

平成22年度 工V系(社会環境工学科) 第9回 電磁気学 I
天野 浩

項目

導体、金属による静電遮蔽、アースの意味

- 本日は、理想的な導体について復習します。
- また、実際によく使われるアース(グランド)の電磁気的な意味についても詳しく学びます。

実際の導体は ? ⇒ 金属

Q8-1 金属の性質を挙げてみよう!

身の回りの様々な金属



金

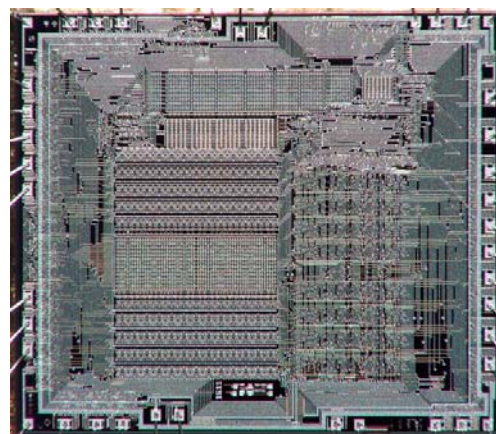


銅

<http://www.ohata.org/zassen.html>



銀



アルミニウム

[http://www.cpu-world.com/info/dies/L_WDC-CP1611%20\(LSI-11\)%20Data%20Unit.jpg](http://www.cpu-world.com/info/dies/L_WDC-CP1611%20(LSI-11)%20Data%20Unit.jpg)

<http://kinrutiru.blog47.fc2.com/blog-entry-281.html>

一番簡単な一価の金属 ナトリウムの例



体心立方構造

金属Na

期\族	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8		1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0	
1	1 H																2 He	
2	3 Li	4 Be										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg										13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57~71 ランタノイド	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89~103 アクチノイド	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> ■ 非金属 ■ 軽金属 ■ 重金属 </div>														

<http://edu.chemistry.or.jp/teibanjikken/shigh/salt/salt.html>

一番簡単な一価の金属 ナトリウムの例



Naの電子配置： $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^1$

<http://cherun.dyndns.org/cherun/no05/05ketugou.html>

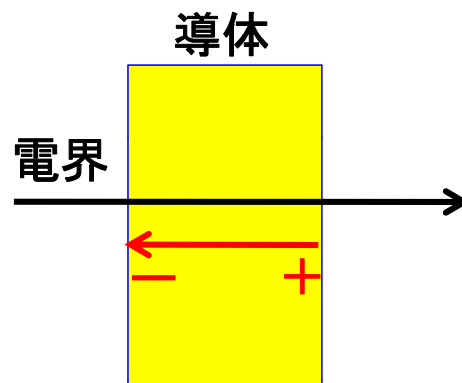
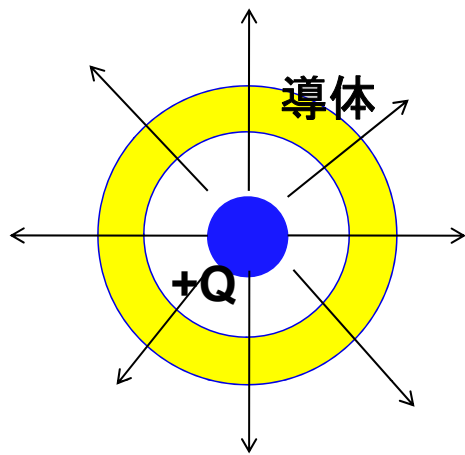
最外殻の**3s軌道の電子**は、結合エネルギーが小さいためにNa原子の束縛から離れて、あたかも自由電子のように振舞う。

→残された原子核は、電子が一つ不足するため**1価の陽イオン**となる。

電界中の導体の振る舞いを理解するために

導体の性質

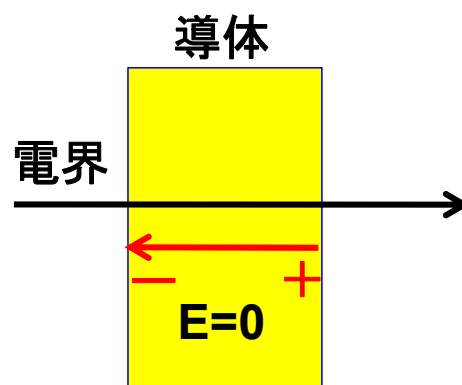
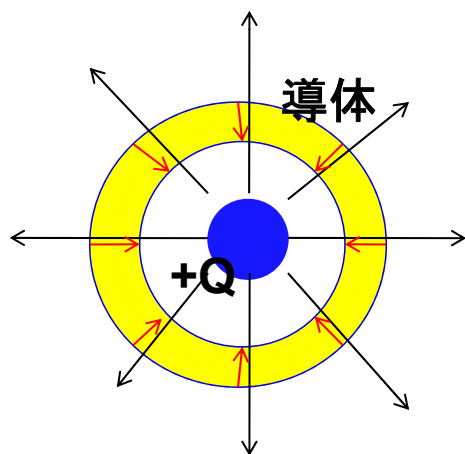
- 導体内部の電界は常にゼロであると**仮定する**。
(実際は超伝導でない限り、若干の電界は存在するはず！)
- 導体の表面は、常に等電位面に一致する。
- 電気力線は、導体表面から常に垂直に発生する。
- (導体表面の電荷密度) / 誘電率 = (導体表面の電界の大きさ)



導体中を電界が通ると、自由電荷が移動し、導体内部の電界を打ち消す。
⇒ 静電誘導と呼ぶ。

- ミクロにみると、自由電子としてふるまう原子の最外殻の電子が電界によって引き寄せられ、左が負になり、残された原子核が陽イオンになって右が正になる。

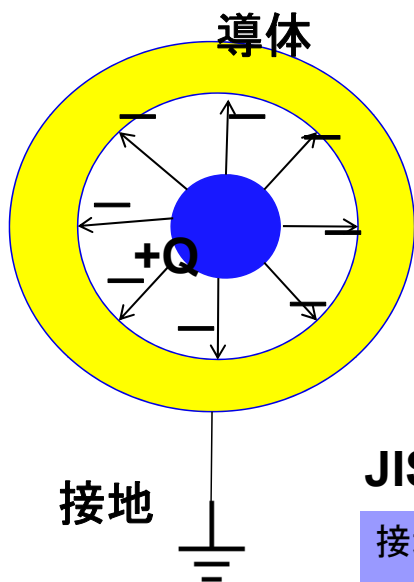
• 導体内部の電界は常にゼロであるの仕組み。



導体中を電界が通ると、導体内の自由電荷が移動し、導体内部の電界を打ち消す。
⇒ 静電誘導と呼ぶ。

- ミクロにみると、自由電子としてふるまう原子の最外殻の電子が、電界によって引き寄せられ、上の図のとおり左が負になり、残された原子核が陽イオンになって右が正になる。

接地・静電遮蔽の意味 その1



- * 接地すると、導体表面の電荷は無限遠方に分布するため、導体外部に電界は生じない。
- ⇒ **静電遮蔽**と呼ぶ。
- ⇒ 接地された導体は**電位=0**である。

導体表面の正電荷は無限遠方へ

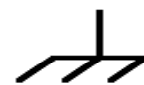
JIS記号

接地(アース)

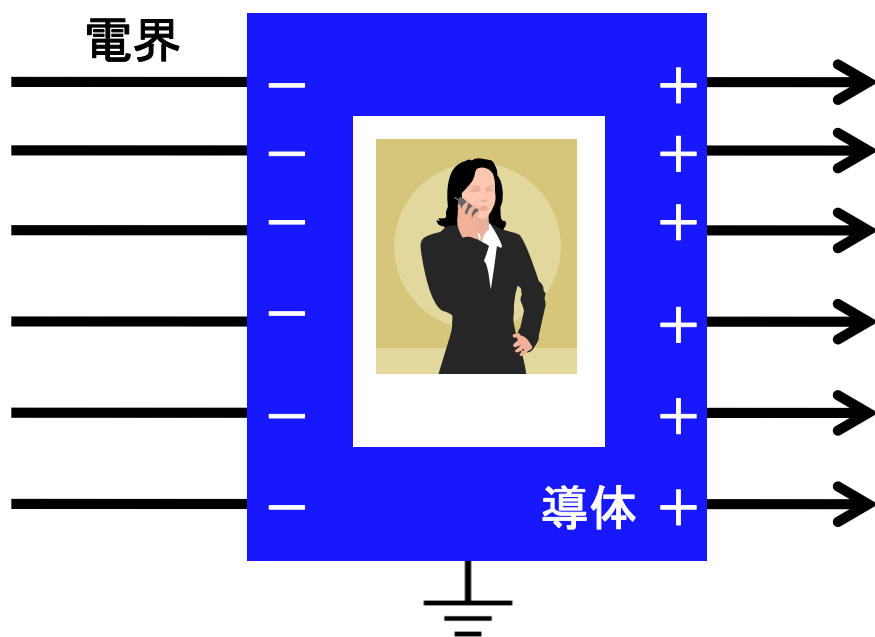
一般図記号



フレーム接続



静電遮蔽の意味 その2



導体内中空

- * すべての電荷は導体表面に集まる。
- * 導体内部には電荷は存在しない。
- * 中空部分には電界は発生しない。

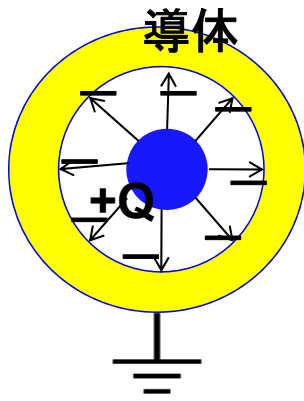
→ 導体内部の中空では、外部電界を影響を受けない。

→ **静電遮蔽**と呼ぶ。

実際の例

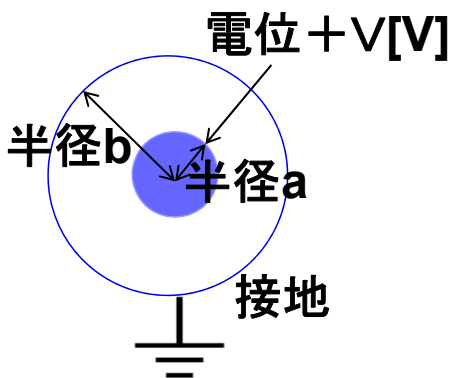
- * トンネル内での携帯電話
- * エレベータ内での携帯電話

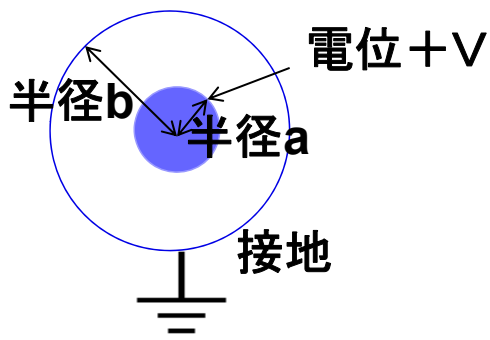
接地(アース、グランド)・静電遮蔽の意味



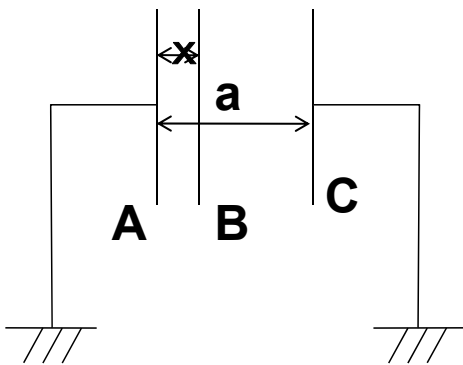
- * 接地すると、導体表面の電荷は無限遠方に分布するため、導体外部に電界は生じない。
- ⇒ 静電遮蔽と呼ぶ。
- ⇒ 接地された導体は電位=0である。

Q8-2 図のように、半径 a [m]および b [m]の二つの導体球があり、半径 a [m]の内部の導体球の電位を V [V]とし、外部の導体球は接地されているので $V=0$ [V]である。2つの導体球の間の、中心から r [m]の距離での電界、および電位を求めなさい。



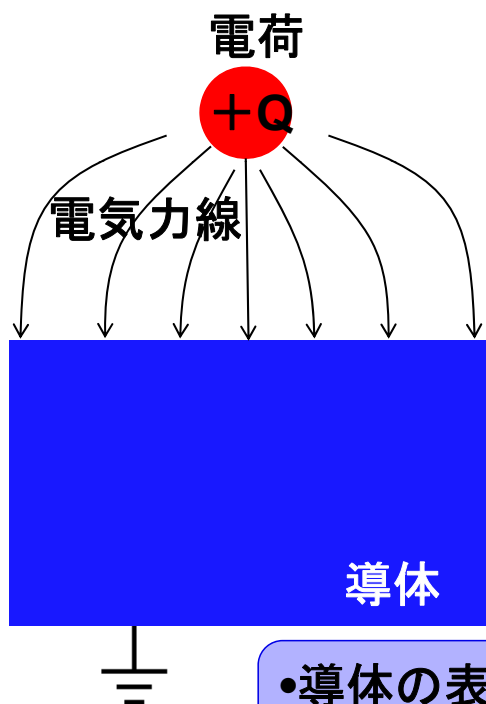


Q8-3 下図のように無限に広い導体平板A,B,Cが三つ平行に配置されている。Bに面密度 σ [C/m²]の電荷を与え、一様に分布している時、Bの電位を求めなさい。



鏡像

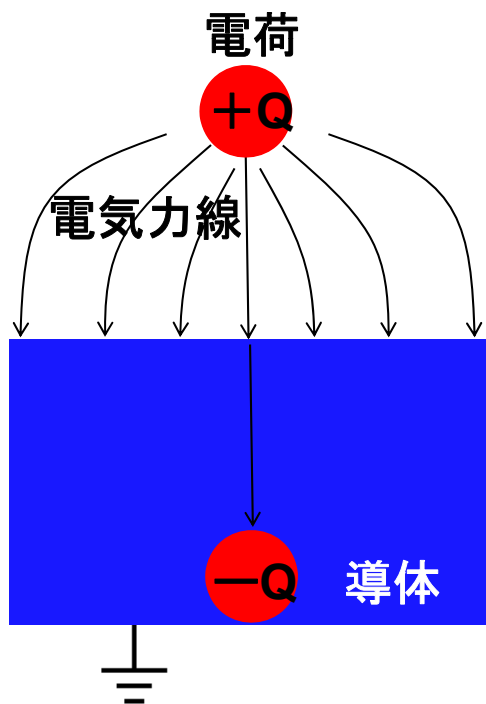
半無限接地導体の上に電荷 $+Q$ がある場合の電位分布、電界分布



•電気力線は、導体表面から常に垂直に発生する。

•導体の表面は、常に等電位面に一致する。
→ 接地されている場合は電位=ゼロ

鏡像



•電気力線は、導体表面から常に垂直に発生する。

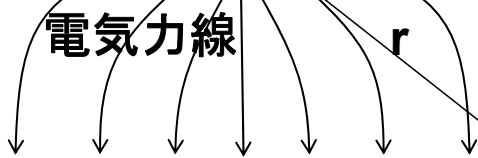
•導体の表面は、常に等電位面に一致する。
→ 接地されている場合はゼロ

•導体表面に対して等距離の位置に絶対値が同じで符号の異なる電荷があるとする。

鏡像

電荷

+Q



- 導体の表面は、常に等電位面に一致する。 → 接地されている場合はゼロ
- 電気力線は、導体表面から常に垂直に発生する。

導体表面

+Qが導体表面で距離r[m]の位置に作る電位

$$V_+ = \frac{+Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

-Qが同じ位置に作る電位

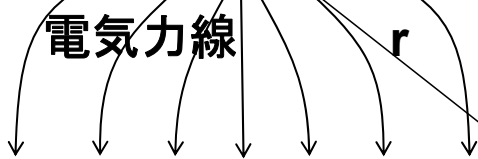
$$V_- = \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

合成電位は $V=V_++V_-=0$

鏡像

電荷

+Q



- 導体の表面は、常に等電位面に一致する。 → 接地されている場合はゼロ
- 電気力線は、導体表面から常に垂直に発生する。

導体表面

-Qの電界

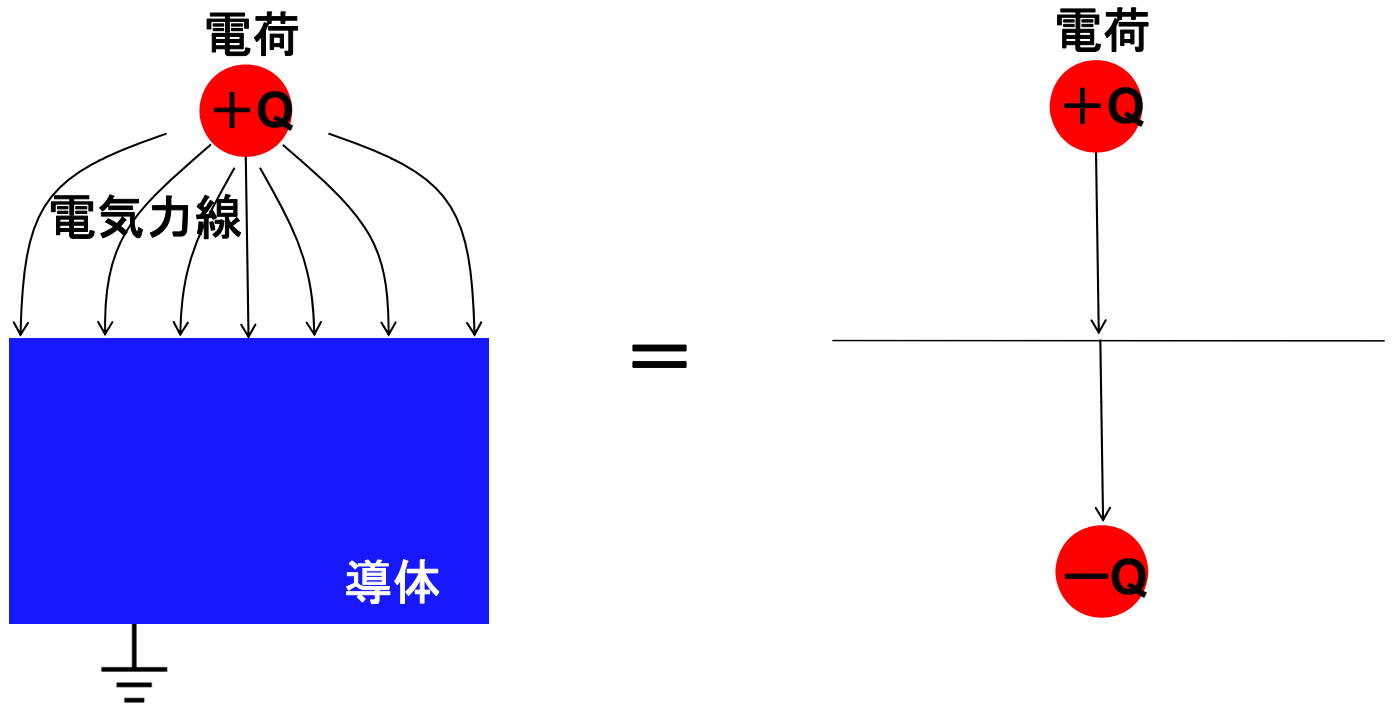
+Qの電界

合成電界

-Q

導体表面、距離r[m]の位置に+Qの電荷が作る電界と、-Qの電荷が同じ位置に作る電界を合成すると、導体表面に垂直な電界となる。

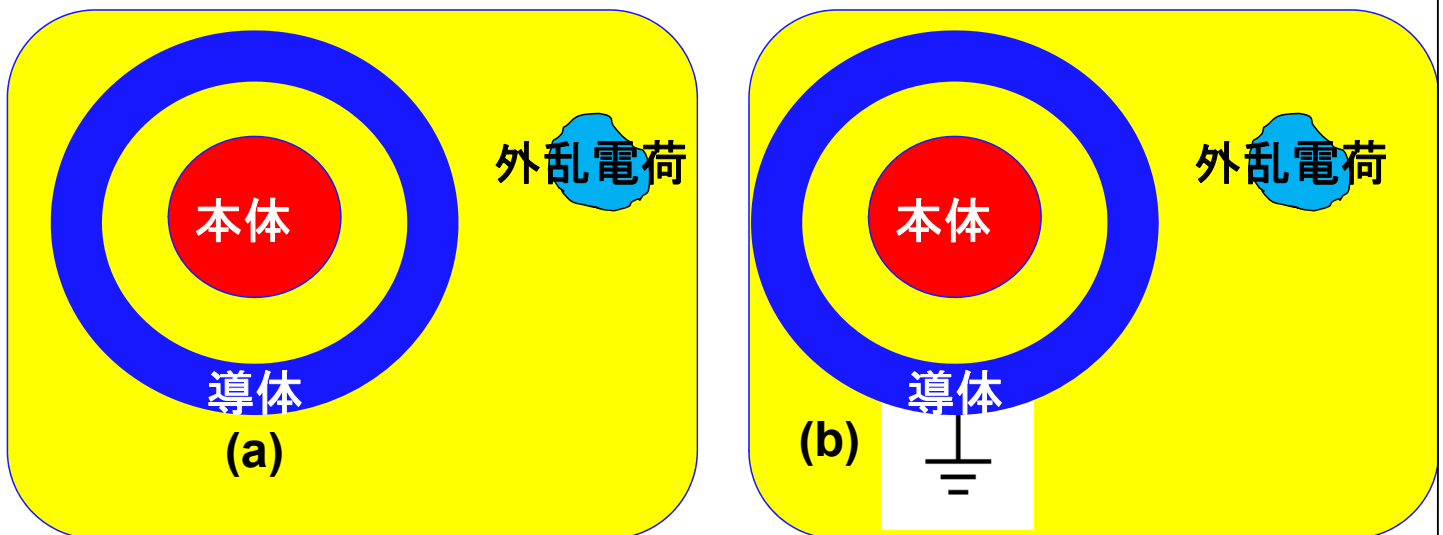
鏡像



上の場合の導体上の電荷廻りの電位と電界は、右上の場合とまったく等価 → 右に置き換えて電位と電界を求める方法を鏡像法または映像法と呼ぶ。

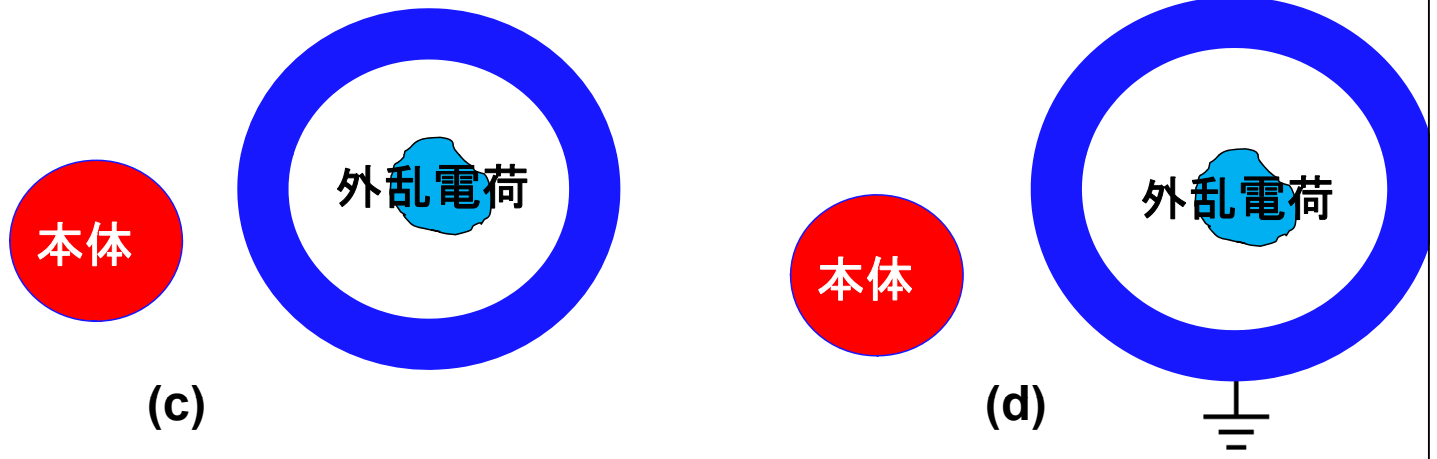
本日のまとめ

•導体中では何故電界=0か、まとめなさい。



図のように外乱電荷がある場合、(a)の方法では本体部分にも外乱電荷による電位変動が生じて保護することができない。(b)のようにアースが必要である。その理由を説明せよ。

本日のまとめ



図のように外乱電荷がある場合、(c)の方法では本体部分にも外乱電荷による電位変動が生じて外乱電荷の影響を遮蔽することができない。(d)の様にアースが必要である。その理由を説明せよ。