

解析電磁気学演習 (12) 磁性体 (Jun. 27)

学籍番号:

氏名:

以下の問に答えよ。真空の透磁率を μ_0 [H/m] とする。

- 1 図 1(a) に示す平均磁路長 $l = 50$ mm の環状鉄心 A に生ずる磁束と、図 1(b) に示すように A に空隙 $l_g = 0.5$ mm を設けた環状鉄心 B に生ずる磁束が共に Φ [Wb] で等しいとき、図 1(b) のコイルに流す電流 I_B を表す近似式として、正しいものを下の番号から選べ、ただし、A に巻くコイルに流れる電流を I_A [A] とし、コイルの巻数 N はどちらのコイルでも等しく、鉄心の比透磁率 $\mu_r = 1000$ とする。また、磁気飽和及び漏れ磁束はないものとする。 (第一級陸上無線技術士「無線工学の基礎」H24 年 1 月)

① $I_B \approx 11I_A$ [A] ② $I_B \approx 21I_A$ [A] ③ $I_B \approx 50I_A$ [A] ④ $I_B \approx 100I_A$ [A] ⑤ $I_B \approx 150I_A$ [A]

- 2 図 2 に示すような透磁率が μ [H/m] の鉄心で作られた磁気回路の磁路 ab の磁束 Φ [Wb] を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、磁性体の断面積はどれも S [m²] であり、各磁路 (ab, cd, ef, ac, ae, bd, bf) は l [m] で等しいものとし、磁気回路に漏れ磁束はないものとする。また、コイル C の巻数を N 、C に流す直流電流を I [A] とする。 (第一級陸上無線技術士「無線工学の基礎」H25 年 1 月)

① $\Phi = \frac{N^2 I \mu l}{S}$ ② $\Phi = \frac{2N^2 I \mu S}{5l}$ ③ $\Phi = \frac{NI \mu S}{2l}$ ④ $\Phi = \frac{NI \mu l}{2S}$ ⑤ $\Phi = \frac{2NI \mu S}{5l}$

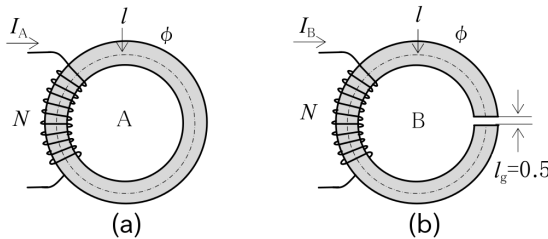


図 1: 2つの磁気回路

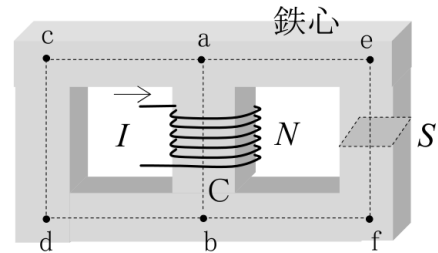


図 2: 磁気回路

- 3 真空中に半径 a [m] の球状の磁性体 (透磁率 μ [H/m]) をおき、周囲から一様磁場 (磁束密度 B_0 [T]) を印加する。磁性体球内は一様な磁化ベクトル M [A/m] ができるが、このときの球内外の磁束密度は次のような仮定で求めることができる。

- ① 球内部では一様な磁束密度 B_i [T]
 ② 球外部では、印加された磁束密度 B_0 と、球の中心に仮想的に $m = \frac{4\pi a^3}{3} M$ [A·m] の磁気モーメントを置いたときにできる磁束密度 B_m [T] の和: $B = B_0 + B_m$ (B_m は本日の授業の結果を利用)

以上の仮定を用いて、球内部の磁束密度 B_i 、磁化ベクトル M を求める。座標系を図 3 のように置いて、 $B_0 = B_0 \hat{z}$, $M = M \hat{z}$, $B_i = B_i \hat{z}$ として以下の問に答えよ。 (東工大院理工学研究科 H26 年)

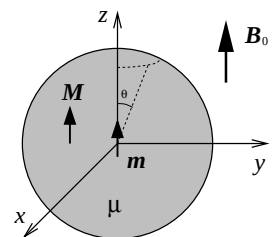


図 3: 一様磁場中の磁性体球

- (a) 磁性体と真空の境界は $|\mathbf{r}| = a$ にあるため、球座標系を用いた方が境界条件の適用に都合が良い。そこで、磁化ベクトルなどは z 方向を向いていることから、球座標系で表現し直す必要がある。 $\mathbf{B}_0, \mathbf{B}_i, \mathbf{B}_m$ について、球座標系の基本単位ベクトル $\hat{\mathbf{r}}, \hat{\boldsymbol{\theta}}, \hat{\boldsymbol{\phi}}$ を用いて表せ。
(ヒント: いずれも ϕ 成分は持たない。授業資料の式 (2.18)-(2.20) を利用可)

- (b) 磁性体と真空の境界における、磁束密度、磁界の境界条件を適用し、 B_i と M の関係式を二つ導出せよ。
(ヒント: r, θ 成分のいずれが境界面に対する法線成分で、いずれが接線成分かを考えること。磁束密度の法線成分が連続、磁界 (= 磁束密度/透磁率) の接線成分が連続を適用する。)

- (c) 上の二式を解いて B_i, M を求めよ。