

# 物体の運動とベクトルの関係

香川大学創造工学部  
石原 秀則

## 本日の内容

1. 物体の運動  
物体の運動／物体の速度／物体にかかる力
2. 物体の動きの表現方法
3. ベクトル  
ベクトルの成分の独立性（線形独立）
4. ベクトルによる力の表記  
ベクトルによる力の表記／ベクトルによる力の解析／ベクトルによる力の成分／ベクトルによる複数の力の解析／ベクトルによる力のつり合いの解析
5. 実験  
実験I（ボールを動かす力）／実験II（ボールを固定する力）
6. まとめ

## 物体の運動

物体が動くということは、どういうことでしょうか？

物体が動いているとき、物体は速度を持っています。

物体の動きが変化するときには、物体に力が働きます。逆に、力が加わらないときは、動きは変化しません。

物体に働いた力が、加速度として作用します

ニュートンの第1法則

$$F = Ma$$

$F$  : 力 [N]

$a$  : 加速度 [ $\text{m/s}^2$ ]

$M$  : 質量 [kg]

## 物体の速度

速度は、物体の運動の状態を表しています。

運動している物体に力が加わらない限り、状態は維持されます。

- 動いているものは、動き続ける。
- 止まっているものは、止まり続ける。

速度とは、動いている方向とその大きさで決まります。

速度の変化とは、

- 速度の方向
- 速度の大きさ

の、どちらか、または、双方が変化することです。

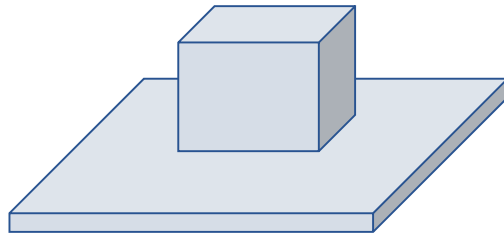
## 物体にかかる力

物体に加わっている力が、0またはつり合いがとれている状態において、物体の状態は変化しない。

物体に加わっている力が0でないとき、その力の方向に加速度が生まれる。

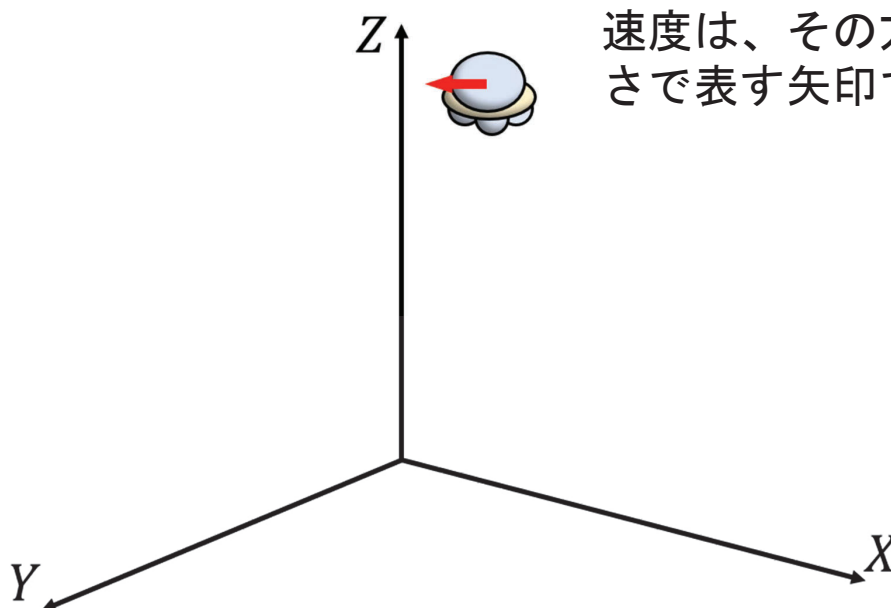
### クイズ1

机の上に置かれた物体が、静止している。  
このとき、机の上の物体に加わっている力は？



## 物体の動きの表現方法

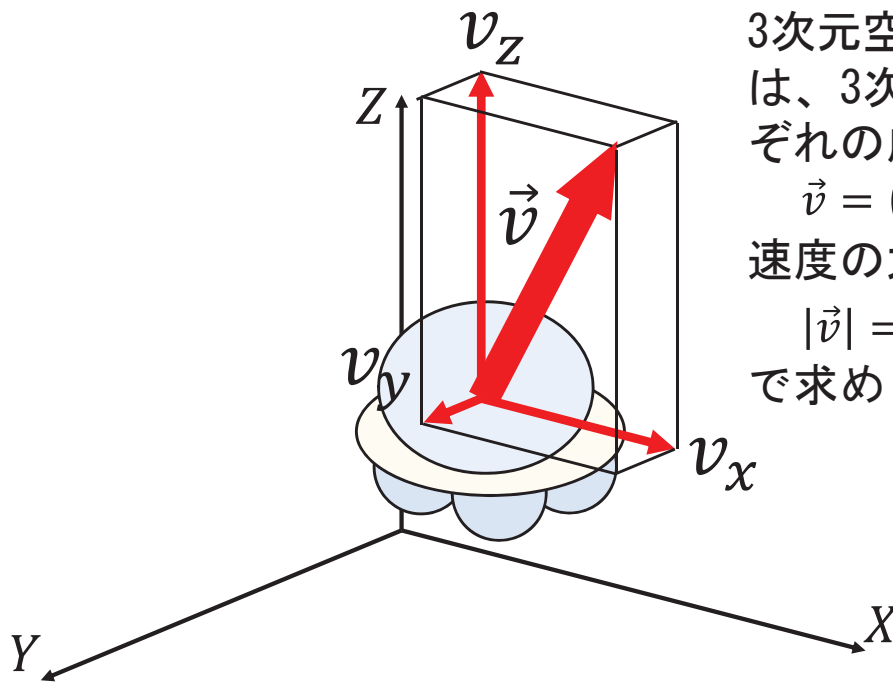
物体の動きは、3次元空間で、動きの方向（速度）で表されます。



速度は、その方向と速さを長さで表す矢印で表されます。

# ベクトル

空間における方向と大きさを表すものをベクトルと言います。



3次元空間においてベクトルは、3次元を構成する、それぞれの成分で表示されます。

$$\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$$

速度の大きさ $|\vec{v}|$ は、

$$|\vec{v}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

で求められます。

## ベクトルの成分の独立性（線形独立）

ベクトルを考える上で、重要であるのが、ベクトルを構成する成分が、互いに独立であることです。

### 変数の独立性（線形独立）

空間を構成している変数が、互いに影響を与えないとき、それらの変数が独立しているという。

### 線形独立の定義

変数 $x$ 、 $y$ 、 $z$ において、

$$ax + by + cz = 0$$

が、 $a = b = c = 0$ の場合においてのみ、成立するとき、変数 $x$ 、 $y$ 、 $z$ は独立である。

ベクトルを構成している成分が、互いに独立しているとき、成分毎に計算しても、ベクトルそのものに挙動には、影響がない。

## ベクトルによる力の表記

力も、同様にベクトルで表します。

物体に力がかかるとき、

- 力のかかる位置
- 力の方向
- 力の大きさ

の3つが重要となります。

平面の上にボールが置かれています。  
ボールを3点で押したときに、ボールが動かないようにするには、どのように支えれば良いですか？



クイズ2

## ベクトルによる力の解析

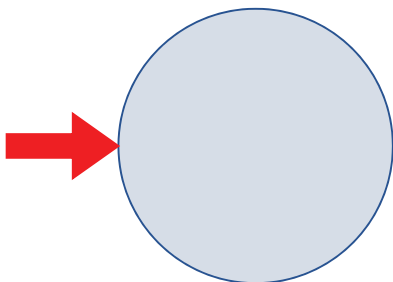
最も、安定して移動しないとき、その物体には、

- ・力が働いていない
- ・力は働いているが、釣り合っている。

のどちらかの状態になります。

物体に力が働いているとき、その力をベクトルで表します。

ボールを押すときの力を考えます。



ボールを押す力が、働いているとき、その押している点に対して、押している方向に、押している力をベクトルとして表記します。

## ベクトルによる力の解析

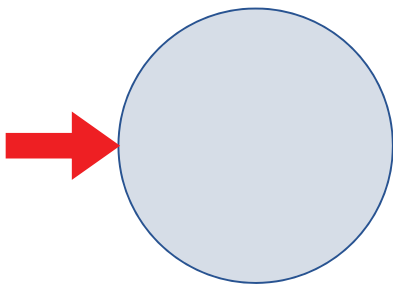
最も、安定して移動しないとき、その物体には、

- ・力が働いていない
- ・力は働いているが、釣り合っている。

のどちらかの状態になります。

物体に力が働いているとき、その力をベクトルで表します。

ボールを押すときの力を考えます。

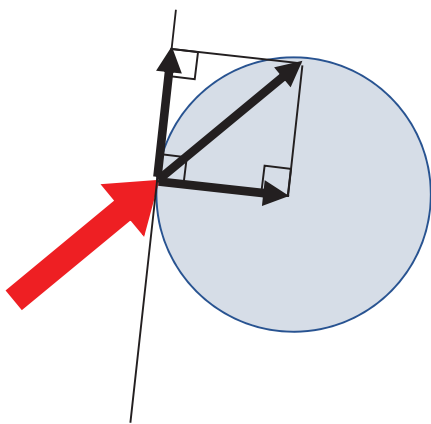


ボールを押す力が、働いているとき、その押している点に対して、押している方向に、押している力をベクトルとして表記します。

- |         |   |       |
|---------|---|-------|
| ベクトルの方向 | — | 力の方向  |
| ベクトルの長さ | — | 力の大きさ |

## ベクトルによる力の成分

ボールに力が加わっているとき、ボールの方向が、ボールの中心からずれている場合、どうなるでしょうか？

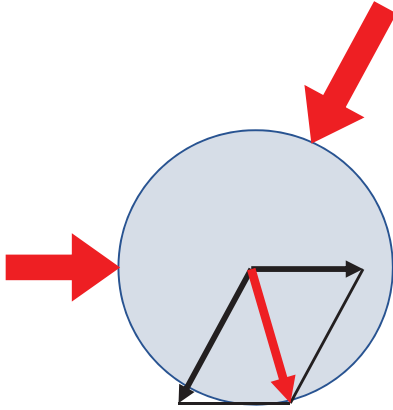


- ①ボールに加わっている力をベクトルで表します。
- ②ボールの力がかかっているところ（接点）から、ボールの中心に線を引きます。
- ③接点を通る接線を引きます。
- ④ベクトルの先端から、中心線と接線に、法線（垂直な線）を引きます。
- ⑤中心と接線に対するそれぞれの法線との交点から、中心方向の力と接線方向の力が求められます。

## ベクトルによる複数の力の解析

複数の力が働いたとき、どうなるのでしょうか？

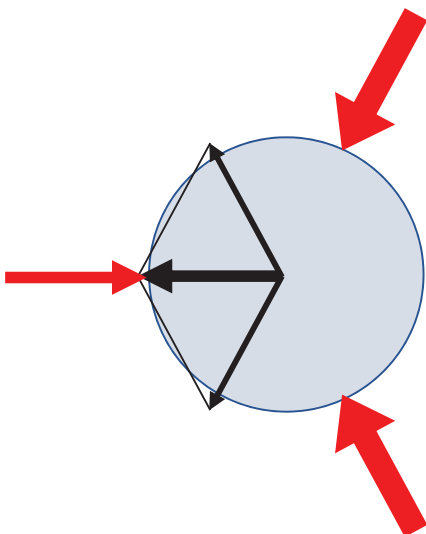
ボールに加わっているすべての力をベクトルとして、表し、そのベクトルを合成したベクトルが、ボールに働く力となります。



- ①ボールに加わっている力をベクトルで表します。
- ②ボールの中心に、そのベクトルで表された力がかかっているとして、ベクトルを表します。
- ③そのベクトルを合成したベクトルが、ボールに働いている力になります。

## ベクトルによる力のつり合いの解析

複数の力が働いていても、ボールが動かないときに、力はどのように働いているのでしょうか？



ボールに二つの力が働いています。二つの力を合成すると、左向きに動く力になります。

動かないようにするためには、どのように力を加えれば良いのでしょうか？  
二つの力の合成で生まれた、左向きの力を打ち消すように、逆向きで同じ大きさの力を加えれば、動かなくなります。

## 実験I (ボールを動かす力)

### 実験の目的

ボールの挙動に、ボールに加えた力が、どのように影響を与えるのかを調べる。

### (実験1) ボールを動かす力

### 実験の方法

- ①水平な机の上に、方眼紙を敷きます。
- ②ボールを方眼紙の線に沿って動くように、押してみます。
  - 2-1 1点で押す場合
  - 2-2 2点で押す場合

## 実験II (ボールを固定する力)

### 実験の目的

ボールの挙動に、ボールに加えた力が、どのように影響を与えるのかを調べる。

### (実験2) ボールを固定する力

### 実験の方法

- ①水平な机の上に、方眼紙を敷きます。
  - ②ボールを方眼紙の上で、動かないようにするためには、どのように押さえれば良いか調べます。
    - 2-1 2点で押す場合
    - 2-2 3点で押す場合
  - ③ボールが動かなくなった場合に、押している方向に線を引きま
- す。



## まとめ

ベクトルは、力だけでなく、速度や場など、方向と大きさを持つ者であれば、どんなものでも、表す事ができます。

ベクトルを理解することは、物理現象を理解する上で、重要な役割を持っています。

ベクトルを理解する上で、数学的には、数式的な理解が必要ですが、まずは、図式的に理解をすることが、鍵になります。

## (おまけ) ロボット挙動のベクトル表記

ロボットが移動する時に、障害物をどのように回避するのかな？

