

# 磁石と磁極 (演習問題)

v3.0 Sep.2022

番号: \_\_\_\_\_ 氏名: \_\_\_\_\_

1. けい素剛板の鉄心にコイルが 200 回巻いてある. (1) この磁路に  $\Phi = 9 \times 10^{-4}$  Wb の磁束を通すのに必要な電流  $I$  を求めよ. ただし, この鉄の  $BH$  曲線は図に示す通りである.\*<sup>1</sup> (田中, “解説 電気磁気 の考え方・解き方,” p.72, 東京電機大学出版局)

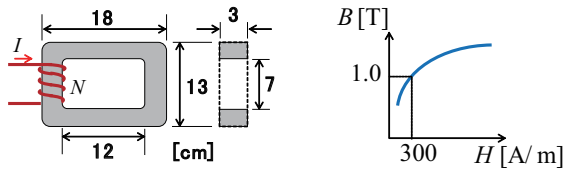


図 1 強磁性体の磁化曲線 1

2. 長さ  $l=0.3$  m, 断面積  $A=10^{-2}$  m<sup>2</sup> の環状鉄心に, コイルが 100 回巻かれている. 電流を  $I=6$  A にした場合の磁気抵抗  $R_m$  と磁束  $\Phi$  を求めよ. ただし, この鉄の  $BH$  曲線は図に示す通りである.\*<sup>2</sup> (田中, “解説 電気磁気 の考え方・解き方,” p.72, 東京電機大学出版局)

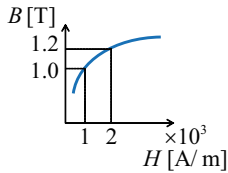


図 2 強磁性体の磁化曲線 2

3. ◇ 図の特性を有する永久磁石材料を用いて図の形状に加工した. (1) エアギャップ内の磁束密度を 0.4 T にするためには,  $l/\delta$  を幾らにすればよいか. (2)  $l=10$  cm,  $\delta=5$  mm のとき, エアギャップの磁束密度  $B$  を求めよ.\*<sup>3</sup> (教科書, 演習 7.8)

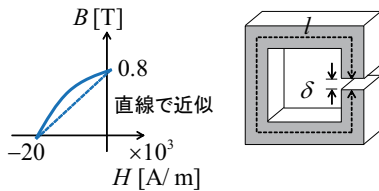


図 3 永久磁石の動作点

4. ♡ 一様に磁化された円柱磁性体がある. この磁性体中の磁束密度は幾らか. また, 磁束密度と磁化の強さおよび磁界の様子を図示せよ. ただし, 磁性体の比透磁率を  $\mu_r$  とし, 磁化面電流密度は  $J_{sb}$  とする. (演習書, 基礎 7.9)
5. 比透磁率  $\mu_r$  の環状鉄心に幅  $\delta$  [m] のエアギャップが空いている. 起磁力  $F$  を加えたとき次の各量を求めよ. ただし, 磁性体中の磁路の長さを  $l$  [m] とし, 磁路の断面は一定で  $S$  [m<sup>2</sup>] とする. (1) 磁束 (2) 鉄心内の磁化の強さ (3) 鉄心の両端に現れる磁極の強さ (教科書, 演習 7.7)
6. ◇ 地磁気は地球の中心に南極に向けて置かれた磁気モーメント  $m$  の磁石による磁界と与えられるとして, 地磁気の伏角  $\psi$  と磁気緯度  $\theta$  の関係を求めよ. ただし, 伏角は地磁気の磁界が水平面となす角度である. (教科書, 演習 7.11)
7. ♠ 磁化  $M$  [A/m] で磁化された環状鉄心がある. この鉄心の磁路の長さは  $l$  [m] で幅  $\delta$  [m] のエアギャップが空いている. 減磁率を  $N$  とするとき, 鉄心内部の磁界は  $H_d = -NM$  で与えられる.  $N$  の値を求めよ. また, エアギャップ内の磁界  $H_g$  [A/m] を求めよ.\*<sup>4</sup> (湯本, 電気磁気学の基礎, p.126, 数理工学社)
8. ◇ 磁石のまわりの磁界の様子は電気ダイポールの電界の様子と同じであるから, 電気ダイポールの電荷  $\pm Q$  [C] に対応して, 磁気ダイポールを考えることができる. 磁極の強さ  $\pm Q_m = \pm MS$  [Am] の磁石が作る磁界  $H$  [A/m] を求めよ. ただし, 磁極間の距離は電気ダイポールと同じで  $l$  [m] とし,  $r \gg l$  とする. (教科書, 演習 7.10)
9. ♠ 微小ループ電流による磁界はループ面に垂直な微小磁石 (微小磁気ダイポール) と等価である. 微小ループの面積を  $S$ , ループ電流を  $I$  としたとき, 磁気ダイポールモーメントは  $m = IS$  で与えられる. 微小ループ電流による磁界  $H$  を求めよ. さらに, この磁界  $H$  は距離  $l$  離れた磁極  $\pm Q_m = \pm MS$  が作る磁界と等価であることを示せ.\*<sup>5</sup>
10. ♠ 一様な磁界  $H_0$  の中に半径  $a$  で透磁率  $\mu$  の磁性体球を置いたとき, 磁性体内部の磁界と磁束密度の大きさを求め, 減磁率  $N$  が  $1/3$  になることを示せ. (演習書, 応用 7.4, 山村, 電磁気学演習 [新訂版], p.88)

## ★ 公式集

### 磁化と磁極, 比透磁率

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}, \quad (1)$$

$$\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0\vec{H} + \mu_0\vec{M} = \vec{B}_e + \vec{B}_m, \quad (2)$$

$$\vec{M} = \chi_m\vec{H}, \quad (M \text{ と } H \text{ が比例関係とみなせる線形媒質の場合}) \quad (3)$$

$$\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \chi_m\vec{H}) = \mu_0(1 + \chi_m)\vec{H} = \mu_0\mu_r\vec{H} = \mu\vec{H}, \quad (4)$$

$$Q_m = MS = \sigma_m S, \quad \text{磁極の強さ [A} \cdot \text{m]} \quad \mu_r : \text{比透磁率} \quad (5)$$

\*<sup>1</sup> 答え: (1) 0.75 A

\*<sup>2</sup> 答え:  $5 \times 10^4$  1/H,  $1.2 \times 10^{-2}$  Wb, (磁気抵抗は磁気回路を使うと簡単)

\*<sup>3</sup> 答え: (1) 31.8, (2) 0.31 T

\*<sup>4</sup> 答え:  $N = -\frac{\delta}{l+\delta}$ ,  $H_g = M \frac{l}{l+\delta}$

\*<sup>5</sup> 答え:  $H_r = \frac{m \cos \theta}{2\pi r^3}$ ,  $H_\theta = \frac{m \sin \theta}{4\pi r^3}$ ,  $H_\varphi = 0$ ,

ヒント:  $I \equiv \int_C \vec{M} \cdot d\vec{l} = MI$