電験3種講座

理論編

静電気と電界

講師　大河戸　拡雄

1、クーロンの法則と点電荷間に働く力①

(1)クーロンの法則

図1に示すように、真空中でその大きさが両者間の距離r[m]に比べて十分小さい点電荷Q_1[C]と Q_2 [C]に働く静電力F[N]は、次のようになる。

$$F=Q_1Q_2／4\pi\varepsilon_0r^2[N] \quad ①$$

ただし、ε_0は、真空中の誘電率で、

$$1／4\pi\varepsilon_0=9\times10^9 \quad ②$$

の関係がある。

ただし、電荷が真空以外の比誘電率ε_sの媒質中にある場合は、

$$F=Q_1Q_2／4\pi\varepsilon_0\varepsilon_sr^2[N] \quad ③$$

1、クーロンの法則と点電荷間に働く力②

図2に示すように、各電荷に働く力の方向は、各電荷の符号が同じならば、反発力が働き、符号が異なれば吸引力が働く。

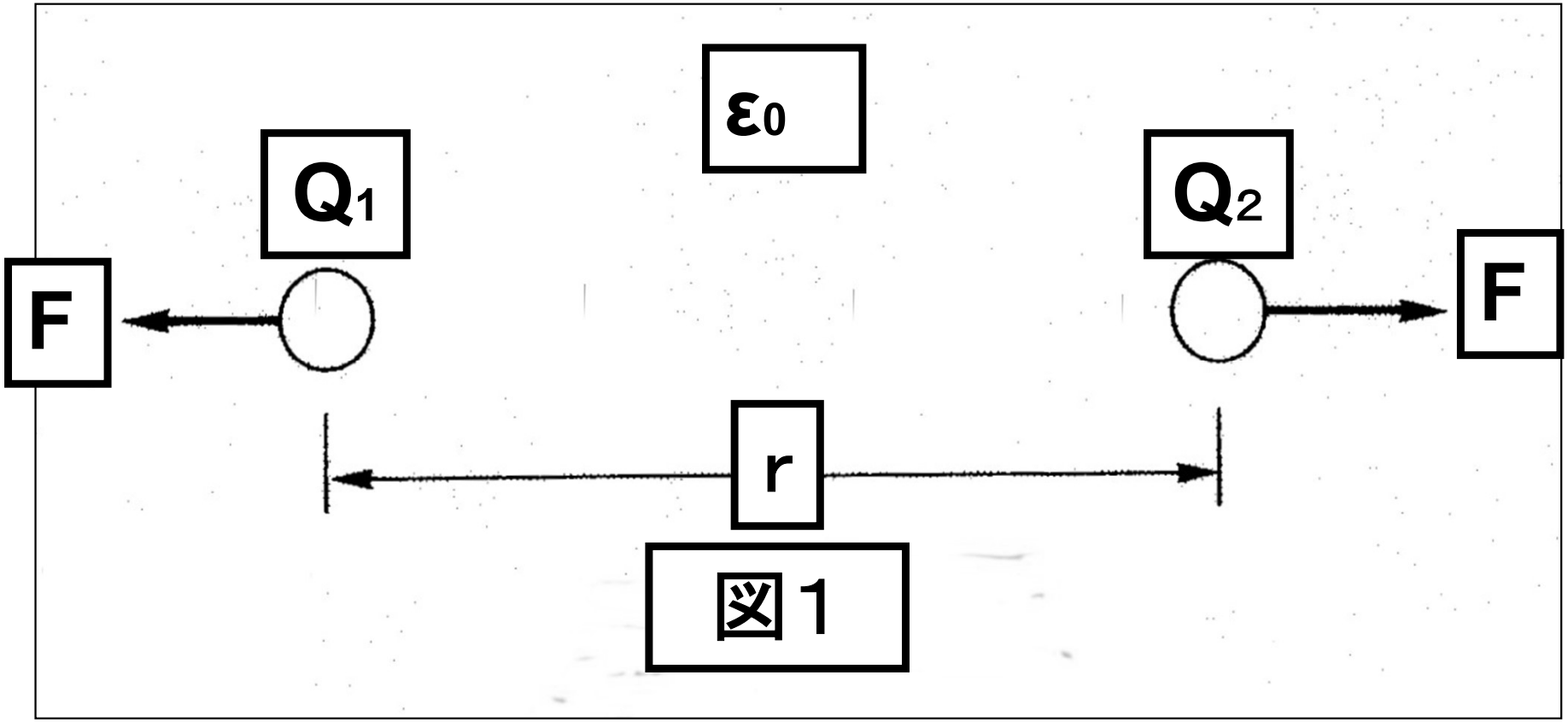

図1

1、クーロンの法則と点電荷間に働く力③

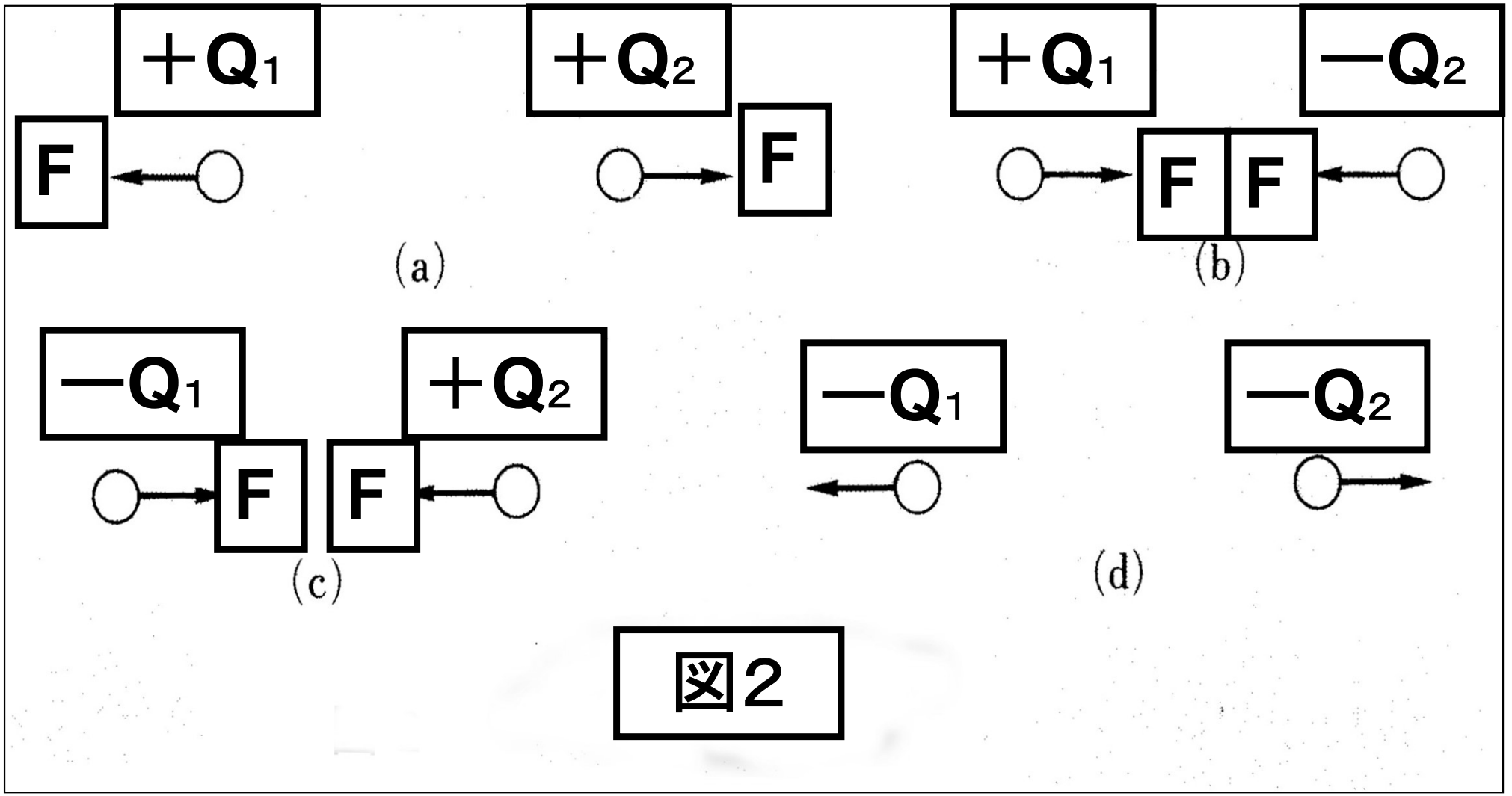

図2

２、電界の性質①

(1)電界内に置かれた正電荷は、クーロンの法則による静電力を受けてその位置を変えようとするが、この移動する電荷が描く径路を電気力線といい、正電荷に始まり負電荷に終わる。

　正負の点電荷が単独にある場合の電気力線は、図１のようになり、正負の電荷が同時に存在する場合には、図2に示すようになる。

　以下、電気力線の性質をまとめると、つぎのようになる。

①1[C]の電荷から１／ε_0本の電気力線が発生している。

２、電界の性質②

②電気力線のつくる方向は、その点の電界の方向と等しく、１[m²]当たりの電気力線密度は、その点の電界の強さに等しい。

③電気力線は、正電荷に始まり、負電荷に終わる。

④電気力線は電位の高い所から低い方へ向うと共に電気力線はそれ自体で閉じた曲線を作ることはない。

⑤電気力線それ自体で閉じた曲線を作ることはない。

図1、図2の電気力線の矢印の方向がその

2、電界の性質③

点の電界の方向を示し、その点の1[m²]当たりの電気力線密度がその点の電界強度[V/m]となる。

　いま、Q[C]の点電荷が真空中に置かれている場合を考えると、その電荷から発生する電気力線の数は、Q／ε_0本であり、その形状と方向は図3に示すようになる。

　電気力線は電荷より半径r[m]の点を考えるとき、球の表面上においてその密度が一定になるので、半径r[m]の球の表面積を考えると、

2、電界の性質④

電気力線密度は、

電気力線密度=電気力線数／球の表面

$=(Q／\varepsilon_0)／4\pi r^2=Q／4\pi r^2\varepsilon_0$　①

①式において、電荷密度$\sigma=(Q／4\pi r^2)$　②

①、②式より、$E=\sigma／\varepsilon_0$　③

となる。

2、電界の性質⑤

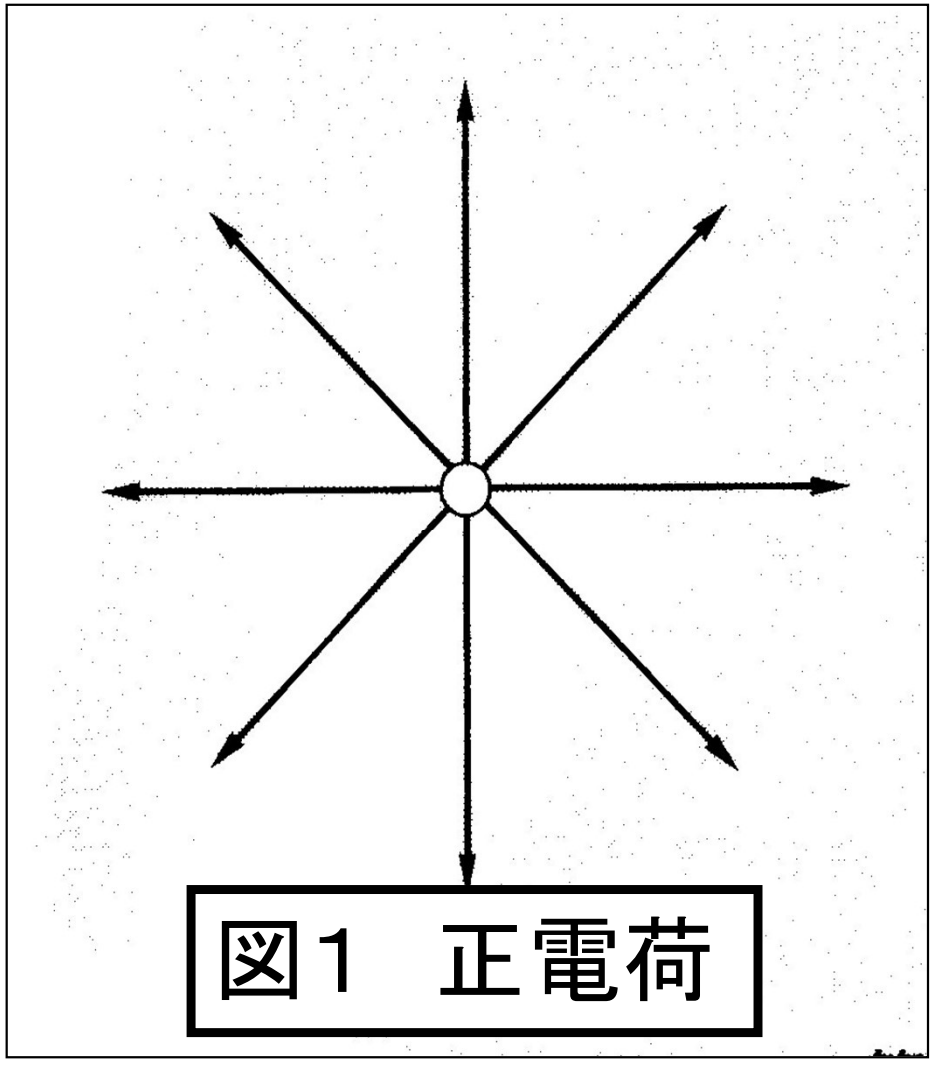

図1　正電荷

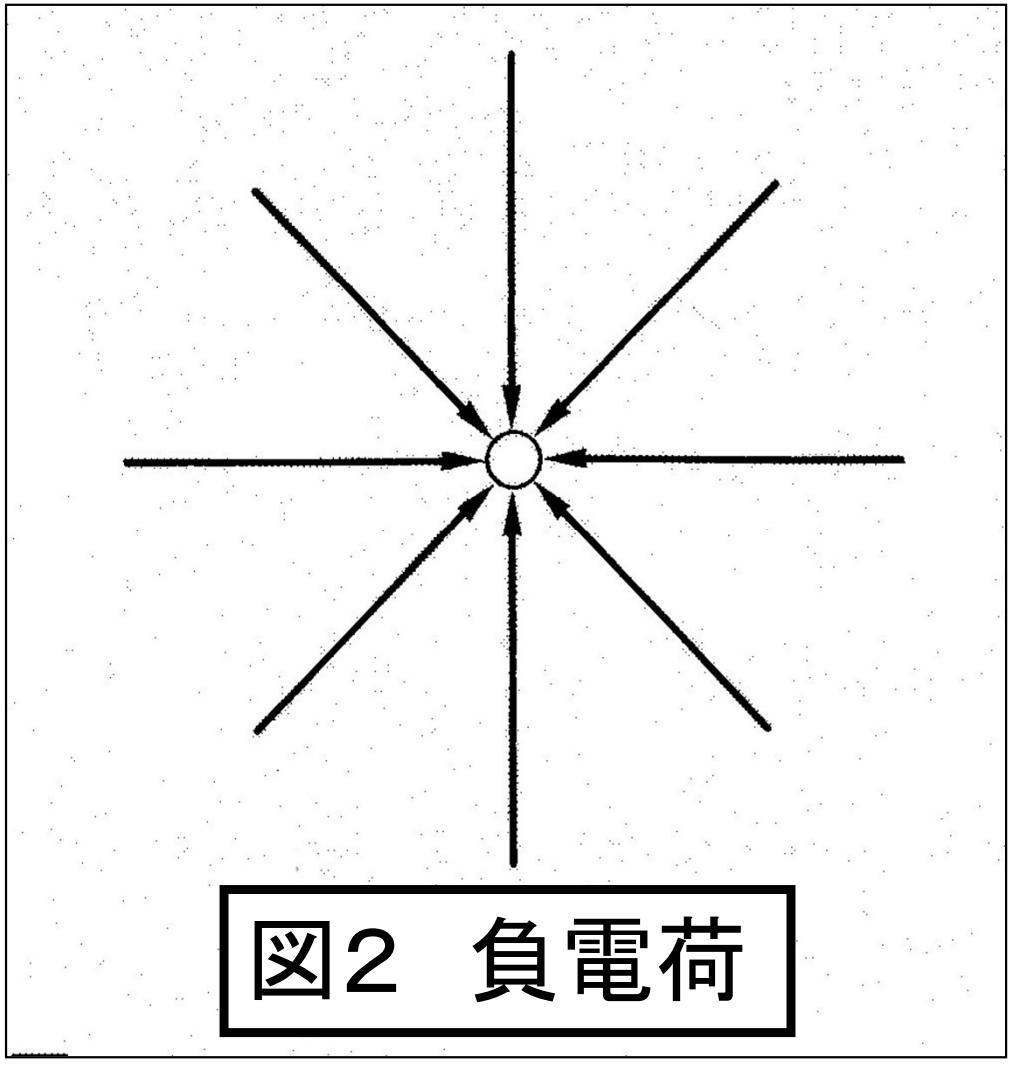

図2　負電荷

2、電界の性質⑥

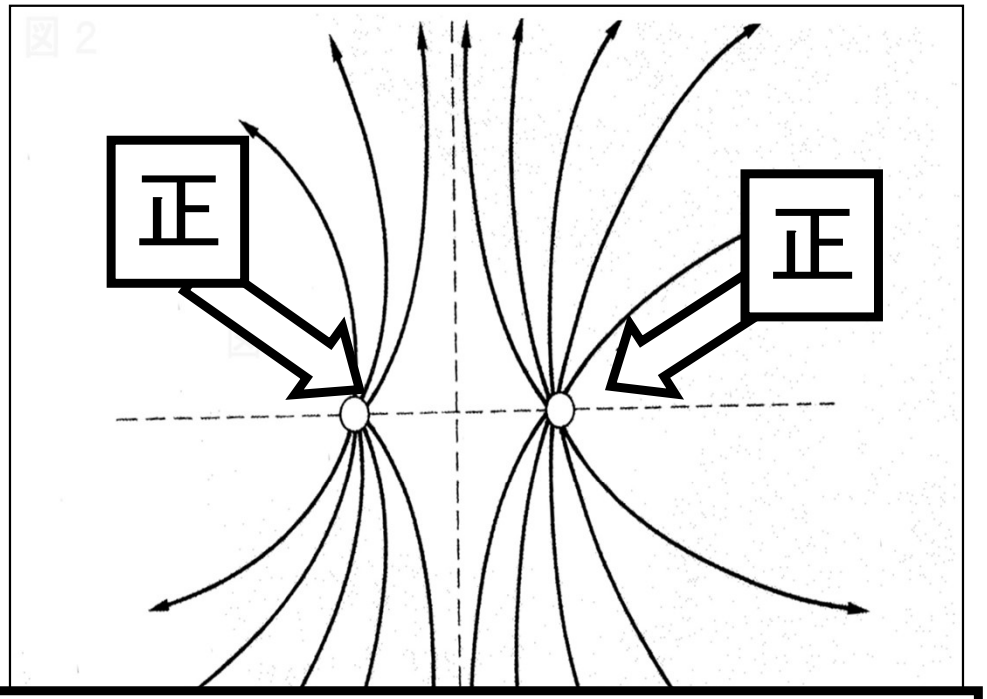

図2(a)2個の正電荷の場合

（2個の負電荷とすれば矢印は反対になる）

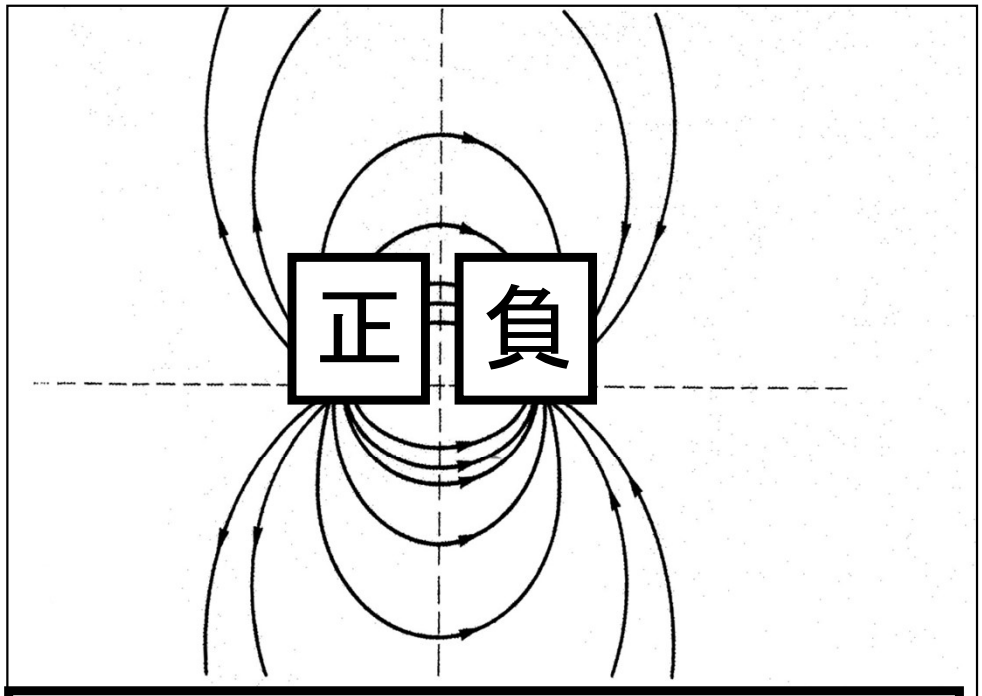

図2(b)正負2個の電荷の場合（正負の電荷の位置を反対にすると矢印の向きも反対になる）

2、電界の性質⑦

（2）電界の強さ

電界中に単位正電荷1[C]を置いたとき、この電荷に作用する静電力の大きさと方向をもつ量が、電界E[V/m]の強さである。

図1において電界をつくる電荷をQ[C]とし、そこからr[m]離れた点Pに1 [C]の単位電荷を置くと、点Pの電界の強さE[V/m]は、

$E=Q／4\pi\varepsilon_0 r^2=9\times10^9 Q／r^2[V/m]$ ①

電界の向きは、図1の矢印のようになる。

2、電界の性質⑧

次に図2に示すような、平行板電極の平等電界を考える。平行板電極間の距離をL[m]、電位差をV[V]とすると、平等磁界の強さEは、

$$E = V / L [V/m] \quad ②$$

また、E[V/m]の電界中に、Q[C]の電荷を置いたとき、これに加わる静電力はF[N]は、次のようになる。

$$F = QE [N] \quad ③$$

2、電界の性質⑨

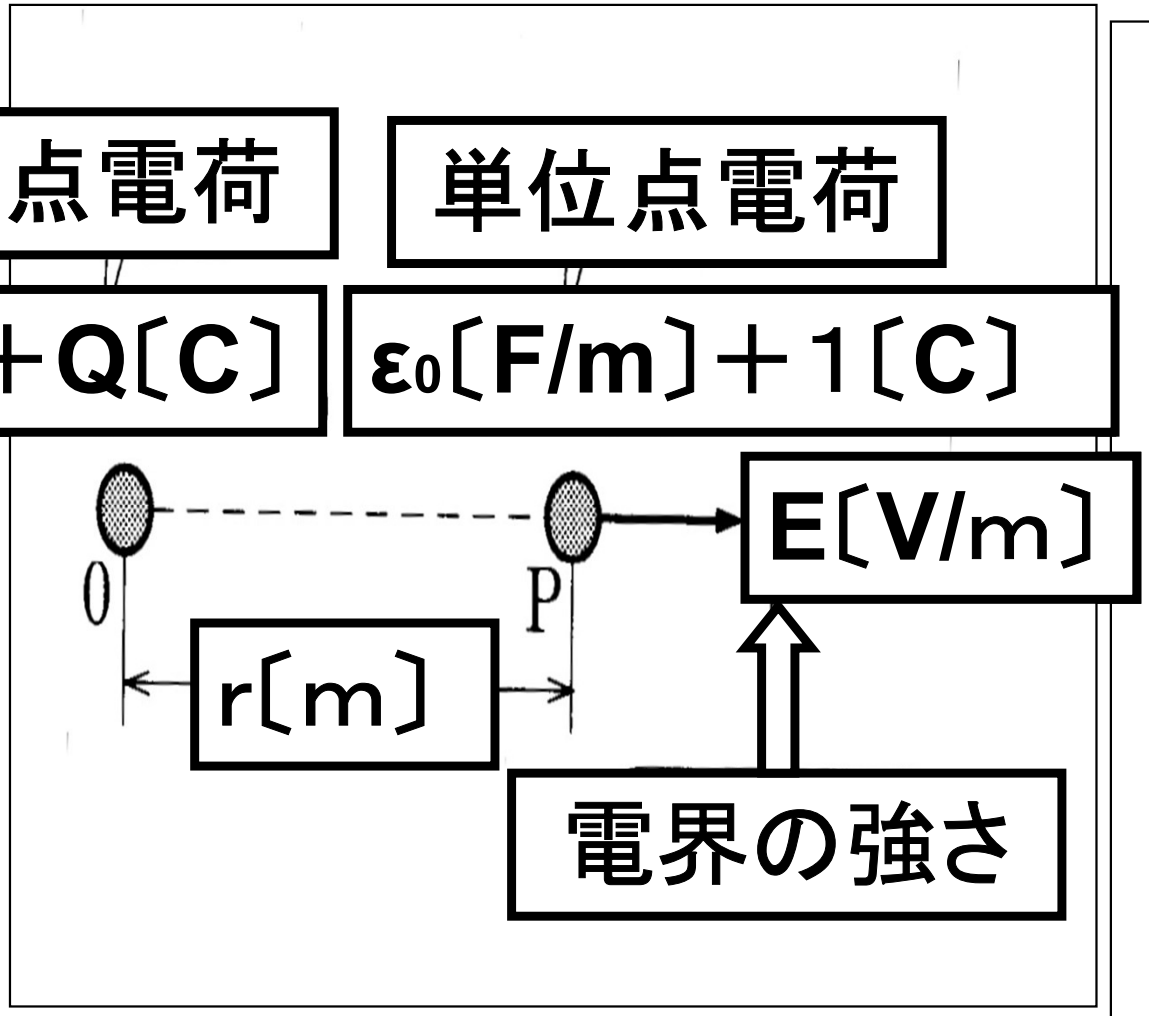

図1

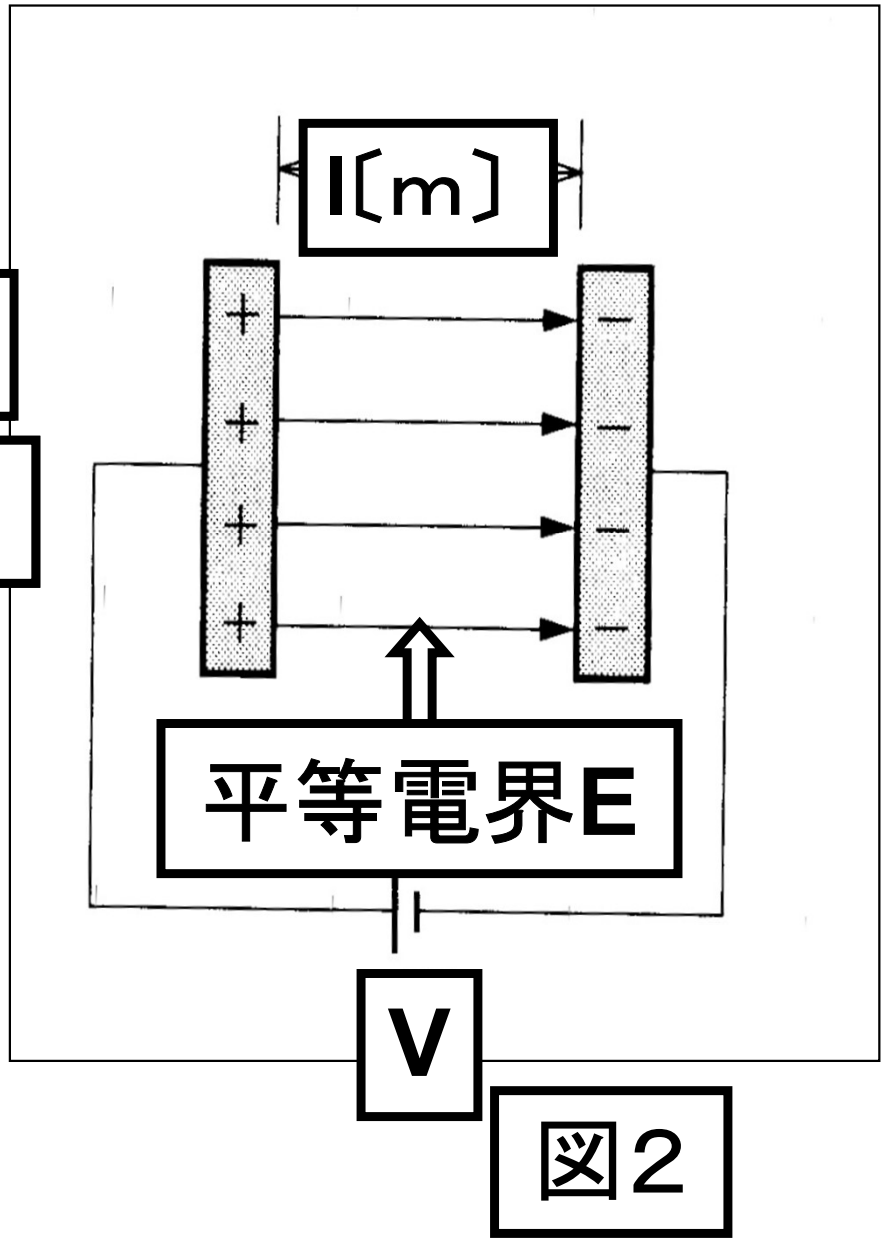

図2

2、電界の性質⑩

(3)電位と電位差

空間に電荷Q[C]を置くと、その周りに電界できる。電界中に単位正電荷を置くと力を受ける。

図1に示すように単位正電荷1[C]を無限遠点からP点まで移動させるのに必要な仕事V[J/C]をP点の電位といい、単位に[V]を用いる。

ここで、静電エネルギーW[J]=QV／2 [VC] より、
[J]=[VC]となり、これより[V]=[J/C]となる。

P点の電位V[V]は、

$$V=Q／4\pi\varepsilon r[V] \quad ①$$

2、電界の性質⑪

図2に示すように電界中の点A、Bの電位をそれぞれV_A、V_Bとすると、A、B間の電位差V_{AB}は、次式で表せる。

$$V_{AB}=V_A-V_B=(1/r_1-1/r_2)/4\pi\varepsilon[V]$$

2、電界の性質⑫

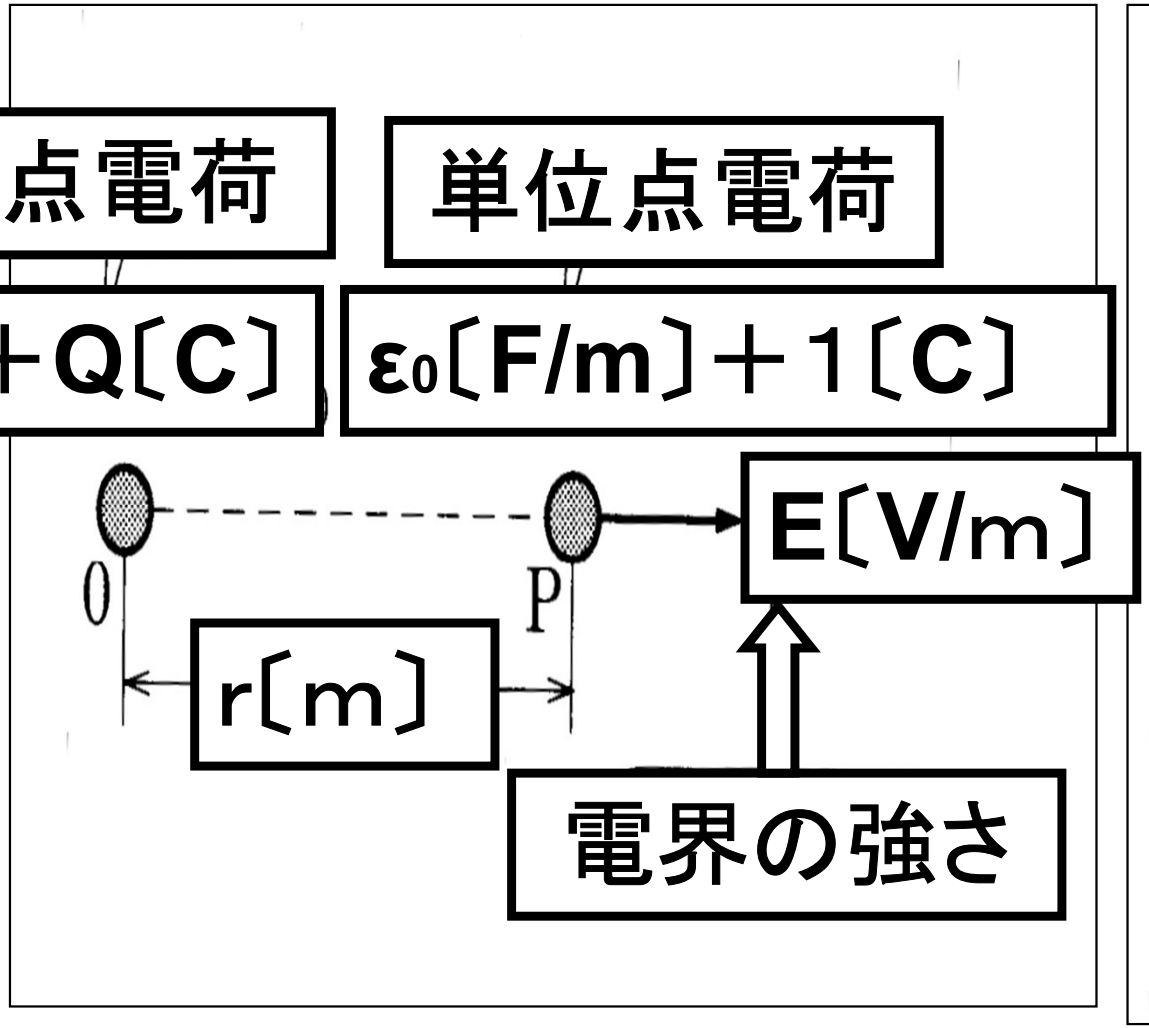

図1

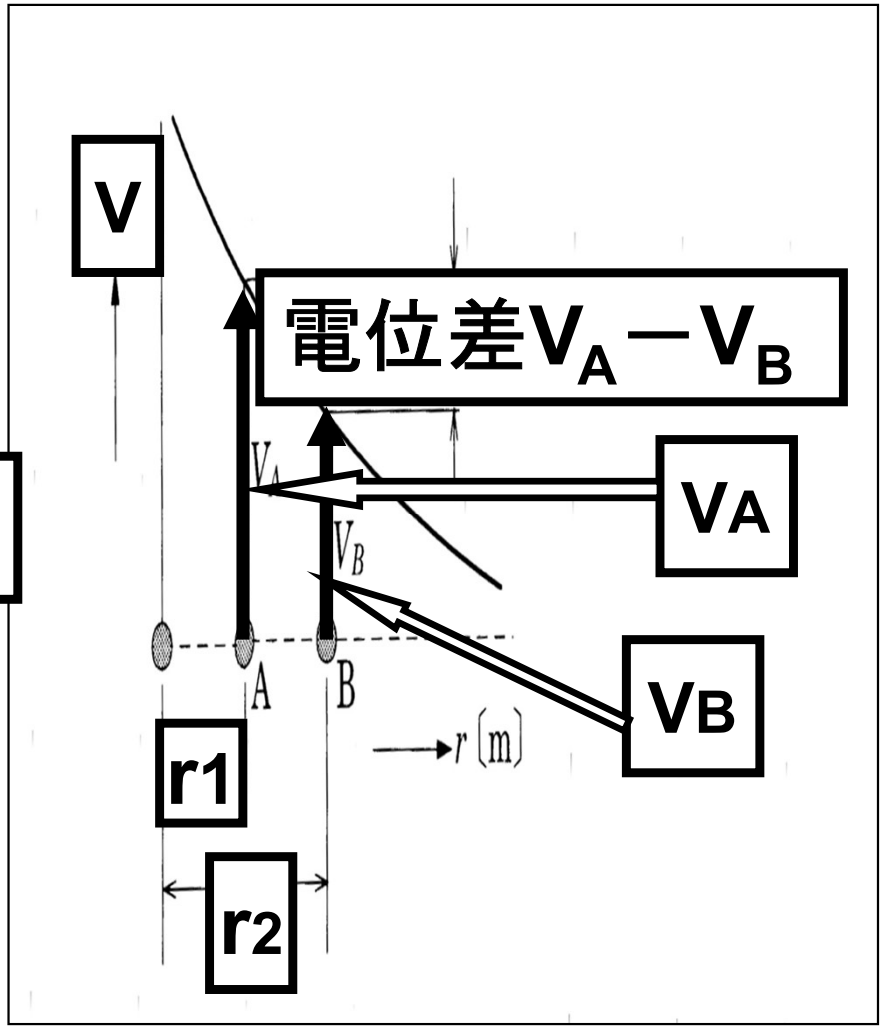

図2