

15. 電気力線

実験室：実習工場棟 1 階 電気電子学生実験室(4)

1. 目的

アルミ箔に電流を通じ、検流計を用いて等電位線を描く.等電位線より電気力線の分布の様子を作図する.静電場の形成と電流の流れを可視化することで、電磁気学の理解を深める.

2. 理論

抵抗率 ρ , 厚さ t の無限平板 (箔) 上に半径 a の二つの円筒型電極が間隔 d ($d \gg a$) でおかれている.電極 1 に電位 ϕ_1 を印加し, 電極 2 を接地するとき, 任意の点での電位と両電極間の合成抵抗を求める.

この場合電極間の距離が大きいため, 任意の点の電位は, 一方の電極だけがあつて電流 I が流出または流入しているときの電位の和によって近似される.電流が電極 1 から流出し電極 2 に流入すると考えると, 電極の中心から r_1, r_2 の距離にある点 P の電位 ϕ は, 両電極によりそれぞれ

$$\phi \approx \frac{\rho I}{2\pi t} \log \frac{r_1}{a} \text{ (電極 1)}, \quad \frac{\rho I}{2\pi t} \log \frac{r_2}{a} \text{ (電極 2)} \quad (1)$$

が与えられる.これらを加えると

$$\phi = \phi_1 + \frac{\rho I}{2\pi t} \log \frac{r_2}{r_1} \quad (2)$$

となる.

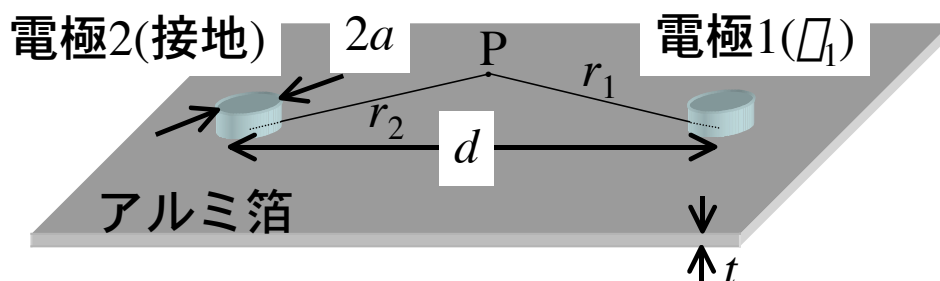


図 実験系及び解析モデルの概略

電極 1 表面では, $r_1=a, r_2\sim d$ で $\phi=\phi_1$, 同様に電極 2 表面では, $r_1\sim d, r_2=a$ で $\phi=0$ であるから,

$$\phi_1 = \phi_1 + \frac{Q}{2\pi\epsilon_0} \log \frac{d}{a} \text{ (電極 1)}, \quad 0 = \phi_1 + \frac{Q}{2\pi\epsilon_0} \log \frac{a}{d} \text{ (電極 2)} \quad (3)$$

が導かれ, 両電極間の電位差 V は,

$$V = \phi_1 - 0 = \frac{Q}{\pi\epsilon_0} \log \frac{d}{a} \quad (4)$$

となるので, 合成抵抗 R は,

$$R = \frac{V}{I} = \frac{Q}{\pi\epsilon_0 I} \log \frac{d}{a} \quad (5)$$

となる.

3. 装置

教科書「物理学実験」の p.200, **3. 装置**を参照のこと.

4. 実験方法

教科書「物理学実験」の p.200-202, **4. 方法**及び**5. 注意**を参照のこと.ただし, 以下に挙げた幾つかの変更点がある.

- 教科書ではバッテリーと可変抵抗を電源として用いているが, これをボックス型電源で代行する.
- (1)において, アルミ箔に流す電流を 2[A]から 0.5[A]に変更する.
- 検流計の感度は最大とせよ (sens.つまみをいっぱい回す).ただし, 感度を変えるときはメーター針の振れ具合に注意せよ.
- (4)の後半部分, 等電位線から電気力線を作図する作業は, 各自家で行う.
- p.202 の(4)の実験 (第 156 図) は, 時間があれば行う.
- 実験中ならいつでも良いが, 電極 1,2 間の距離 d と電極の半径 a , 電源に表示されている電圧 V , 電流 I をメモしておくこと (考察・課題 (3)で必要な値).

5. 考察・課題

(1) 等電位線に直交する線を引き, 電気力線の分布の様子を作図せよ.

- (2) 式(2)より, r_2/r_1 が一定になるように曲線をひくと, それは等電位線になる. これと実験により求めた等電位線とを比較し考察せよ.
- (3) 式(5)を用いて, アルミ箔の抵抗率 ρ を求めよ. アルミ箔の厚さ t は 12 [μm] とする. また, 文献(2)によるとアルミ箔の抵抗率 ρ は 2.5 [$\mu\Omega \cdot \text{cm}$]である. 実験値と比べてどうか.

参考文献

- (1) 詳細電磁気学演習：後藤憲一, 山崎修一郎共著 (共立出版 (株))
- (2) 薄膜ハンドブック：日本学術振興会薄膜第 131 委員会編 (オーム社)