

# 電位・電流のする仕事

情報物理学A

No. 2

# 電位

記号  $V$  単位  $V$ (ボルト) スカラー量

その位置の電氣的な「山」や「谷」の高さを表す

⇒ 電場との関係

⇒ 電氣的な仕事

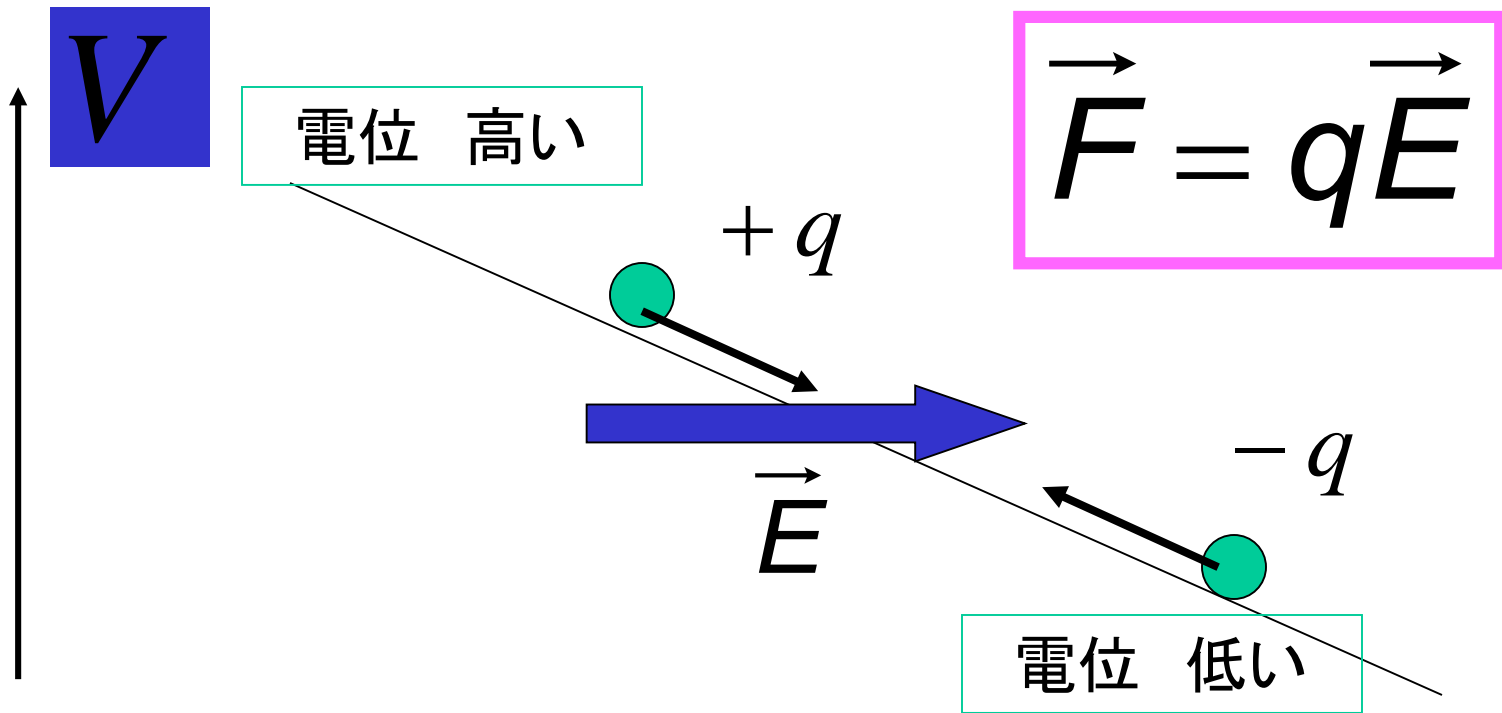
電位差 = 2つの点の電位の差

$$V = V_B - V_A$$

電位：定数だけの任意性あり ⇒ 基準点は任意  
(例：アースを  $V=0$  とする)

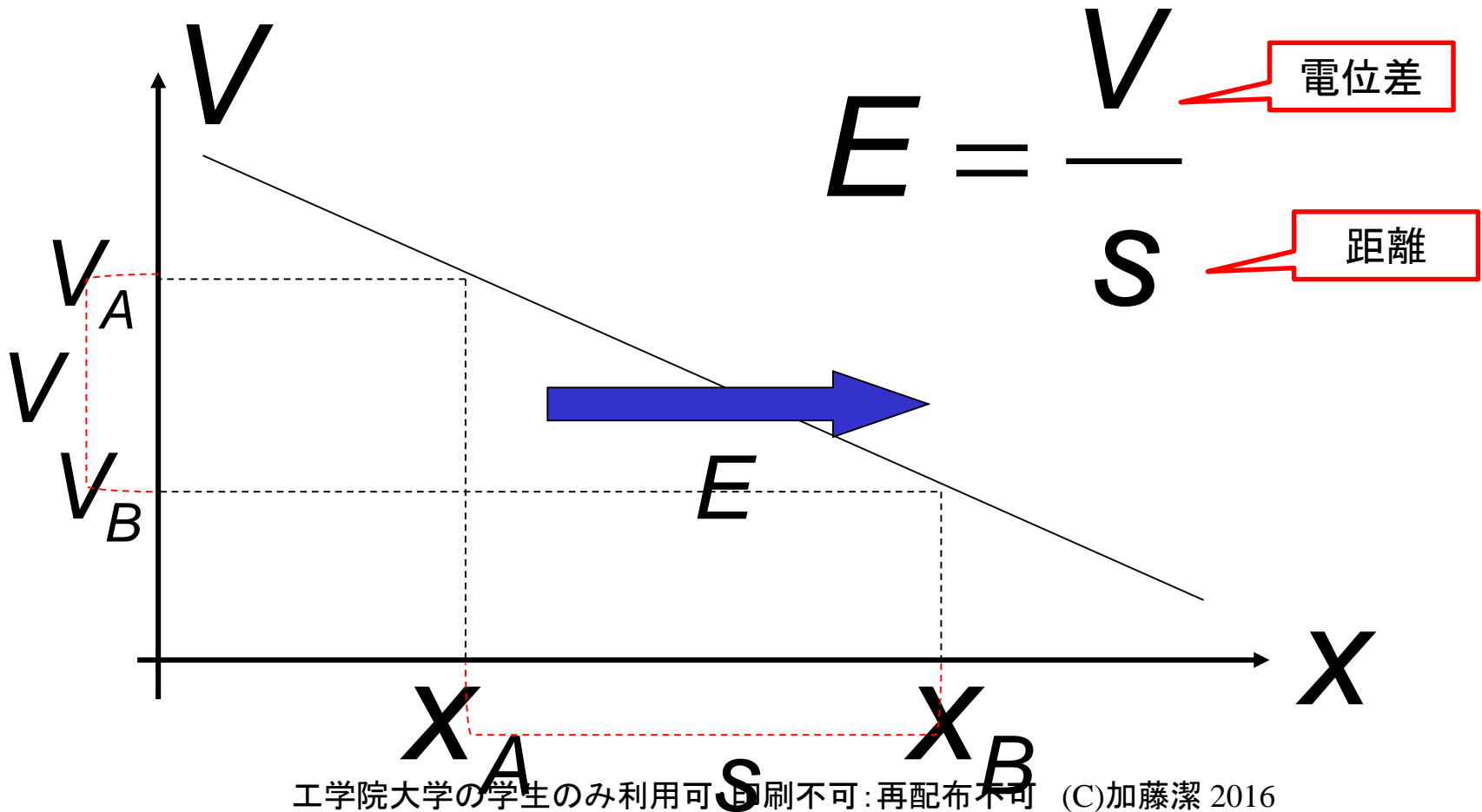
電位差：任意性はない

# 電位



電位のイメージ ... 電気的な「山や谷」の高さ

# 一様な電場の電位



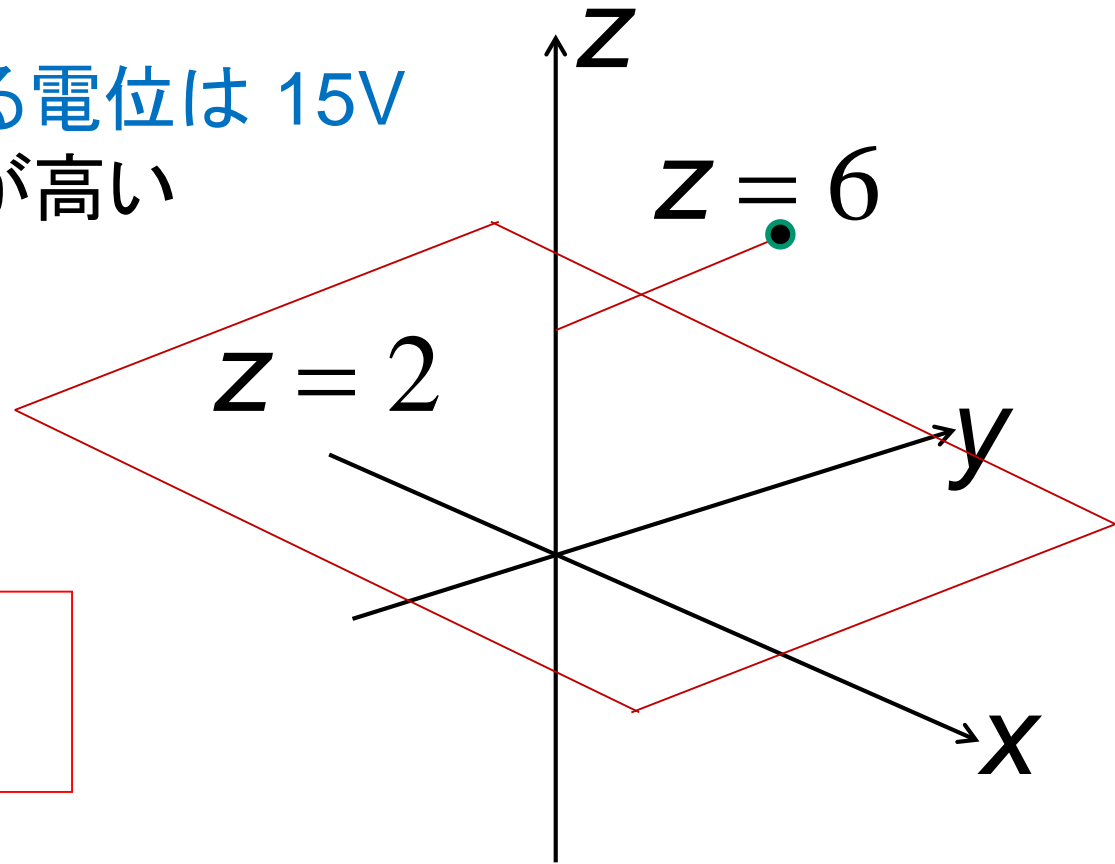
# 練習－1

空間に一様な電場がある。点 $(2,0,2)$ ,  $(3,5,2)$ ,  $(-1,2,2)$  における電位は  $3\text{V}$ , 点 $(0,3,6)$  における電位は  $15\text{V}$  である。

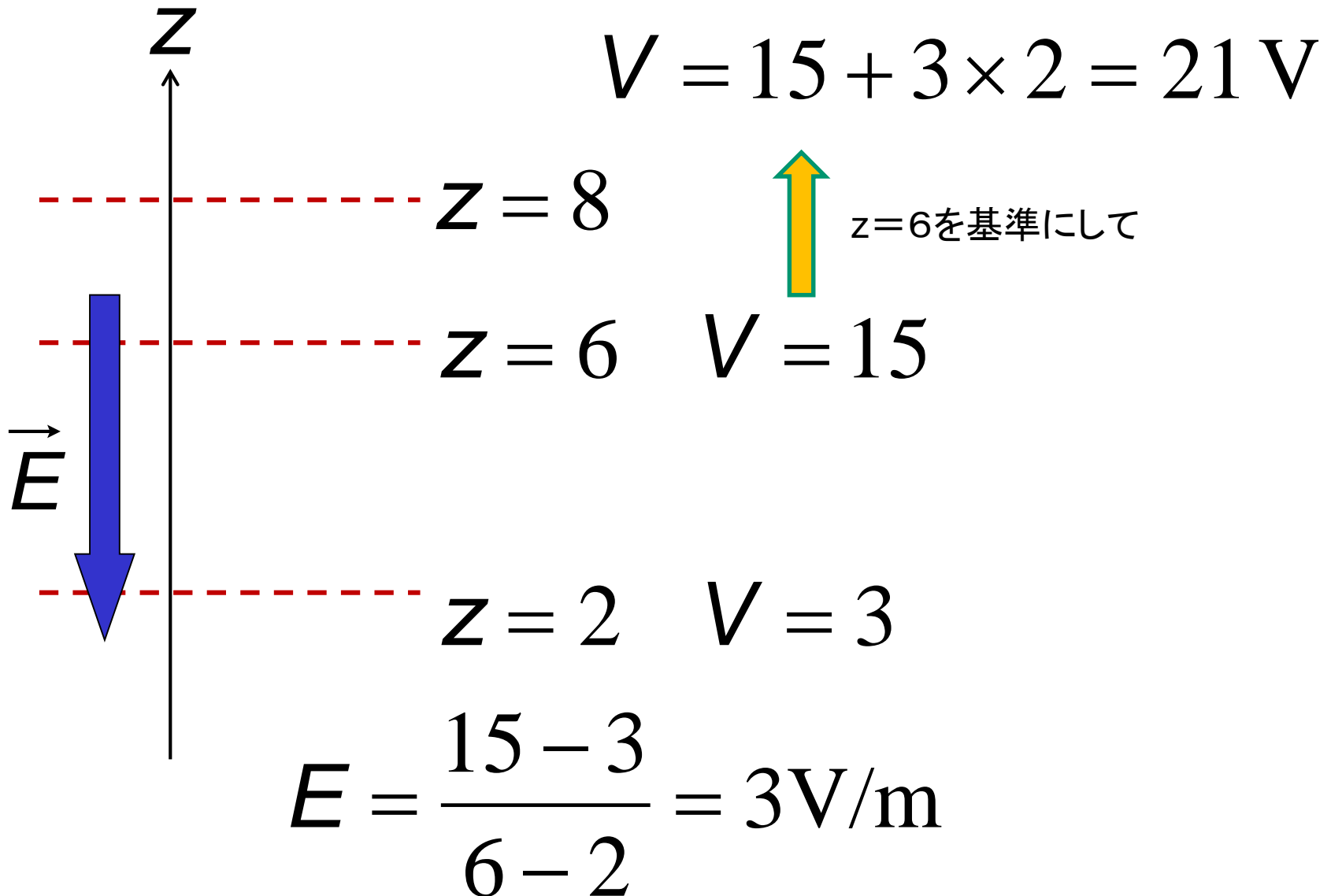
- (1) 電場の方向と強さを答えよ。
- (2) 点  $(2,0,8)$  における電位を答えよ。

点 $(2,0,2)$ ,  $(3,5,2)$ ,  $(-1,2,2)$  における電位は  $3V$   
⇒ 3点で同じ電位 ⇒ その3点で定義される面が  
等電位面

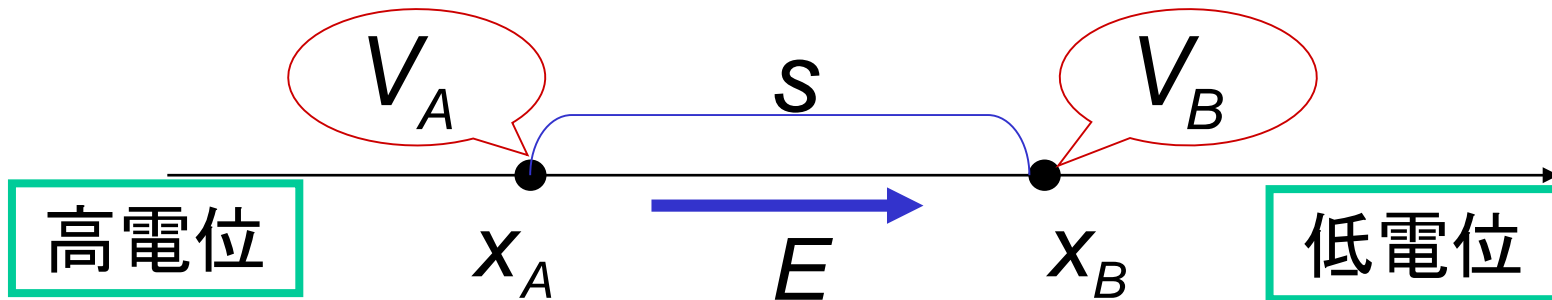
点 $(0,3,6)$  における電位は  $15V$   
 $z=6$  の点が電位が高い



⇒ 電場の方向は  
z 軸の負の方向



# 一般の場合の電場と電位の関係



$$(V_A - V_B) = Es$$

$$-(V(x_B) - V(x_A)) = E(x_B - x_A)$$

$$-\frac{V(x_B) - V(x_A)}{x_B - x_A} = E \quad \xrightarrow{\text{一般化}} \quad -\frac{dV}{dx} = E$$

$$\xrightarrow{\quad} \quad V = -\int E dx$$

工学院大学の学生のみ利用可:印刷不可:再配布不可 (C)加藤潔 2016



# 電位

力学 ポテンシャルエネルギー  $\Leftrightarrow$  力 (保存力)



電位



電場

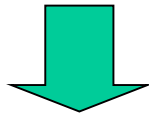
1次元  $V = -\int E dx$

電位：定数の不定性あり。「電位差」は一意的。

# 電場と電位：微分形

$$-\frac{dV}{dx} = E$$

3次元

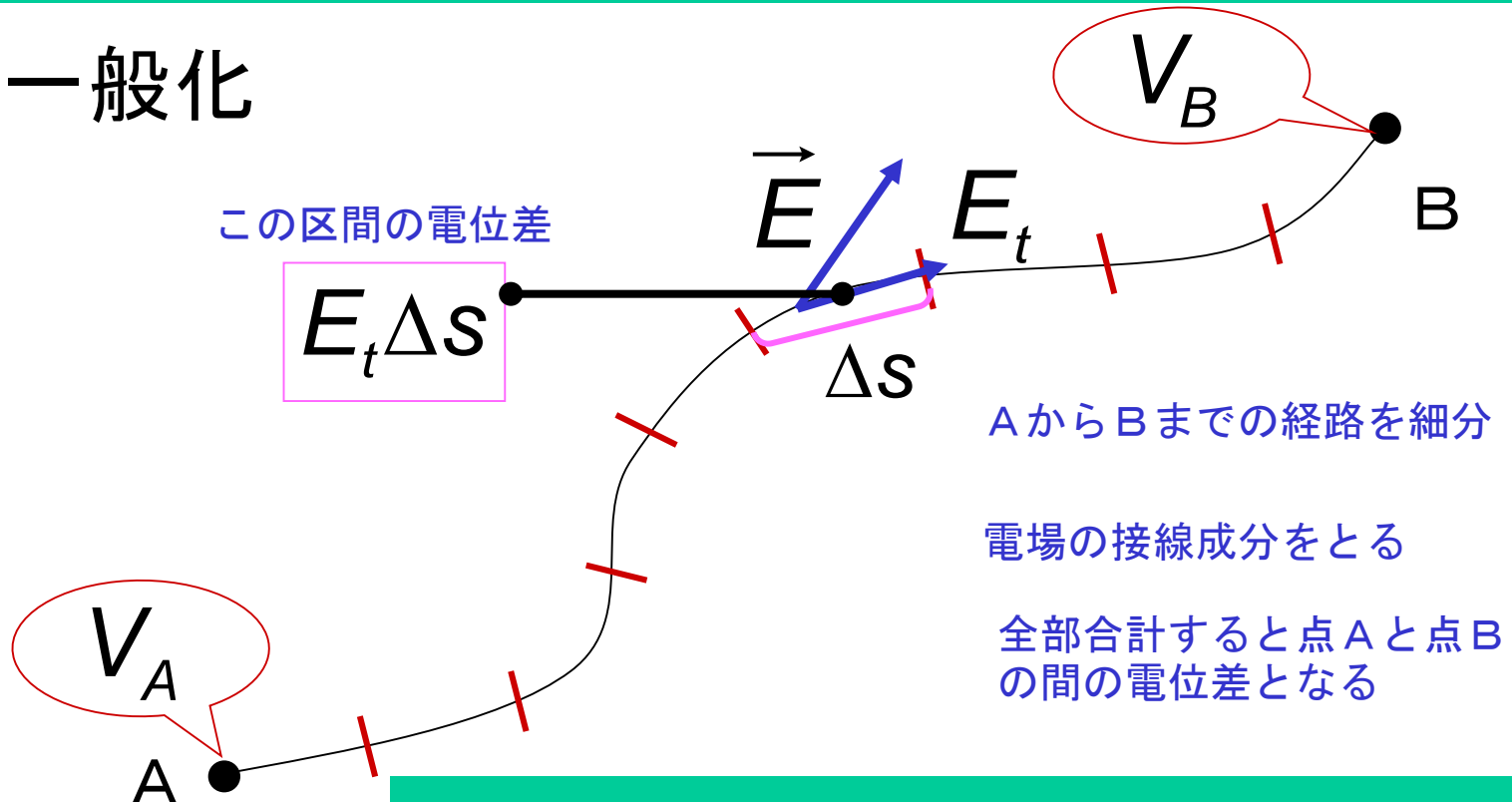


$$\vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}, \frac{\partial V}{\partial y}, \frac{\partial V}{\partial z}\right)$$

あるいは  $\vec{E} = -\text{grad } V$     grad は gradient (勾配) という数学  
(ベクトル解析) の記号

# 電場と電位：積分形

一般化



$$-(V_B - V_A) = \sum E_t \Delta S$$

# 導体

- 導体(金属など)では内部の静電場は0
- 導体では, 全体にわたって電位が一定

$$E = 0 \quad \Leftrightarrow \quad V \text{は定数}$$

# 点電荷の電位

## 点電荷の電場(復習)

$$E = \frac{kq}{r^2}$$



$$V = -\int E dr$$



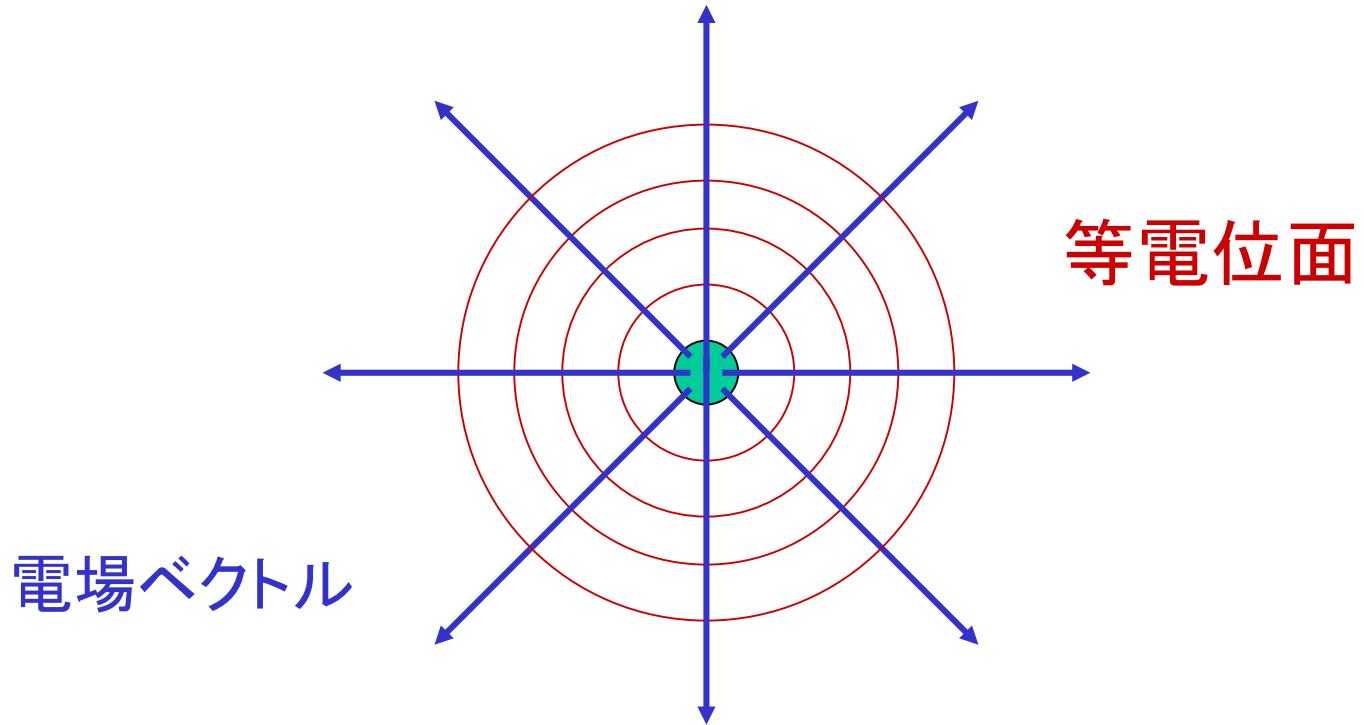
$$V = \frac{kq}{r}$$

積分定数の不定性あり  
無限遠方で $V=0$ とした

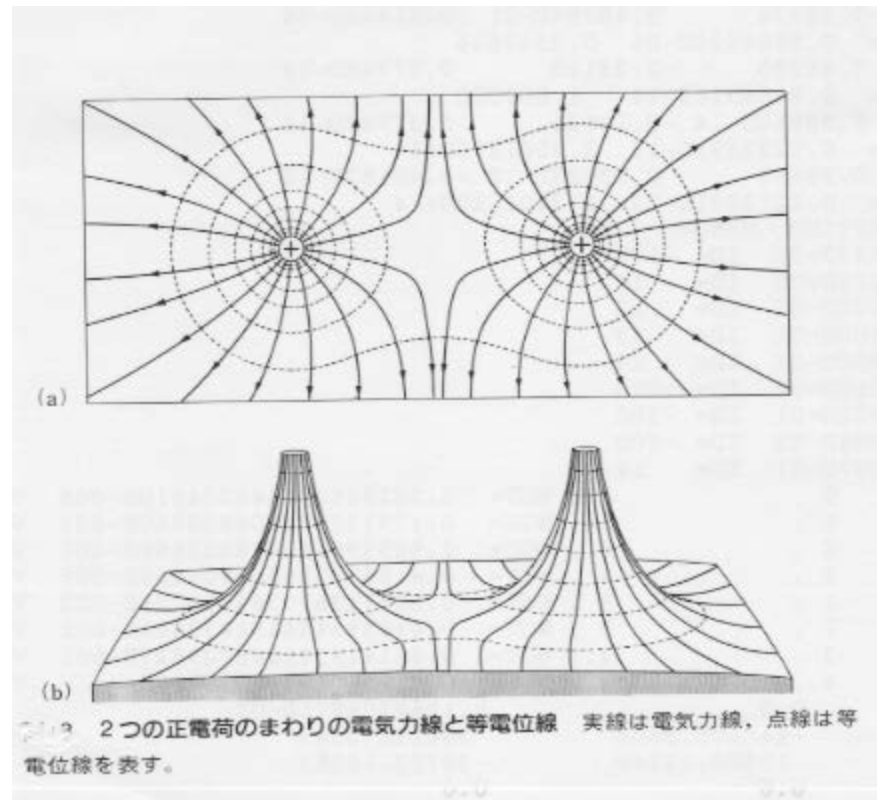
# 点電荷の電位

無限遠方で $V=0$ とした

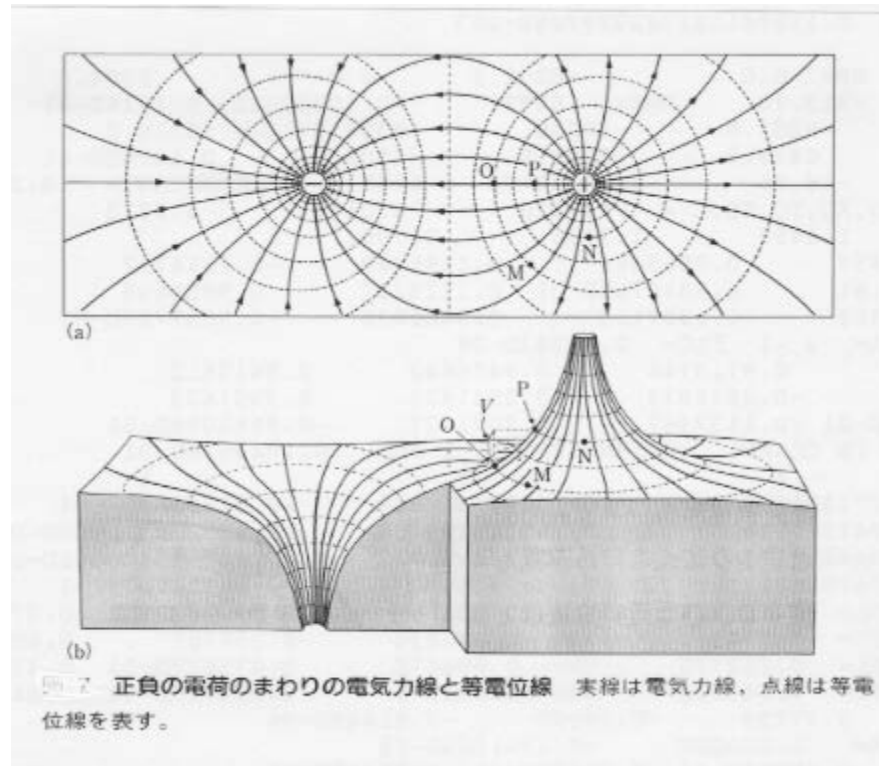
$$V = k \frac{q}{r} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$



# 点電荷の電位

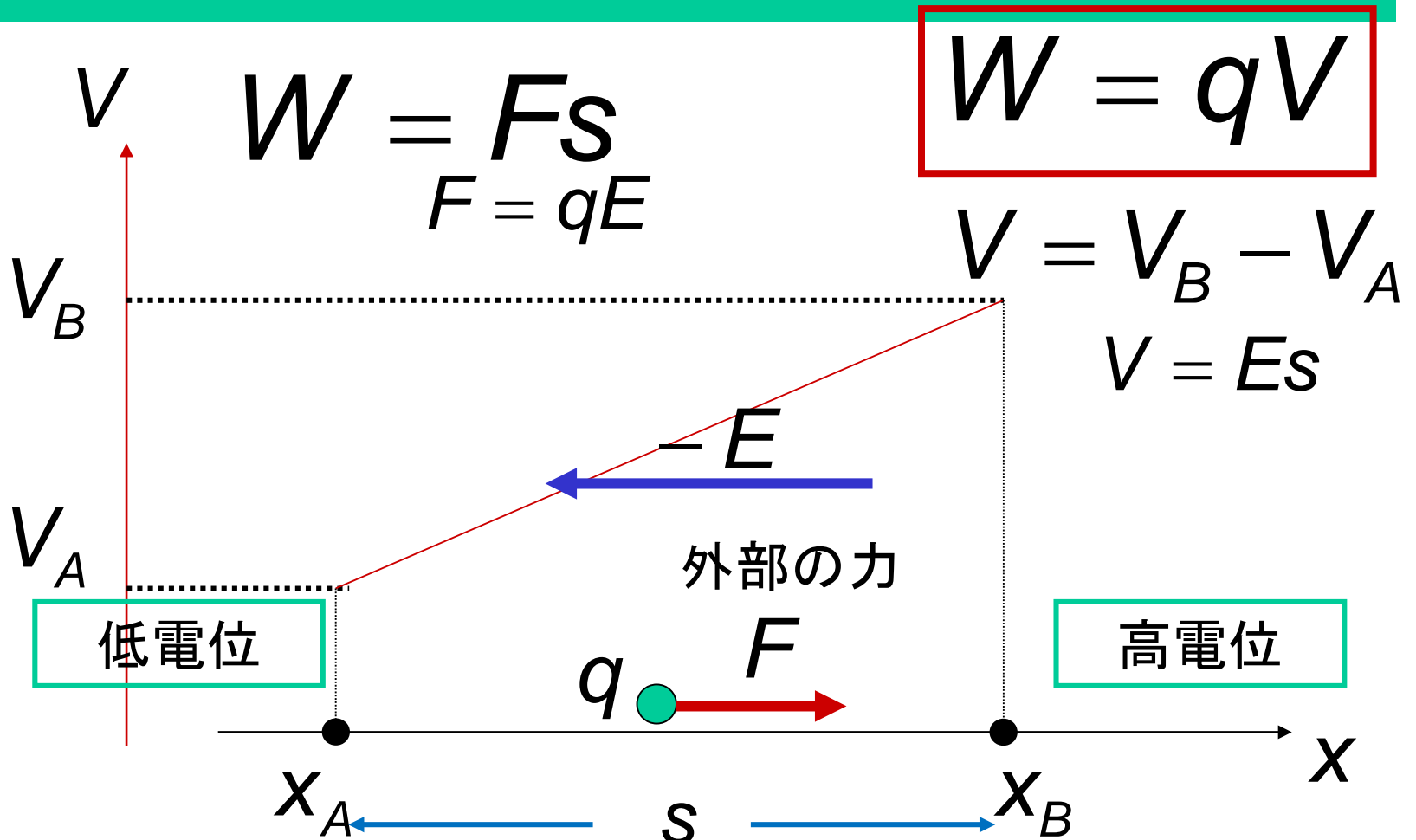


# 点電荷の電位





# 電荷を動かすときの仕事



# 練習－2

例題(1)の電場のある空間で点(0,0,4)に、質量が3mg、電荷が $2\ \mu\text{C}$ の荷電粒子を静かに置いた。この荷電粒子が原点(0,0,0)を通るときの速さを求めよ。



$$m = 3\text{mg} \quad q = 2 \mu\text{C}$$

電場による仕事

$$z = 4$$

$$E = 3\text{V/m}$$

$$z = 0$$

$$W = qV$$

$$= (2 \times 10^{-6}) \times (3 \times 4)$$

$$= 24 \times 10^{-6} \text{ J}$$



これが荷電粒子の運動エネルギーとなる

$$W = \frac{1}{2} mv^2$$



$$24 \times 10^{-6} = \frac{1}{2} 3 \times 10^{-6} \times v^2$$

速さを  $v$  とする。

$$v^2 = 16 \quad \Rightarrow \quad v = 4 \text{ m/s}$$

# 電流

## 電荷の流れ

$t$  の間に、電荷  $q$  が移動

$$\text{電流 } I = \frac{q}{t} \quad \begin{array}{l} \text{単位 [A]} \\ \text{アンペア} \end{array}$$

# 電流の仕事率

$$P = \text{仕事率} = \frac{\text{仕事}}{\text{時間}}$$

単位 [W] ワット  
1秒間に何J仕事をするか

$t$  の間に、電荷  $q$  が電位差  $V$  だけ移動

$$P = \frac{qV}{t}$$

電流  $I = \frac{q}{t}$

(電力)

$$P = VI$$

