

インダクタンスの導出 (演習問題)

v2.9 Dec.2020

凡例: ♣ 教科書 ♡ 演習書 ♠ 他文献

番号: _____ 氏名: _____

1. ♣ 単位長さ当たりの巻数が n の無限長空芯ソレノイド内に、巻数 N で半径 a [m] のコイルが置かれている。相互インダクタンスを求めよ。^{*1} (教科書, 例題 9.5)
2. ♣ 図 2 に示すように無限に長い直線電流に電流 I [A] が流れている。 N 巻の長方形コイル $a \times b$ を配置したとき、次の問いに答えよ。(1) $a \times b$ [m] の長方形部分を通る磁束と磁束鎖交数を求めよ。(2) 相互インダクタンスを求めよ。^{*2} (教科書, 例題 9.6)
3. ♣ 内導体の半径 a [m], 外導体の内半径 b [m], 外半径 c [m] の同軸線路がある。内導体と外導体の間は空気で満たされている。(1) 横軸を距離 r , 縦軸を磁界 H として磁界分布を描け。(2) 同軸線路 1 m あたりの鎖交磁束数 φ を求めよ。(3) 同軸線路 1 m あたりの自己インダクタンスを求めよ。ただし、導体の内部インダクタンスは無視する。(4) 内導体と外導体の間の空気領域に蓄えられる磁気エネルギーから求めた自己インダクタンスと比較せよ。^{*3}
4. ♣ 図 1 に示すように直径 $2a$ [m] の導線が間隔 d [m] で平行に配置された無限長平行線路がある。平行線路を取り囲む空間は空気で満たされている。(1) $z = 0$ 面の任意の点における磁束密度ベクトルを x の関数で示せ。(2) 平行線路 1 m あたりの鎖交磁束数 φ [Wb] を求めよ。(3) $a \ll d$ のとき平行線路の 1 m あたりの自己インダクタンスを求めよ。^{*4}
5. ◇ 比透磁率 800 の鉄心にコイルを 1200 回巻いた環状ソレノイドがある。ソレノイドの中心半径が 5 cm, 断面積 1 cm^2 であるとき、このコイルの自己インダクタンスを求めよ。^{*5} (教科書, 演習 9.6)

6. ◇ ボビンに一樣に巻かれた半径 $r=1.5 \text{ cm}$, 長さ $l=10 \text{ cm}$, 巻数 $N=50$ 回の空芯有限長ソレノイドの自己インダクタンスを求めよ。^{*6} (教科書, 演習 9.7)
7. ◇ 端子 1-2 間にコイルを一樣に N 回巻いた環状ソレノイドがある。端子 1-2 間に端子 3 を出して、端子 1-3 間と端子 2-3 間の相互インダクタンスを最大にするためには、端子 1-3 間の巻数を幾らにすればよいか。また、そのときの相互インダクタンスを求めよ。ただし、磁路の透磁率と平均の長さはそれぞれ μ [H/m], l [m] であり、磁路の断面積は S [m²] である。^{*7} (教科書, 演習 9.8)
8. ◇ 半径 a [m], l [m], μ [H/m] の直線導線の自己インダクタンスを求めよ。ただし、導線の太さは長さに比べて十分細いものとする。^{*8} (教科書, 演習 9.9)
9. ◇ 断面が長方形で、比透磁率 μ_r のコアをもつ巻数 N の環状ソレノイドがある。ソレノイドの内半径 a [m], 外半径 b [m], 厚さ c [m] であるときの自己インダクタンスを求めよ。ただし、ソレノイド内部の磁束密度は一樣とみなすことができないものとする。^{*9} (教科書, 演習 9.10)
10. ◇ 地上から h [m] の高さに、地面に平行に張られた半径 a [m], 透磁率 μ [H/m] の直線導線の単位長さ当たりの自己インダクタンスを求めよ。ただし、地面は完全導体とみなす。^{*10} (教科書, 演習 9.11)
11. ◇ 半径 a [m] の円形コイルと、その中心軸上に中心軸を一致させて d [m] 話して置かれた断面積 S [m²], 長さ l [m], 単位長さ当たりの巻数 n [回/m] の細長いソレノイドがある。コイル間の相互インダクタンスを求めよ。^{*11} (教科書, 演習 9.12)

★ 公式集

自己インダクタンスと相互インダクタンス

$$L = \frac{\varphi}{I} \text{ [H]}, \quad M = \frac{\varphi_{21}}{I_1} = k\sqrt{L_1 L_2}, \quad k: \text{結合係数} \quad (1)$$

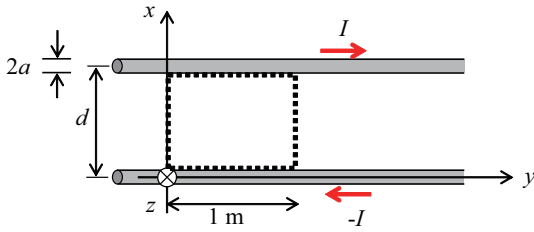


図 1 直径 $2a$, 間隔 d の平行線路

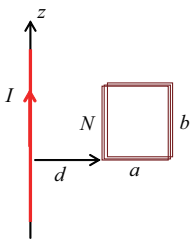


図 2 無限長直線電流と N 巻の長方形コイル

^{*1} 答え: $\mu_0 n N \pi a^2$ [H]
^{*2} 答え: (1) $\Phi_{21} = \frac{\mu_0 I b}{2\pi} \ln \frac{d+a}{d}$, $\varphi_{21} = \frac{\mu_0 I b N}{2\pi} \ln \frac{d+a}{d}$ (2) $\frac{\mu_0 b N}{2\pi} \ln \frac{d+a}{d}$
^{*3} 答え: (1) $\frac{I r}{2\pi a^2}$ ($r < a$), $\frac{I}{2\pi r}$ ($a < r < b$), $\frac{I}{2\pi r} \frac{c^2 - r^2}{c^2 - b^2}$ ($b < r < c$), 0 ($r < c$), グラフは略 (2) $\frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$ [Wb] (3) $\frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$ [H/m] (4) 略
^{*4} 答え: (1) $(\frac{\mu_0 I}{2\pi x} + \frac{\mu_0 I}{2\pi(d-x)}) \hat{z}$ [T] (2) $\frac{\mu_0 I}{\pi} \ln \frac{d-a}{a}$ [Wb] (3) $\frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{d}{a} + \frac{\mu}{4\pi}$ [H/m]
^{*5} 答え: 0.461 H

^{*6} 答え: 19.6 μH
^{*7} 答え: $\frac{N}{2}, \frac{\mu S N^2}{4l}$ [H]
^{*8} 答え: $\frac{\mu l}{8\pi} + \frac{\mu_0 l}{2\pi} (\ln \frac{2l}{a} - 1)$ [H]
^{*9} 答え: $\frac{\mu_0 \mu_r c N}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$
^{*10} 答え: $\frac{\mu}{8\pi} + \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{2h}{a}$
^{*11} 答え: $\frac{\mu_0 n S}{2} \left(\frac{d+l}{\sqrt{a^2+(d+l)^2}} - \frac{d}{\sqrt{a^2+d^2}} \right)$ [H]