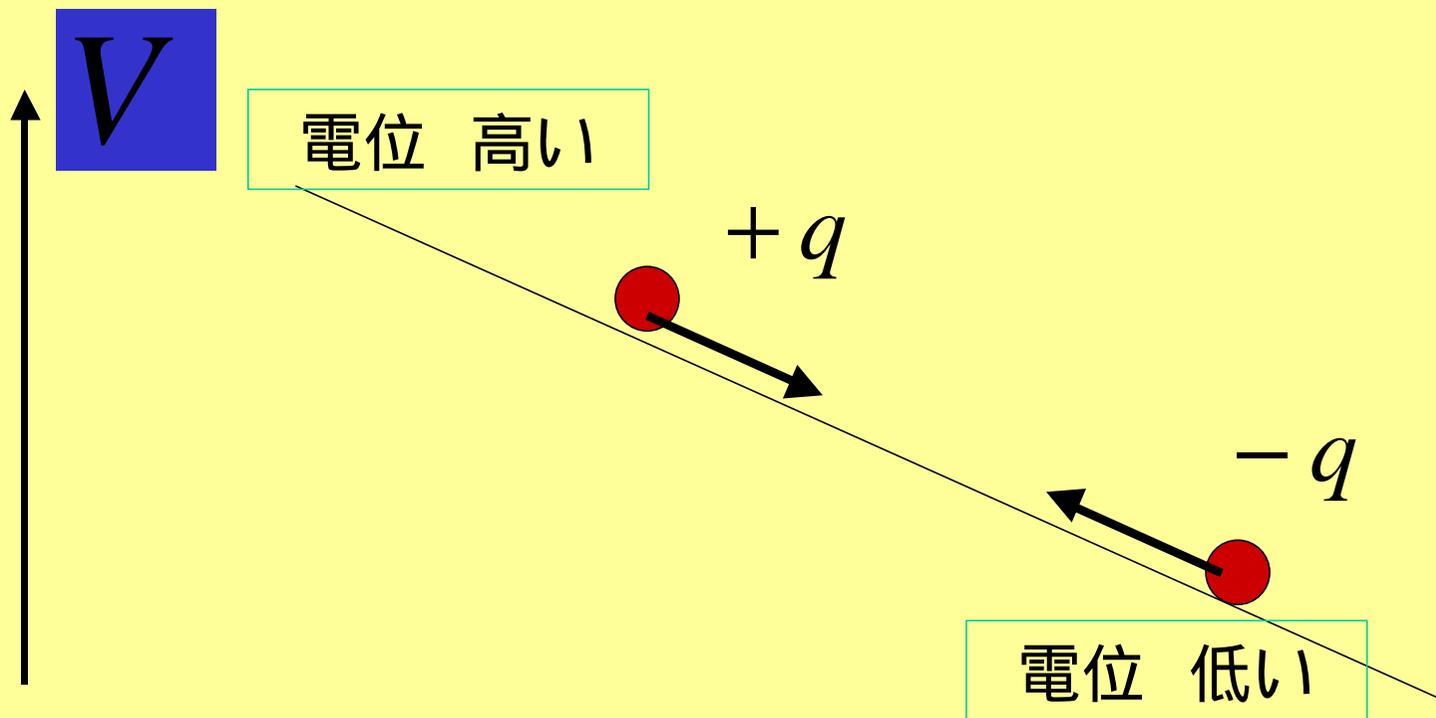


電位、場のエネルギー



電磁気学その2

電位



電位のイメージ ... 電気的な「山や谷」の高さ

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 2001

電位

力学 力 ポテンシャルエネルギー

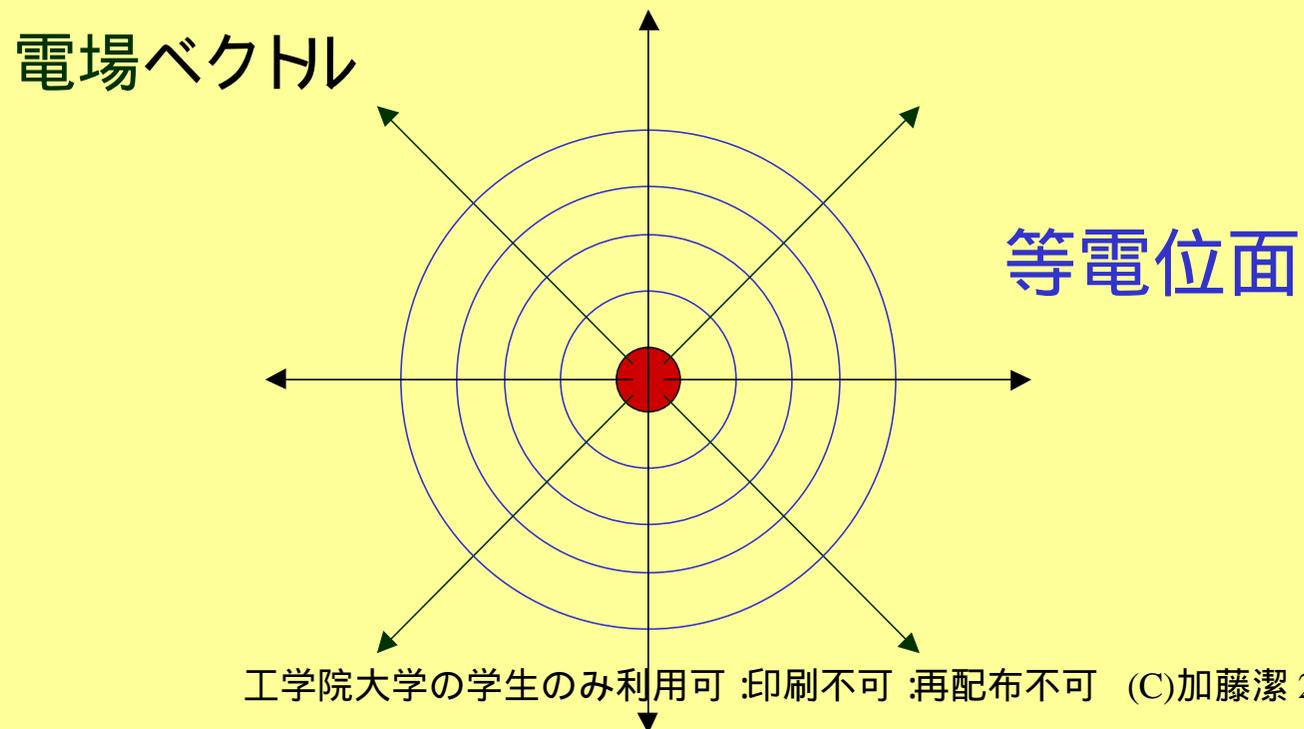
電場 電位

$$V = -\int E dx$$

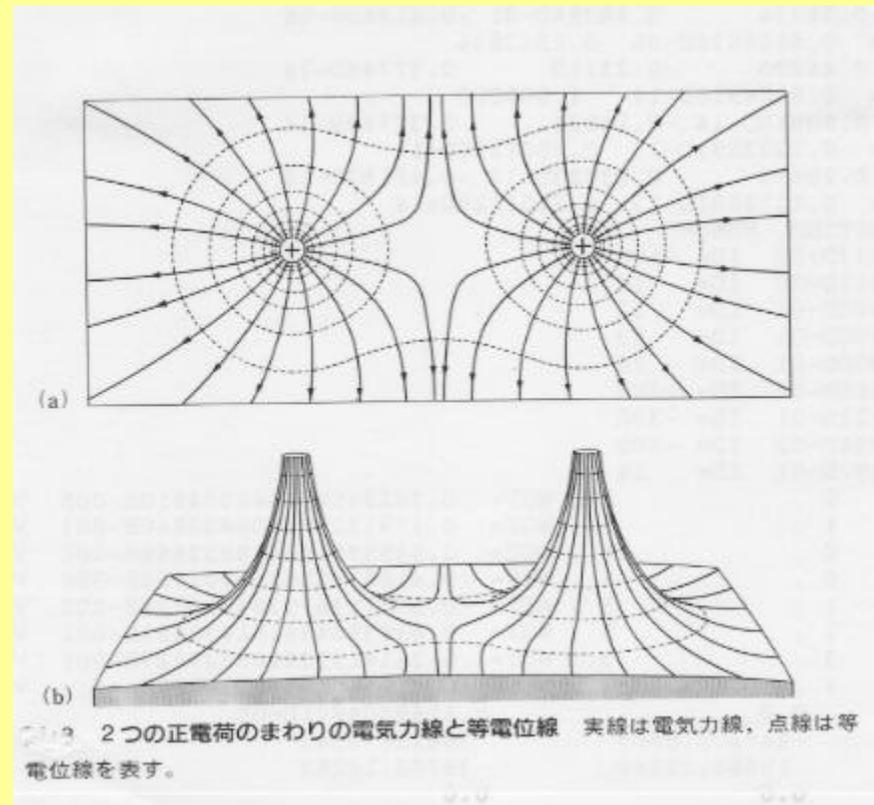
単位 [V]
ボルト

点電荷の電位

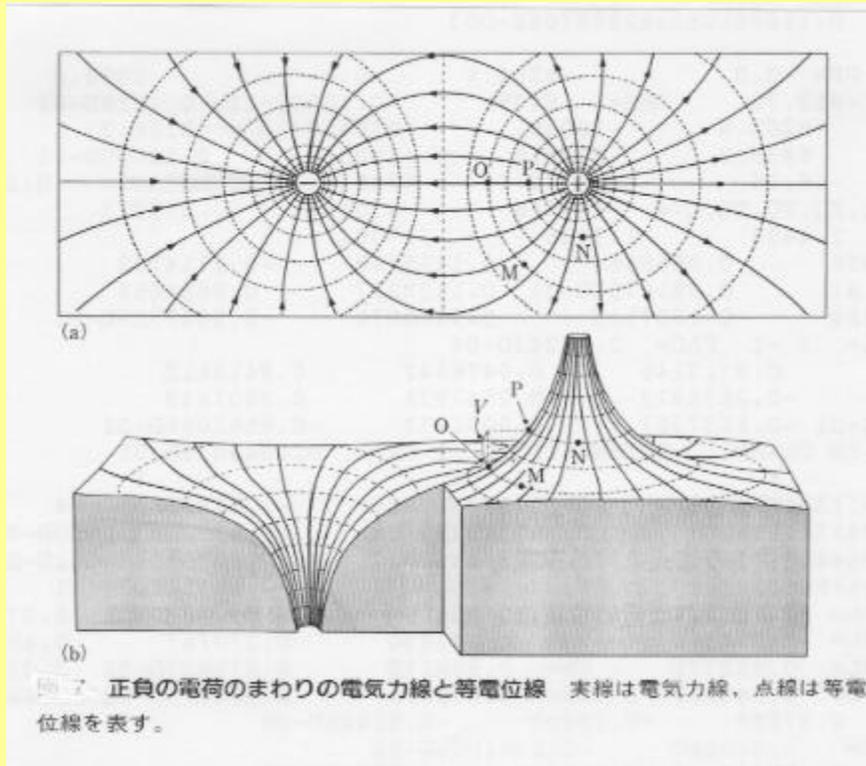
$$V = k \frac{q}{r} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$



点電荷の電位



点電荷の電位



一様な場の場合

$$-(V_B - V_A) = E(x_B - x_A)$$

$$\Rightarrow -\Delta V = E\Delta x$$

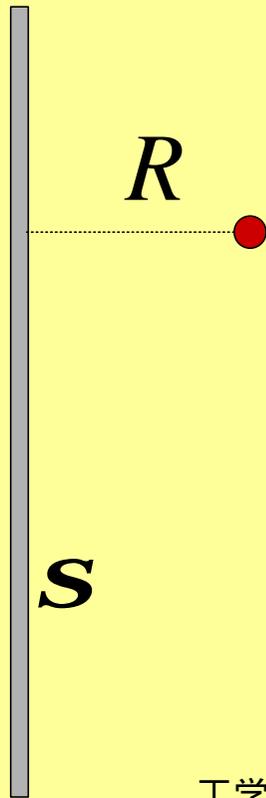
電位差 = 電場 × 距離

一般化：基本パターン

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

直線一様電荷分布の電位

問9.4 p.155 3)の結果を使う



$$E = \frac{s}{2pe_0 R}$$

$$V = -\int E dx$$

$$V = -\frac{s}{2pe_0} \log R \quad (+ \text{定数})$$

電場中で電荷を動かすときの 仕事

(力学) 仕事 = 力 × 変位

$$F = qE \quad \Delta W = qE \cdot \Delta s$$

$$W = q(V_B - V_A)$$

始点と終点だけで決まることに注目！

電流の定義

電流 = 電荷の流れ

単位 [A] アンペア

$$I = \frac{dq}{dt}$$

電流の仕事率

仕事率：1 [s] にする仕事

Δt の間に、電荷 Δq が電位差 V だけ移動

$$\Delta W = \Delta q \cdot V$$

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = VI$$

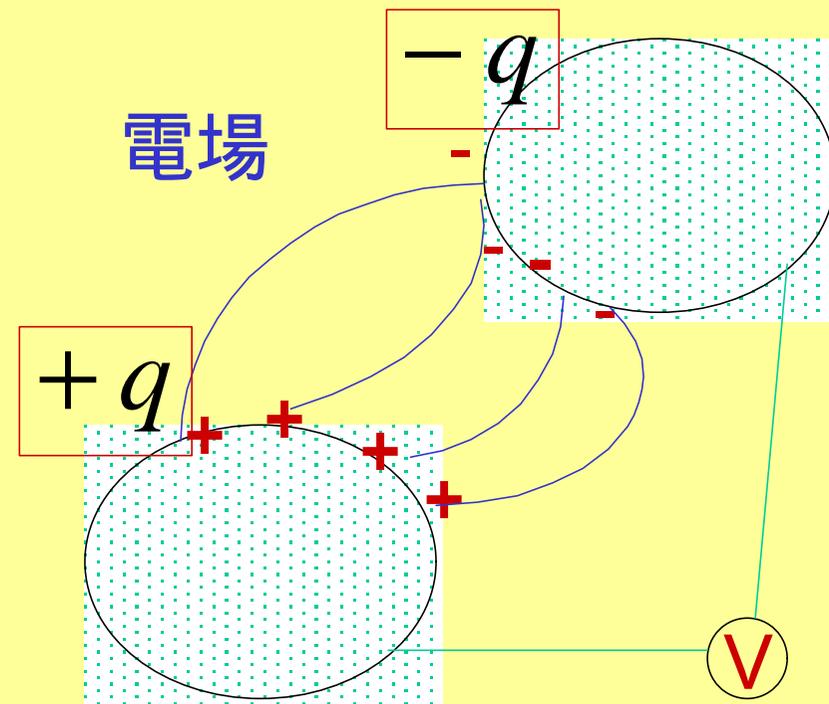
単位 [W]

ワット

コンデンサー

2つの導体に電位差を与えると電荷を貯えることができる

コンデンサー
(キャパシタ、
蓄電器)



電荷 q と電位差 V は比例する

$$q = CV$$

比例定数... 電気容量

単位 [F] ファラド

C はコンデンサーの形状、材質
で決まる (例) 平行平板

コメント 1

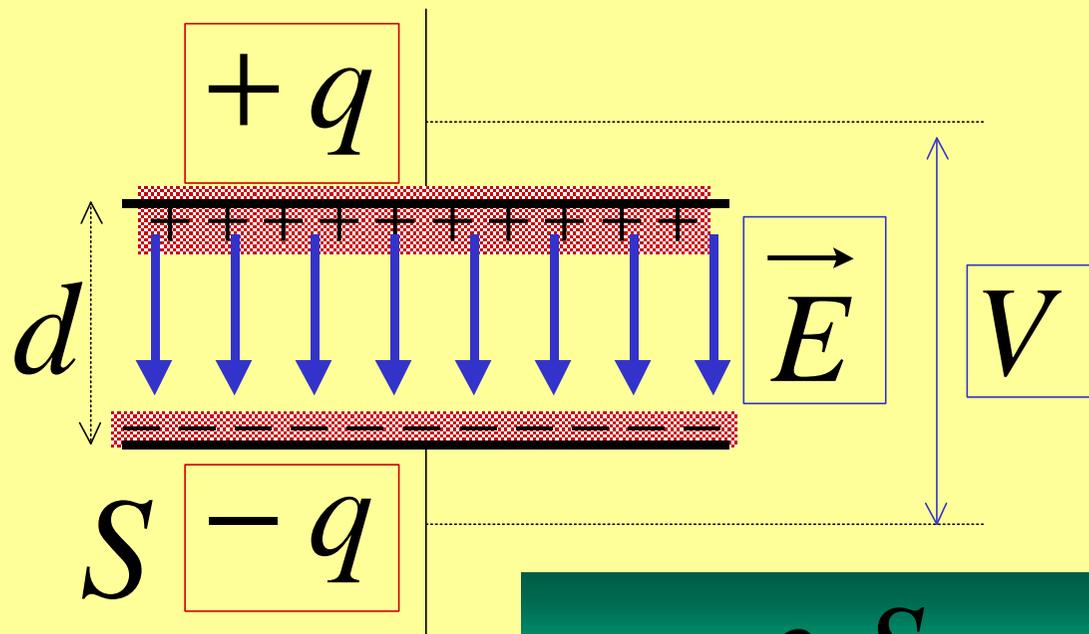
Cを計算するためにはqとVの関係が分かる必要がある。その関係は間にある電場から決まる。

コメント 2

$$q = CV \quad \text{を時間で微分すると} \quad I = C \frac{dV}{dt}$$

となる。 (後で使う。)

平行平板コンデンサー



$$E = \frac{\mathbf{s}}{\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$V = Ed$$

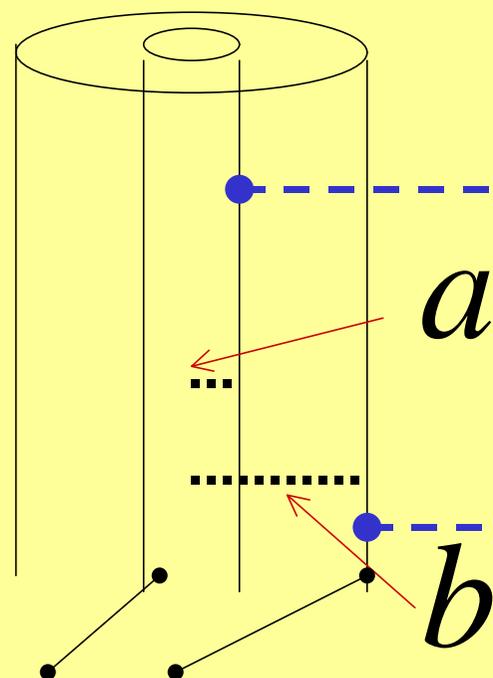
$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \Leftarrow$$

$$q = \frac{\epsilon_0 S}{d} V$$

同軸ケーブルの容量

問 9 . 6

問 9 . 4 , 9 . 5 の結果を使う



$$\text{長さ } l \Rightarrow q = lS$$

$$V_a = -\frac{S}{2pe_0} \log a$$

$$V_b = -\frac{S}{2pe_0} \log b$$

$$V = V_a - V_b$$

$$C = \frac{2pe_0 l}{\log \frac{b}{a}}$$

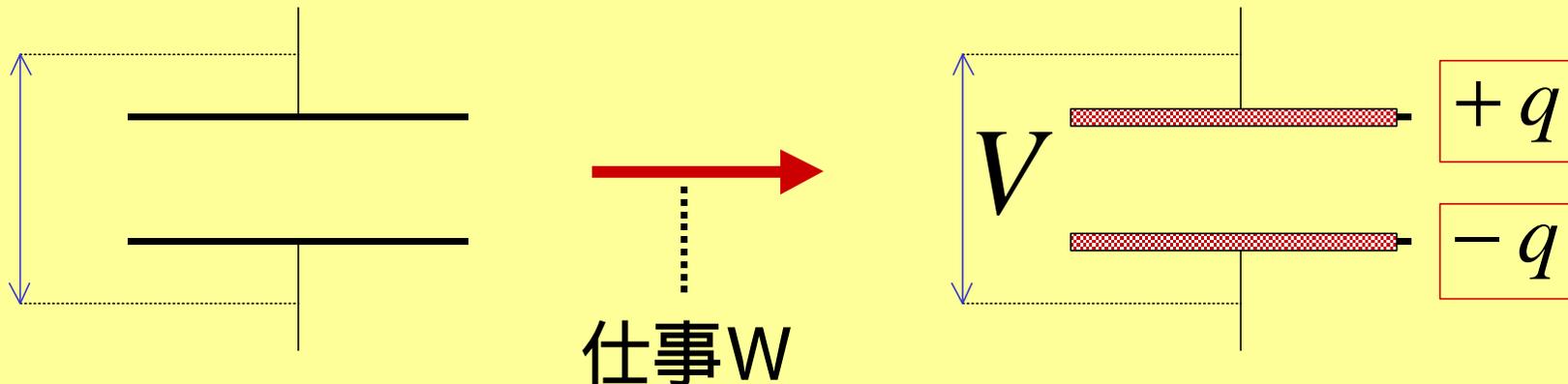
+q, -q の電荷

工学部の学生のみ利用可 :印刷不可 :再配布不可 (C)

電場のエネルギー

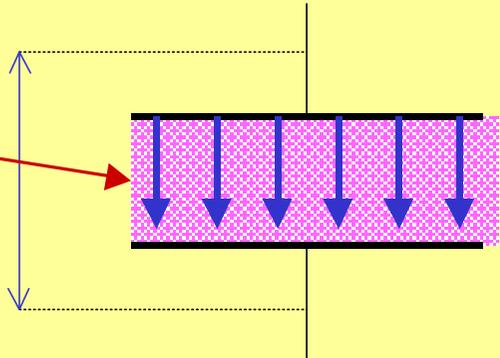
準備のためコンデンサーを充電するときの仕事を求める

$$W = \sum V \cdot \Delta q$$
$$= \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2$$



電場のエネルギー

平行平板コンデンサーのときの式を使うと $E = \frac{q}{e_0 S}$, $C = \frac{e_0 S}{d}$

$$W = \frac{1}{2} e_0 E^2 \cdot Sd$$


The diagram shows a parallel plate capacitor with two horizontal plates. The space between the plates is filled with a purple dotted pattern representing the electric field. Blue arrows point downwards from the top plate to the bottom plate. A vertical double-headed arrow on the left indicates the distance between the plates. A red arrow points from the term Sd in the equation to the capacitor, indicating that Sd represents the volume of the space between the plates.

電場の存在する空間の体積

電場のエネルギー

電場のある空間には「もの」はないが、
エネルギーが貯えられている。

場の実在性の1つの例

電場のエネルギー密度

$$\frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

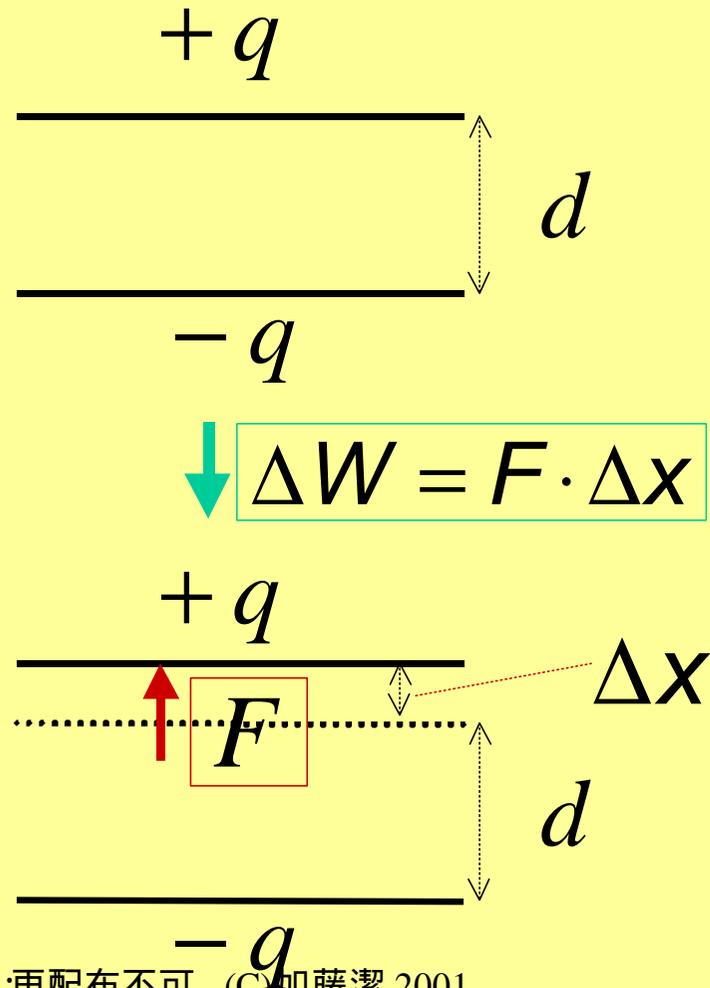
場のエネルギーの応用例

問9.7

$$F = k \frac{q \times (-q)}{d^2}$$

考え方

少し極板を押し
たときの仕事を
計算する



場のエネルギーの応用例

ΔW は場のエネルギーの増加分として計算できる。

(注) q は変化しない。故に E も変化しない。

$$\Delta W = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \cdot S \Delta x \quad F = \frac{\Delta W}{\Delta x} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \cdot S$$

$$F = \frac{q^2}{2\epsilon_0 S}$$