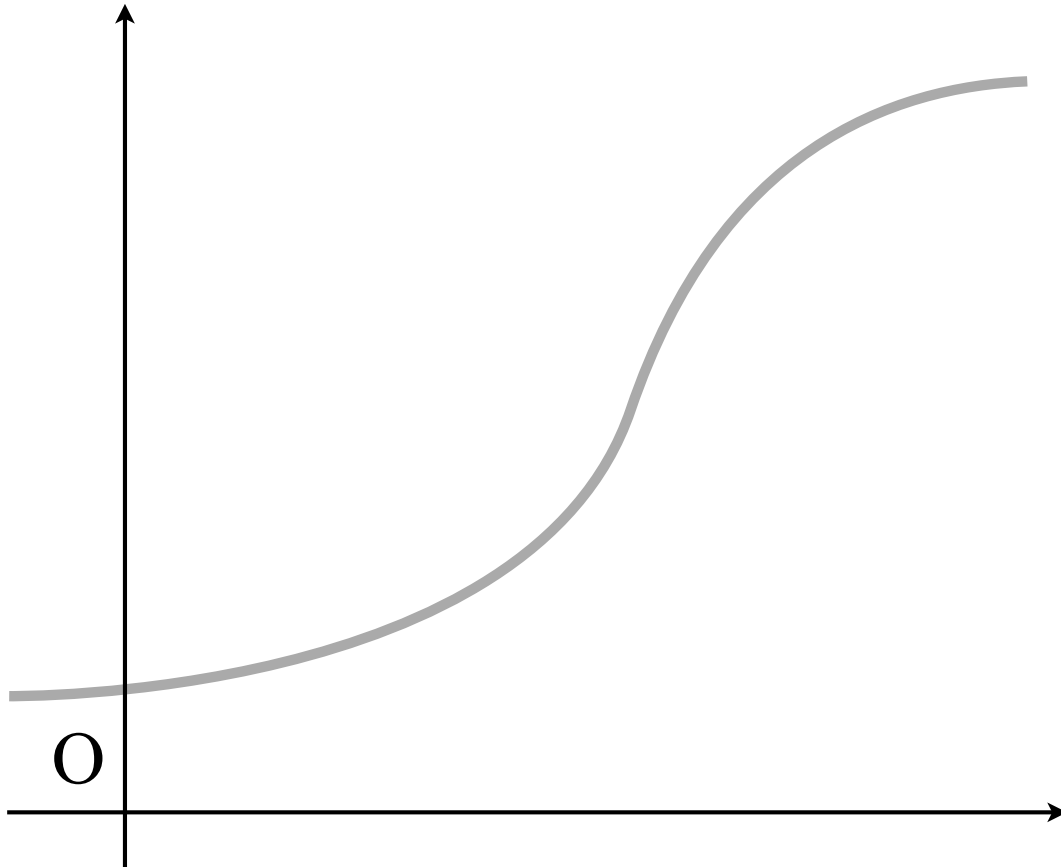
- $\Delta t \rightarrow 0$ で PP' は P における $x(t)$ の接線
- 瞬間速度は $x(t)$ を微分して得られる導関数



時間の関数としての速度

18

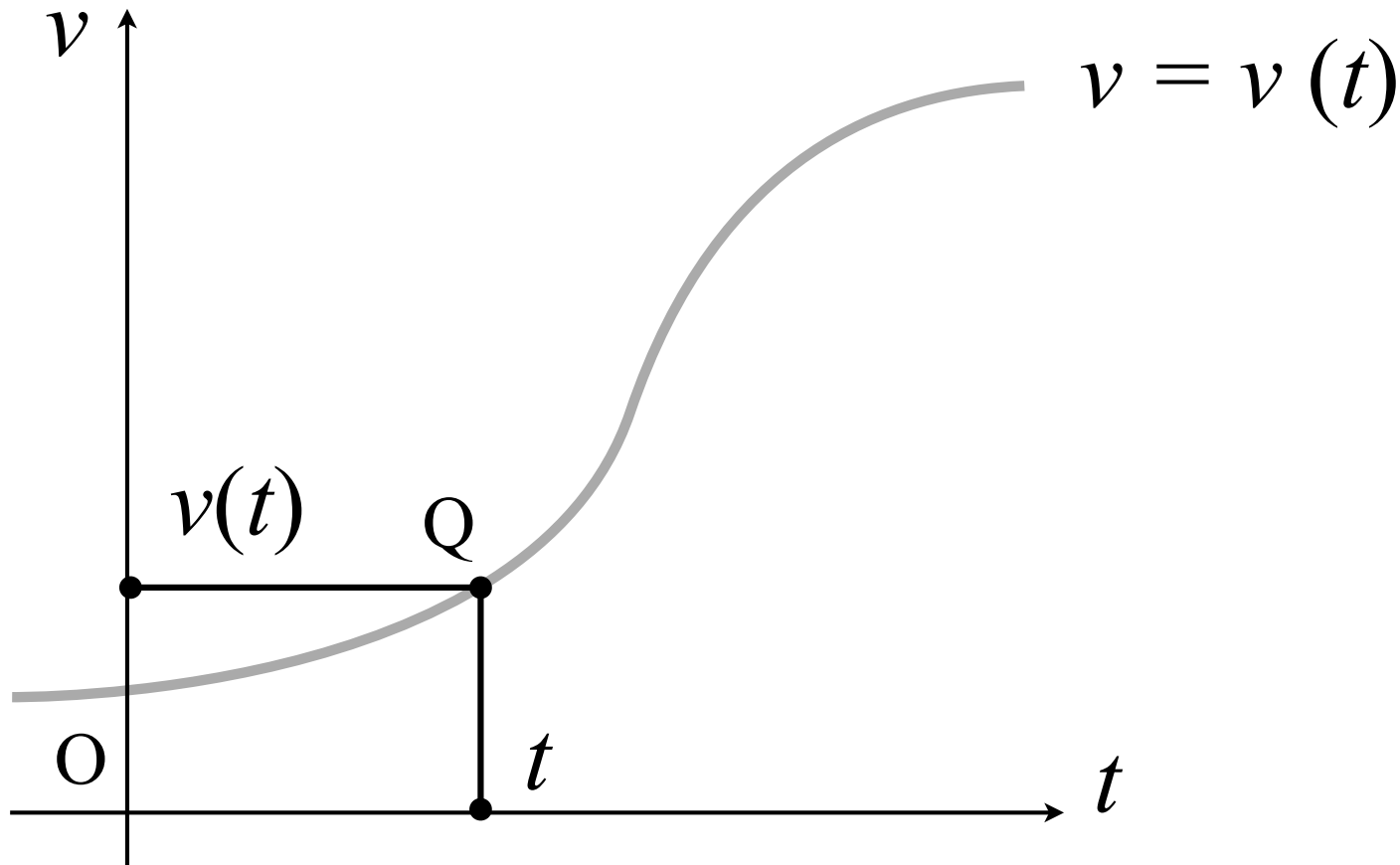
- 時間を指定したら, その時間における質点の速度が決まる



平均加速度なるもの

19

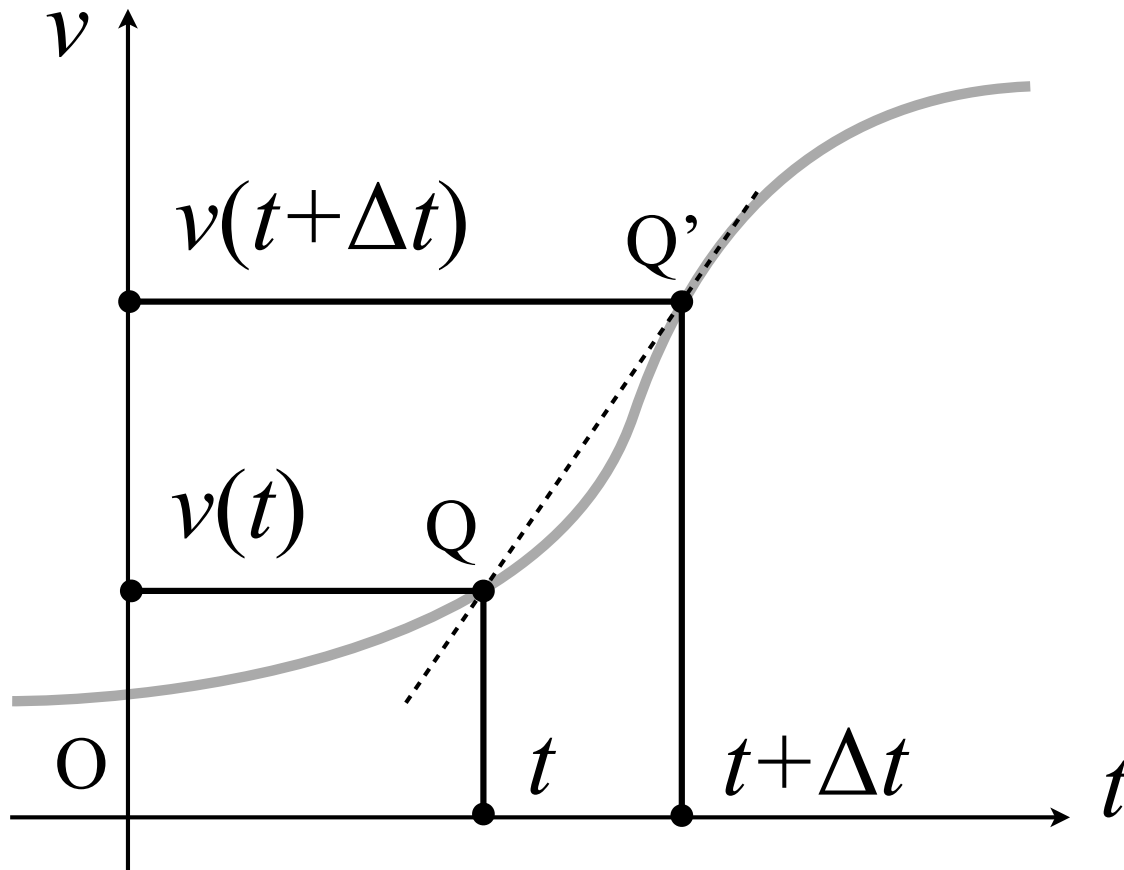
- ある時間 Δt の間の速度の変化 Δv を考える
- Δv を Δt で割ったものが平均加速度 $\bar{a}$



瞬間の加速度はどうなる？

20

- $\Delta t \rightarrow 0$ で QQ' は Q における $v(t)$ の接線
- 瞬間加速度は $v(t)$ を微分して得られる導関数



ちょっと確認

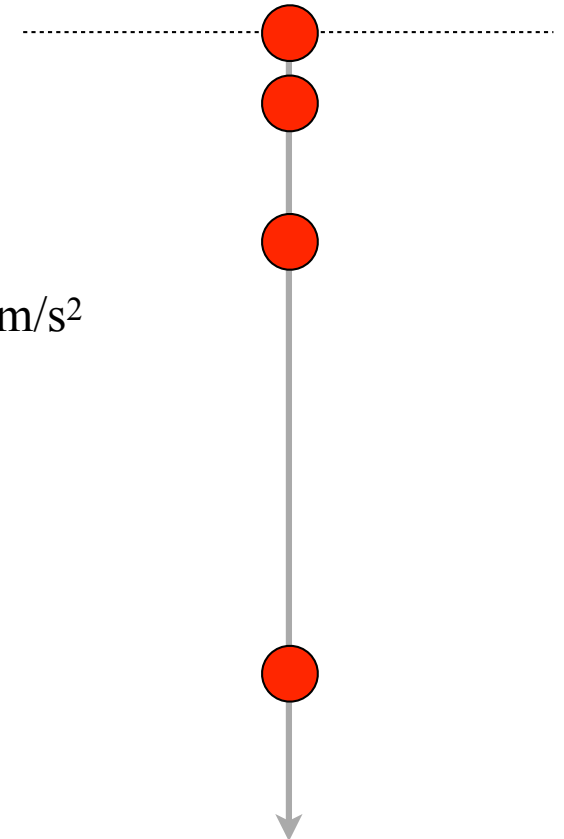
21

- 初速 0 で質点を落下させる（自由落下）とき
落下時間 t と落下距離 x の間には以下の関係

$$x(t) = \frac{1}{2}gt^2$$

g は重力加速度 $\sim 9.8 \text{ m/s}^2$

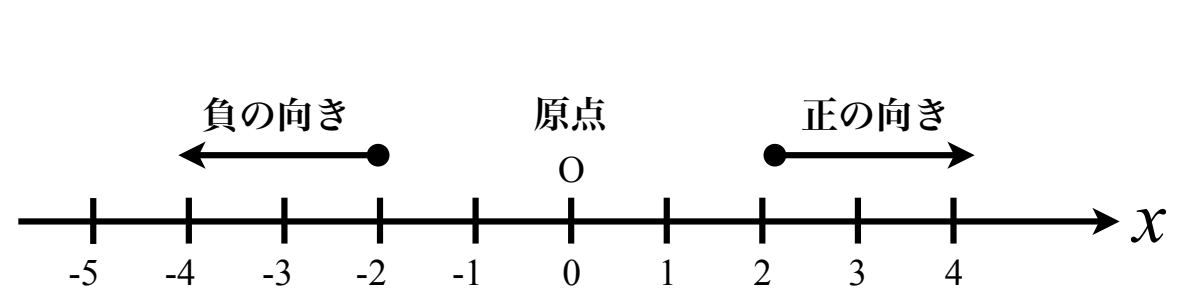
- 質点の速度 v と加速度 a は？



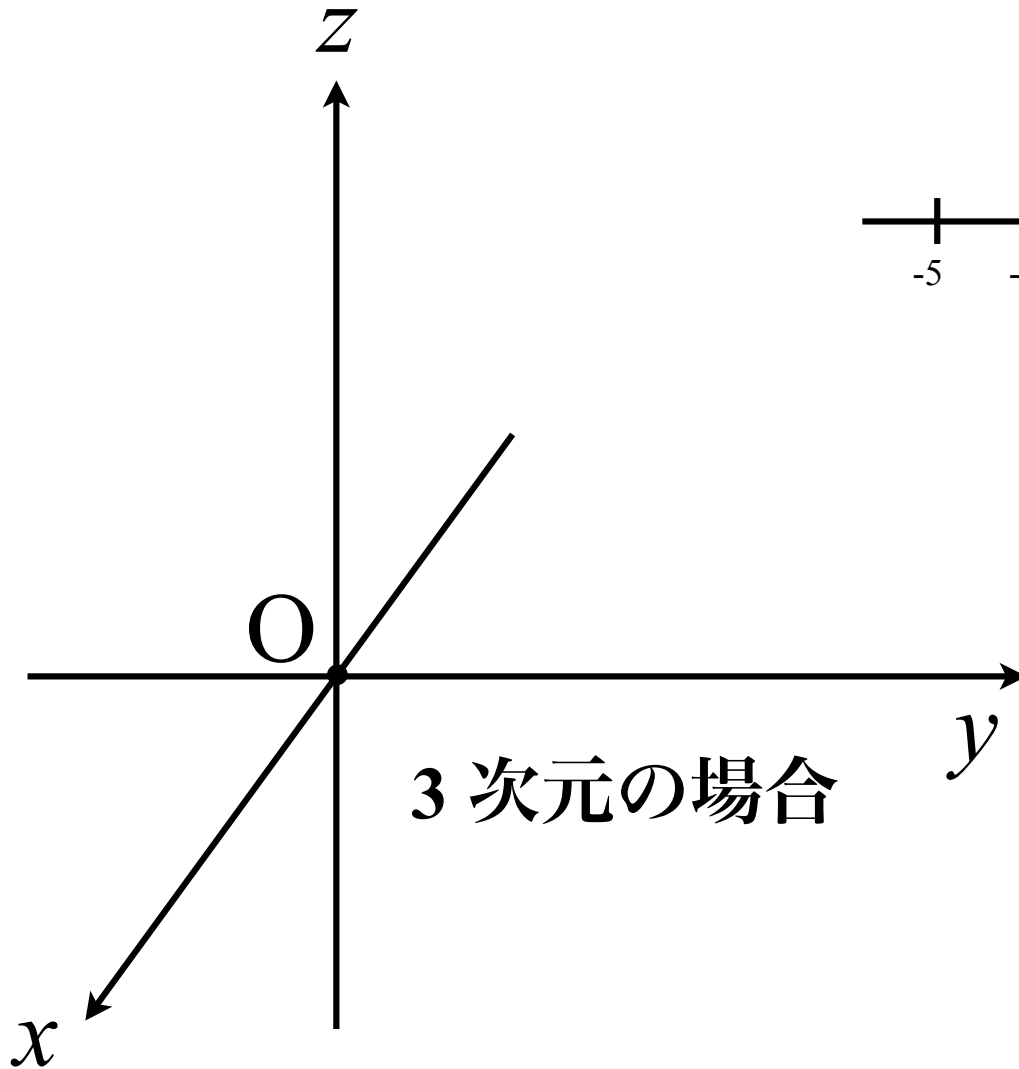
質点の多次元運動の表現

22

- 3次元空間を考える, 時計 t も当然考える



1次元の場合

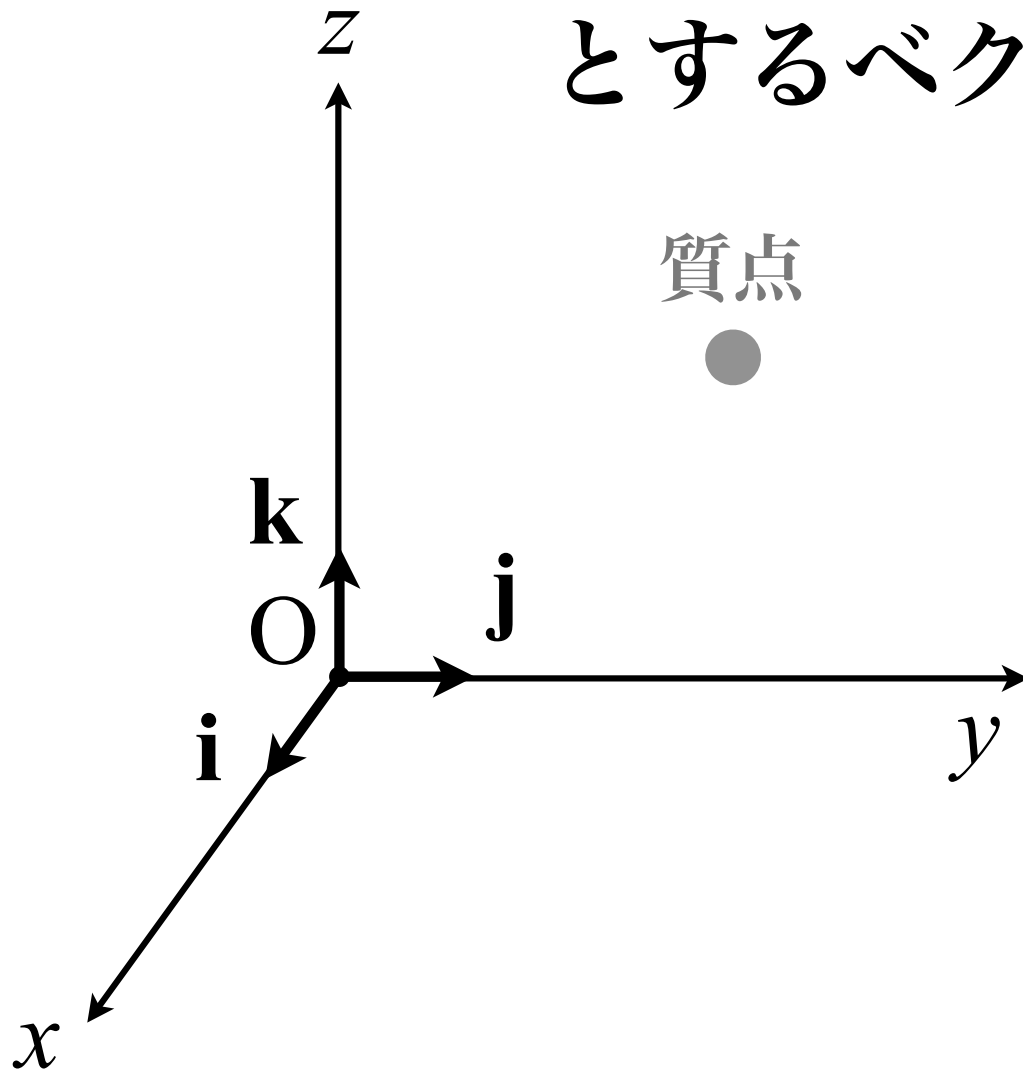


3次元の場合

位置ベクトルの導入

23

- 原点を始点, ある時刻 t の質点の位置を終点とするベクトル



- 1次元運動の速度: 位置座標の微分

$$v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t} = \frac{dx(t)}{dt}$$

- 3次元運動の場合, 速度はベクトル量
→ 速度ベクトル: 位置ベクトルの微分

$$\mathbf{v}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t)}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}(t)}{dt} = \left(\frac{dx(t)}{dt}, \frac{dy(t)}{dt}, \frac{dz(t)}{dt} \right)$$

加速度ベクトルの導出

25

- 1次元運動の加速度: 速度の微分

$$a(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t} = \frac{dv(t)}{dt}$$

- 3次元運動の場合, 加速度もベクトル量
→ 加速度ベクトル: 速度ベクトルの微分

$$\mathbf{a}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\mathbf{v}(t + \Delta t) - \mathbf{v}(t)}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}(t)}{dt} = \left(\frac{dv_x(t)}{dt}, \frac{dv_y(t)}{dt}, \frac{dv_z(t)}{dt} \right)$$

1a. 質点の時刻 t における位置ベクトルの x, y 成分が

$$x(t) = 1 + 2t - \frac{1}{2}t^2,$$

$$y(t) = \sqrt{3} + 2t - \frac{1}{\sqrt{2}}t^2$$

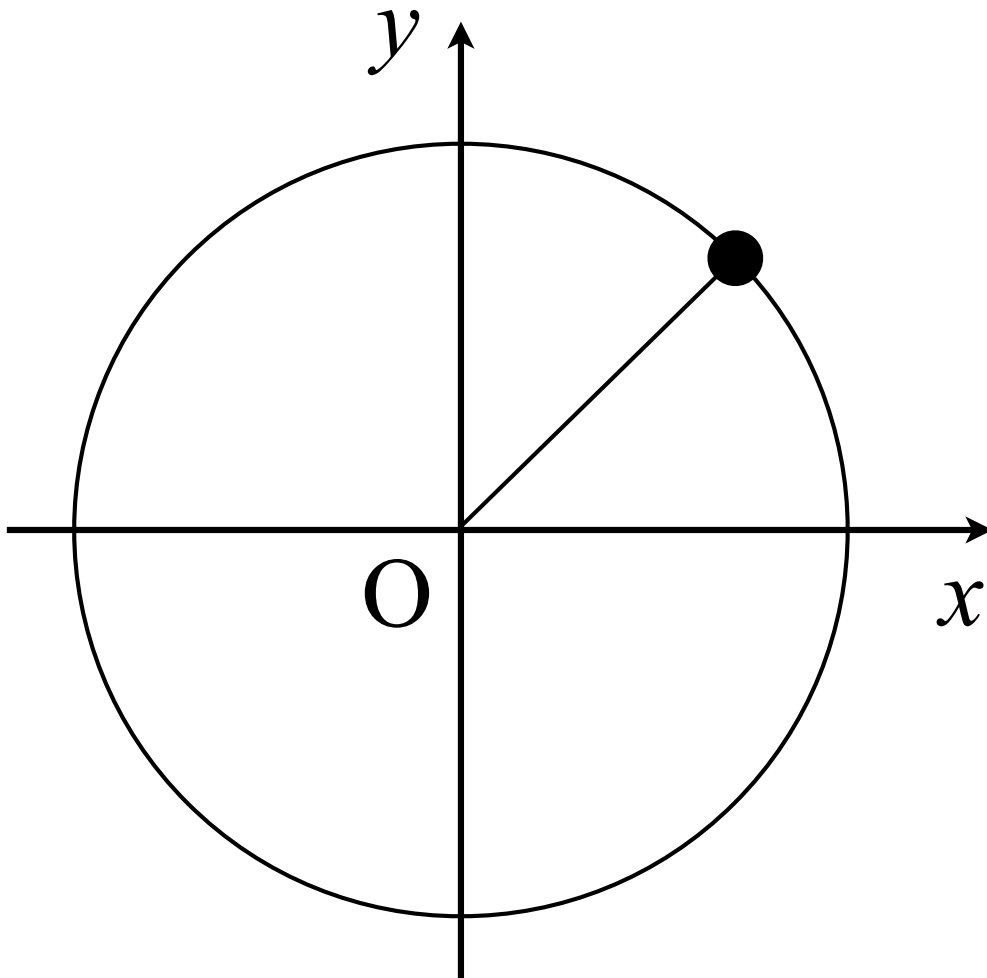
という関係を満たす時, 時刻 t での加速度 $\vec{a}(t)$ はどうなるか. x, y 軸の単位ベクトル $\vec{i}, \vec{j}$ を用いて表せ.

等速円運動

27

- 2次元空間で等速円運動する質点を考える.

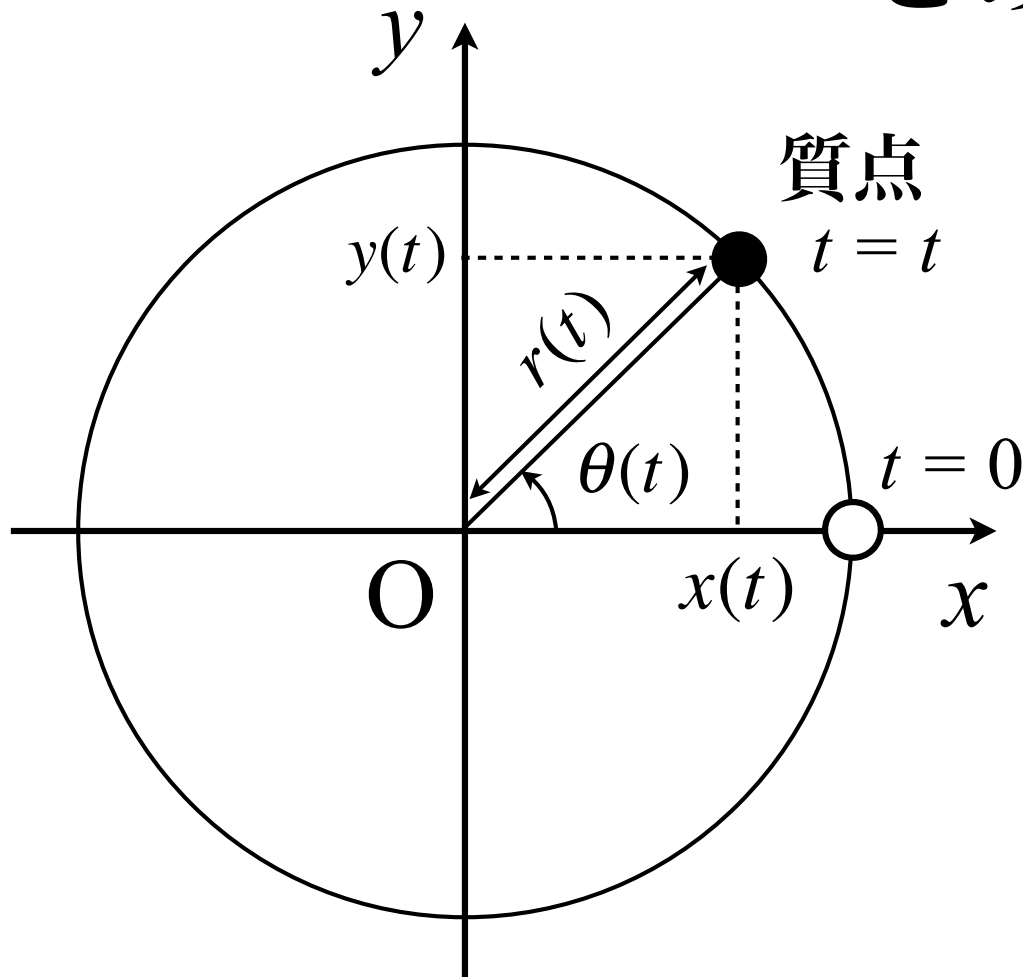
極座標が便利



等速円運動

28

- 等速なので, θ は一定のペースで増加する.
この増加の割合が角速度



等速円運動の速度を求める

29

- 速度ベクトルは, 位置ベクトルの微分で OK

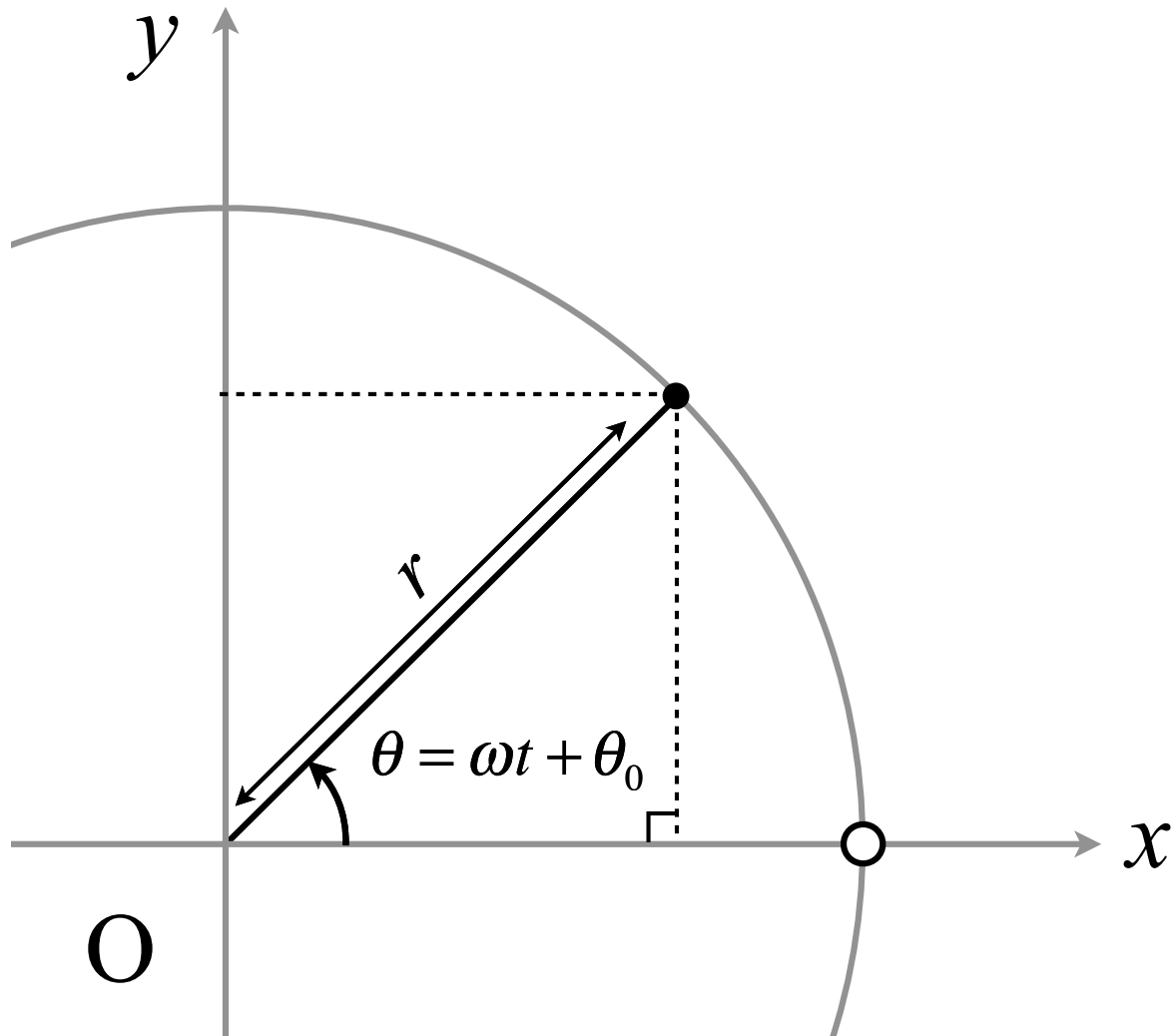
$$\begin{aligned}\mathbf{r}(t) &= [x(t), y(t)] \\ &= [r \cos(\omega t + \theta_0), r \sin(\omega t + \theta_0)]\end{aligned}$$

$$\mathbf{v}(t) = [v_x(t), v_y(t)] = \left[\frac{dx(t)}{dt}, \frac{dy(t)}{dt} \right]$$

速度の向きは？

30

- 速度ベクトルの向きを図で考える.



等速円運動の加速度を求める

③1

- 加速度ベクトルは, 速度ベクトルの微分

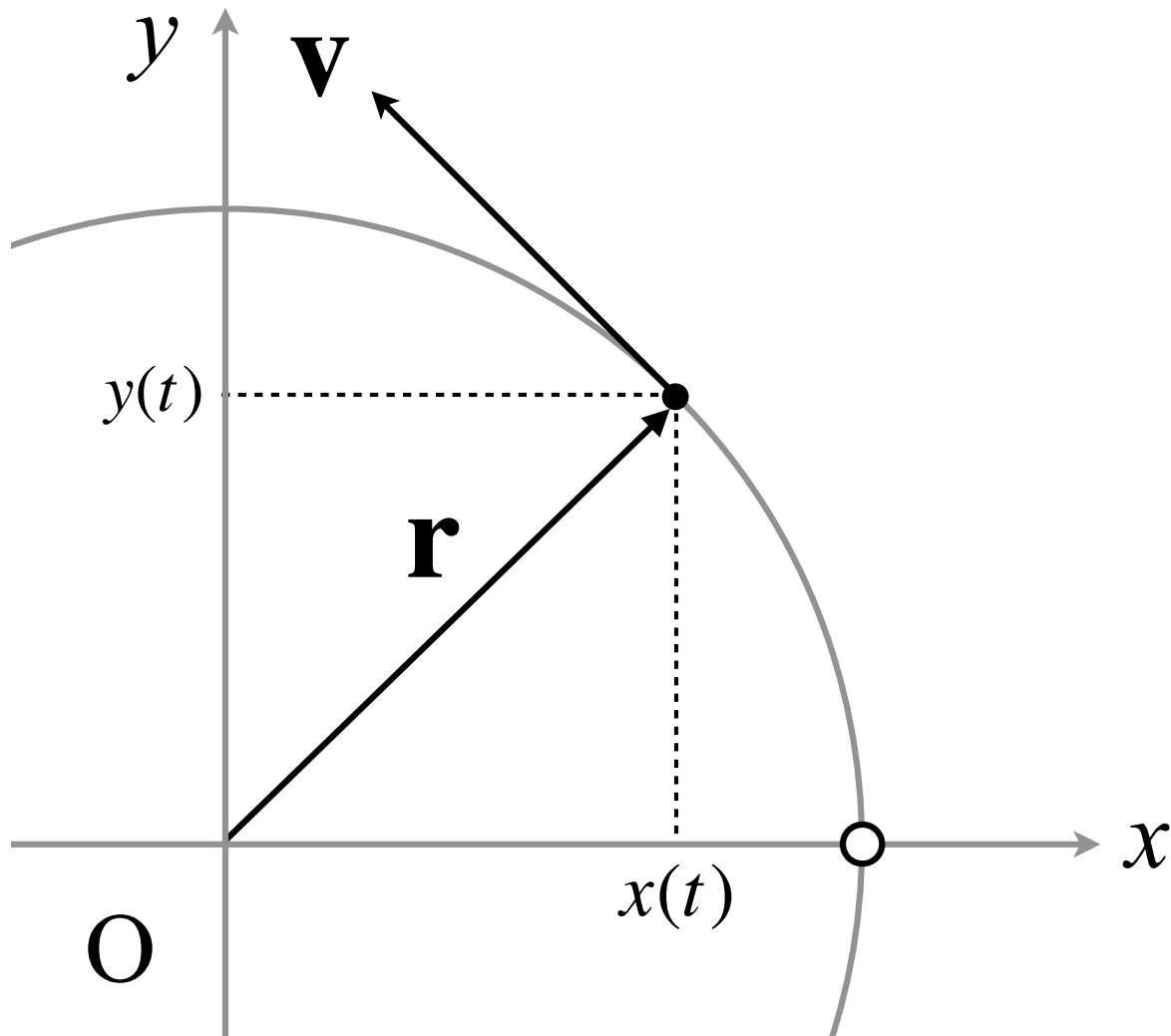
$$\begin{aligned}\mathbf{v}(t) &= [v_x(t), v_y(t)] \\ &= [-\omega r \sin(\omega t + \theta_0), \omega r \cos(\omega t + \theta_0)]\end{aligned}$$

$$\mathbf{a}(t) = [a_x(t), a_y(t)] = \left[\frac{dv_x(t)}{dt}, \frac{dv_y(t)}{dt} \right]$$

加速度の向きは？

32

- 加速度ベクトルの向きを図で考える.



角速度 ω の意味って？

33

- ω は単位時間あたりの回転角
- 一回転すると回転角は 2π ($= 360^\circ$)
- 単位時間あたりの回転数が周波数 f
- 周期 T は, 一回転するのにかかる時間

次回講義までにやること

34

次回講義までにやること

1. 演習書の問題をやる (1-9 ページ)
2. WebClass による復習 (第 1 回, 第 2 回)