

2024 年度大学院博士前期課程入学試験

大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報通信工学専攻

基礎科目試験問題

(実施時間 9:30 ~ 12:30)

【注 意 事 項】

1. 問題用紙は、この表紙や白紙を除いて13頁ある。解答開始の指示があるまで開いてはいけない。解答開始後、落丁や不鮮明な箇所等があった場合は、手を挙げて監督者にその旨を伝えること。
2. 試験問題は、「数学1」、「数学2」、「数学3」、「数学4」、「数学5」、「電磁理論1」、「電磁理論2」、「電気電子回路1」、及び、「電気電子回路2」の9題*あり、この順番に綴じられている。このうち、5題を選択し解答すること。但し、選択すべき試験問題は、受験コース毎に下表のように規定されている。

3.

受験コース名	選択すべき試験問題
電気工学コース	「数学1」、「数学2」、「数学3」、「数学4」、「数学5」の5題から3題、及び、「電磁理論1」、「電磁理論2」、「電気電子回路1」、「電気電子回路2」の4題から2題、合計5題を選択すること
量子情報エレクトロニクスコース	
情報通信工学コース	9題（上記*印）から5題選択すること

4. 解答開始前に、別紙の「基礎科目試験問題選択票」に記載の注意事項も読んでおくこと。
5. 問題用紙は持ち帰ってもよい。

【数学1】 解答は、白色（1番）の解答用紙に記入すること。

a を実数 (real number) とし、行列 (matrix) $M(a)$ を

$$M(a) = \begin{pmatrix} a-1 & 0 & 3 \\ 1 & a & 1 \\ 1 & 0 & a+1 \end{pmatrix}$$

とする。以下の設問 (a)~(c) に答えよ。

(a) 連立1次方程式 (simultaneous linear equations)

$$M(a) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

が解 (solution) を持つための a の条件を求めよ。

(b) 行列 $M(1)$ の全ての固有値 (eigenvalue) と、各固有値に対応する固有ベクトル (eigenvector) を求めよ。

(c) 行列

$$\sum_{i=1}^n M(i)$$

の全ての固有値を求めよ。さらに、最大の固有値に対応する固有ベクトルを示せ。ただし、 n は自然数 (natural number) である。

【数学2】解答は、赤色(2番)の解答用紙に記入すること.

以下の設問 (a)~(d) に答えよ.

(a) 次の積分 (integral) を求めよ. ただし, a は正の定数 (positive constant) である.

$$\iint_R e^{-x^2-y^2} dx dy \quad R = \{(x, y): 0 \leq x^2 + y^2 \leq a^2, x \geq 0, y \geq 0\}$$

(b) 設問 (a) の結果を利用し, 次式が成り立つことを示せ.

$$\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

(c) ガンマ関数 (gamma function) $\Gamma(x)$ は次式で定義される.

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{x-1} dt \quad (x > 0)$$

$\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)$ を求めよ.

(d) ベータ関数 (beta function) $B(x, y)$ は次式で定義される.

$$B(x, y) = \int_0^1 t^{x-1} (1-t)^{y-1} dt \quad (x > 0, y > 0)$$

ガンマ関数とベータ関数の間に次の関係式が成り立つことを示せ.

$$B(x, y) = \frac{\Gamma(x)\Gamma(y)}{\Gamma(x+y)}$$

【数学3】解答は、青色（3番）の解答用紙に記入すること。

次式で定義される関数 (function) $f_n(x)$ に関する以下の設問 (a)~(c) に答えよ。

$$f_n(x) = \frac{1}{2n} \sum_{k=1}^{2n} \frac{e^{i\theta_k}}{e^{i\theta_k} - x}, \quad \theta_k = \frac{\pi}{n} \left(k - \frac{1}{2}\right) \quad (1)$$

ただし、 n は自然数 (natural number), x は実数 (real number), i は虚数単位 (imaginary unit) とする。

- (a) $f_1(x)$ および $f_2(x)$ を求めよ。
- (b) $f_n(x)$ の値は実数となることを示せ。
- (c) n が大きい極限 ($n \rightarrow \infty$) において、式 (1) は次式となる。

$$\lim_{n \rightarrow \infty} f_n(x) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{e^{i\theta}}{e^{i\theta} - x} d\theta$$

$\lim_{n \rightarrow \infty} f_n(x)$ を求めよ。

【数学4】 解答は、黄色(4番)の解答用紙に記入すること。

以下の設問 (a)~(d) に答えよ。

- (a) a を実定数 (real constant), 関数 (function) f のラプラス変換 (Laplace transform) を $L[f(t)](s) = F(s)$ で表すものとする。このとき, 次が成り立つことを示せ。

$$L[e^{at}f(t)](s) = F(s - a)$$

- (b) ω を実定数とするとき, $\sin \omega t, \cos \omega t$ のそれぞれのラプラス変換が, $L[\cos \omega t](s) = \frac{s}{s^2 + \omega^2}$, $L[\sin \omega t](s) = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$ であることを示せ。

- (c) 初期条件 (initial condition) $x(0) = 0, y(0) = 0$ のもとで, $x(t), y(t)$ が微分方程式 (differential equation)

$$\begin{pmatrix} \frac{dx(t)}{dt} \\ \frac{dy(t)}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad t \geq 0 \quad (1)$$

を満たすとする。 $x(t), y(t)$ のラプラス変換 $X(s), Y(s)$ が存在するとき,

$$\begin{pmatrix} X(s) \\ Y(s) \end{pmatrix} = \frac{1}{(s-1)^2 + 1} \begin{pmatrix} s-1 & 1 \\ -1 & s-1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1/s \\ 0 \end{pmatrix}$$

が成立することを示せ。

- (d) 設問 (a)~(c) の結果を利用し, $X(s), Y(s)$ を逆変換 (inverse transform) することで式(1)の解 (solution) $x(t), y(t)$ を求めよ。

【数学5】解答は、水色（5番）の解答用紙に記入すること。

それぞれ1から N までの番号が書かれた N 枚のカードと何も書かれていない M 枚のカード、合計 $N+M$ 枚のカードが入った箱がある。この箱から無作為に (randomly) カードを1枚取り出してカードを確認した後、元に戻すという操作を繰り返す。ただし N は2以上の自然数 (natural number) であり、 M は非負の整数 (non-negative integer) である。以下の設問 (a)~(d) に答えよ。

- (a) ある時点において、番号が書かれたカードを j 種類 ($j = 0, 1, \dots, N-1$) 取り出していた、すなわち、一度も取り出したことがない数字が書かれたカードが $N-j$ 種類あるとする。この後、初めて $j+1$ 種類目の番号が書かれたカードを取り出すまでに必要なカードの取り出し回数を S_j とする。 S_j の期待値 (expectation) $E[S_j]$ と分散 (variance) $\text{Var}[S_j]$ を求めよ。
- (b) 数字が書かれた N 種類のカード全てを取り出すまでに必要なカードの取り出し回数を $T_{N,M}$ とする。 $T_{N,M}$ の期待値 $E[T_{N,M}]$ を求めよ。さらに、以下の不等式 (inequality) が成立することを示せ。

$$(N+M) \log_e(N+1) < E[T_{N,M}] < (N+M)(1 + \log_e(N))$$

ただし、 e はネイピア数 (Napier's constant) である。

- (c) A_i ($i = 1, 2, \dots$) をそれぞれ事象 (event) とする。2以上の任意の自然数 N に対して次式が成立することを数学的帰納法 (mathematical induction) を用いて証明せよ。

$$\Pr(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_N) \leq \sum_{i=1}^N \Pr(A_i)$$

- (d) n 回 ($n = 1, 2, \dots$) カードを取り出したが、数字 i ($i = 1, 2, \dots, N$) が書かれたカードは一度も取り出されなかったという事象を $B_i(n)$ で表す。事象 $\{T_{N,M} > n\}$ を事象 $B_1(n), B_2(n), \dots, B_N(n)$ を用いて表せ。さらに、ある正数 (positive real) α に対して

$$n \geq (\alpha + 1)(N + M) \log_e(N)$$

ならば

$$\Pr(T_{N,M} > n) \leq \frac{1}{N^\alpha}$$

が成立することを示せ。なお、 $x \geq 1$ に対して次式が成立することをを用いて良い。

$$\left(1 - \frac{1}{x}\right)^x \leq \frac{1}{e}$$

【電磁理論1】 解答は、桃色(6番)の解答用紙に記入すること。

解答用紙に①～⑳の番号を記し、対応する以下の文中の空欄に当てはまる数式や数値を、⑭は選択肢から一つ選び、④⑱⑳は定規・コンパスなどを用いずに適切な概略図を解答用紙に記入せよ。

[1] 真空中(誘電率 ϵ_0)の点A(位置ベクトル r_1)にある正の電荷量 q をもつ点電荷が点B(位置ベクトル r_2)に作る電界 E は、ベクトル表記で

$$E = \boxed{\text{①}} \frac{r_2 - r_1}{|r_2 - r_1|}$$

と表される。そのとき、点Bの電位 ϕ は、無限遠における電位を0としたとき

$$\phi = \boxed{\text{②}}$$

と表される。点Bに正の電荷量 q' をもつ点電荷を置いたとき、点Bの点電荷に働くクーロン力 F は、ベクトル表記で

$$F = \boxed{\text{③}}$$

と表される。

電界の分布を表すものとして電気力線がある。直角座標系 (x, y, z) の原点 O に、正に帯電した点電荷が置かれているとき、 xy 面における電気力線の分布を図1に示す。図1上の点 C を通る等電位面と xy 面の交線を図示すると $\boxed{\text{④}}$ となる。図1を外枠を含めて全て解答用紙に写し、その上に示しなさい。また、点 C の2倍の電位の等電位面と xy 面の交線を④の解答に重ねて描きなさい。

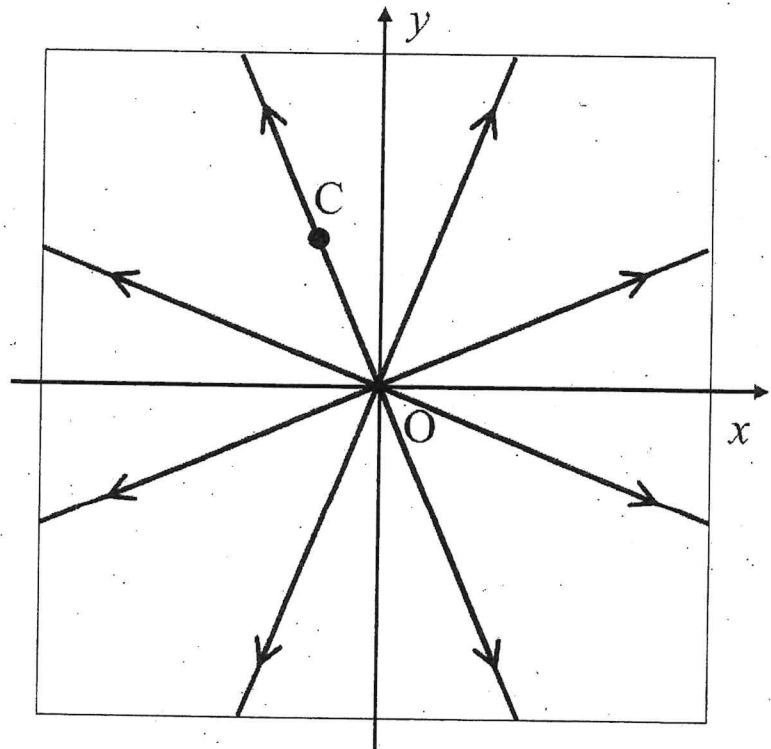


図1

[2] 図 2 に示すように真空中（誘電率 ϵ_0 ）に直角座標系 (x, y, z) （原点 O ）をとり，電荷量 q ($q > 0$) の点電荷 $A(d/2, 0, 0)$ と電荷量 $-q$ の点電荷 $B(-d/2, 0, 0)$ が微小な距離 d を隔てて存在する．この電気双極子の点電荷 A, B が生じる電界および電位について考察する．点 $P(0, L, 0)$ において，点電荷 A および B が生じる電界をそれぞれ E_1, E_2 とする．点電荷の存在する位置から無限遠における電位を 0 とする．また，直角座標系の基本ベクトルを i_x, i_y, i_z とする．

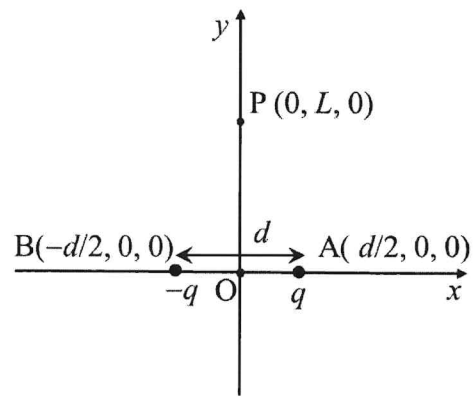


図 2

点 P において，点電荷 A, B が作り出す電位 Φ_P は

$$\Phi_P = \boxed{\text{⑤}}$$

と表される．電界 E_1 は基本ベクトルを用いて下記のように表される．

$$E_1 = i_x \boxed{\text{⑥}} + i_y \boxed{\text{⑦}} + i_z \boxed{\text{⑧}}$$

電気双極子の 2 つの電荷 A, B が生じる電界 E_P は E_1 と E_2 の和として，下記のように表される．

$$E_P = i_x \boxed{\text{⑨}} + i_y \boxed{\text{⑩}} + i_z \boxed{\text{⑪}}$$

ここで L が d より十分大きいとき ($L \gg d$) の電界を求めよう． d^2/L^2 は 1 に比べて十分小さく無視できるとする近似を用いて，点 P が原点 O から十分遠方のときの電界 E_{PF} は基本ベクトルを用いて

$$E_{PF} = \boxed{\text{⑫}} \quad (L \gg d)$$

と表される．ここで電気双極子と単電荷が生じる電界を比較する．電界 E_{PF} の大きさは，原点に点電荷（電荷量 q ）を置いた場合に，同じ位置点 P に生じる電界に $\boxed{\text{⑬}}$ を掛けたものになっており，その電界の大きさは原点に置かれた点電荷が作り出す電界の大きさより $\boxed{\text{⑭ (ア) 大きい, (イ) 小さい}}$ ．

[3] 図2における電荷量 q ($q > 0$) の点電荷 A 及び電荷量 $-q$ の点電荷 B による電気双極子について、原点 O より十分離れた距離 r ($r \gg d$) にある xy 面上の任意の点 S (位置ベクトル \mathbf{r}) における電位を、電気双極子モーメント $\mathbf{p} = q\mathbf{d}$ (ただし、 \mathbf{d} は大きさが d で、点電荷 B から点電荷 A に向かう距離ベクトルとする) を用いて、

$$\phi_s = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{\mathbf{p} \cdot \mathbf{r}}{r^3} \right)$$

と表すことができる。このときの点 S における電界は、

$$\mathbf{E}_s = \boxed{\text{⑮}} \mathbf{r} + \boxed{\text{⑯}} \mathbf{p}$$

と表される。また x 軸と \mathbf{r} のなす角を φ として点 S の極座標表示 (r, φ) における電界の r 方向および φ 方向の成分は

$$E_r = \boxed{\text{⑰}}$$

$$E_\varphi = \boxed{\text{⑱}}$$

と表される。

上記の電気双極子が xy 面上に作る電気力線の概要を、図3を解答用紙に写し $-d \leq x \leq d$, $-d \leq y \leq d$ の範囲において図示すると $\boxed{\text{⑲}}$ となる。ただし、電気力線は点 A, B のまわりに描かれた線を延長するように描きなさい。図1のように電気力線には矢印をつけて向きを示しなさい。 x 軸上の電気力線は描かなくて良い。また、点電荷 A, B の電荷量が、ともに q であったときの xy 面上に作る電気力線の概要を、同様に図3を用いて $-d \leq x \leq d$, $-d \leq y \leq d$ の範囲において図示すると $\boxed{\text{⑳}}$ となる。

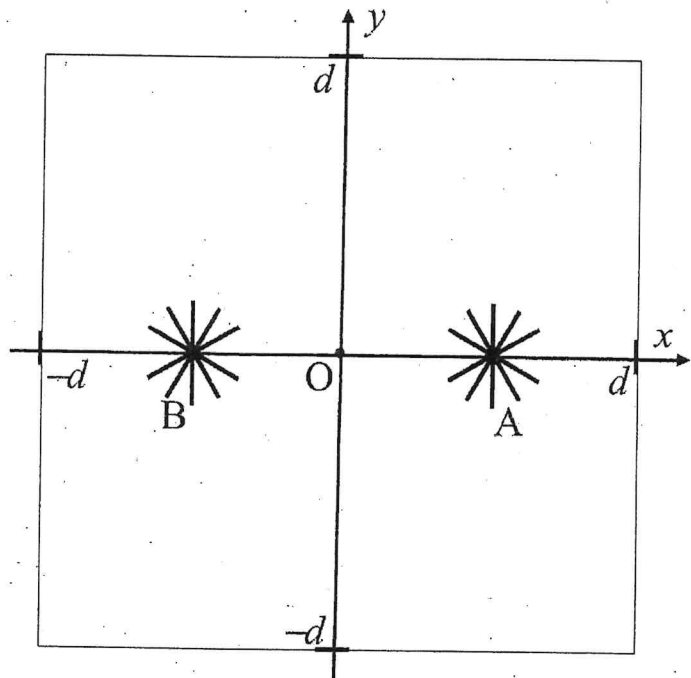


図3

【電磁理論2】 解答は、緑色(7番)の解答用紙に記入すること。

解答用紙に①～④の番号を記し、対応する以下の空欄にあてはまる適当な数式や数値を記入せよ。なお、⑭では4つの選択肢から2つを、⑰と⑱では2つの選択肢から1つを選べ。なお、問題で扱う領域は真空とする。

[1] ここでは閉回路 C が変形せずに電磁界中を運動している場合のファラデーの電磁誘導法則を考える。閉回路 C を周辺とする面を S とする。このとき、ファラデーの電磁誘導法則(積分形)は、電界 E 、磁束密度 B 、閉回路中の単位正電荷の速度 v を用いて以下のように表される。ただし、閉回路中の電荷は、閉回路の各点において、回路とともに運動するものとする。

$$\oint_C \left(\boxed{\text{①}} + \boxed{\text{②}} \times \boxed{\text{③}} \right) \cdot dt = - \frac{d}{dt} \int_S \boxed{\text{④}} \cdot n dS \quad (1)$$

ここで、 dt は閉回路 C に接し、 C に沿う線積分の方向を向く無限に小さなベクトル微分線素、 n は面 S に垂直で、 C に沿う線積分の方向に右ネジを回すとき右ネジの進む方向を向く単位法線ベクトルである。なお、式(1)の左辺は閉回路 C に誘起される起電力 V を示す。

次にファラデー・マクスウェルの法則の微分形を考える。本法則は電界 E と磁束密度 B を用いて以下の様にする。

$$\boxed{\text{⑤}} = - \frac{\partial}{\partial t} \boxed{\text{⑥}} \quad (2)$$

式(2)の両辺について、単位法線ベクトル n とスカラー積をとって面 S にわたって面積分し、左辺にストークスの定理を適用すると以下の式が得られる。

$$\boxed{\text{⑦}} = - \int_S \boxed{\text{⑧}} \quad (3)$$

静磁界の場合は式(3)の右辺が $\boxed{\text{⑨}}$ となるため、式(1)は以下のように書ける。

$$\boxed{\text{⑩}} = - \frac{d}{dt} \boxed{\text{⑪}} \quad (4)$$

式(4)より、静磁界中においても、閉回路 C の運動により起電力が生じることが示される。

[2] 図1のように2対の辺の長さが a と b の方形コイルが、静磁界中で辺 DA と辺 BC の中点を結ぶ直線を軸として回転する場合を考える。回転軸を z 軸とする円柱座標系 (r, φ, z) で考えたとき、方形コイルは φ 方向に一定の角速度 $\omega (> 0)$ で回転する。図1に示すように、時刻 $t=0$ に方形コイルを含む平面が定常一様磁束密度 B と垂直に交わっている(ただし、磁束密度 B の方向は紙面裏側から表側の方向である)。時刻 t において方形コイルを貫く磁束 $\Phi(t)$ は

$$\Phi(t) = \boxed{\text{⑫}} \quad (5)$$

となり、これより方形コイルに誘起される起電力 $V(t)$ は、

$$V(t) = \boxed{\text{⑬}} |B| \quad (6)$$

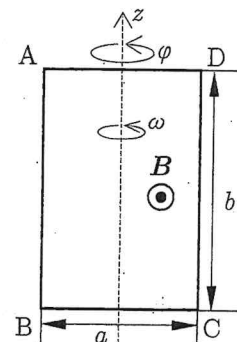


図1

となる。ただし、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の方向の起電力を正とする。

一方、方形コイル中の電荷が磁界中で運動することによって起電力が誘起されるという視点からも同様の結果を得ることができる。このとき方形コイルの4辺のうち、2辺 $\textcircled{14}$ (AB), (BC), (CD), (DA) に生じる起電力は零になるため他の2辺の起電力のみ考えれば良い。この2辺で生じる単位長あたりの起電力 $V_1(t)$ は、

$$V_1(t) = \textcircled{15} \quad (7)$$

となり、これより方形コイル全体で生じる起電力 $V(t)$ を求めると、式(6)と同じになる。

[3] 前問と同じように角速度 ω で回転する方形コイルが、無限長の定常線電流 $I (>0)$ によって作られる磁界中に置かれている場合を考える。図2に示すように、時刻 $t=0$ において線電流と方形コイルは同一平面上にあり、線電流と方形コイルの辺 AB の距離は $a/2$ とする。方形コイルの回転軸は線電流方向に平行である。なお、本問では線電流を z 軸とする円柱座標系 (r, φ, z) で考える (電流の流れる方向を z 軸正方向とする)。また、起電力の正方向は $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の方向とする。

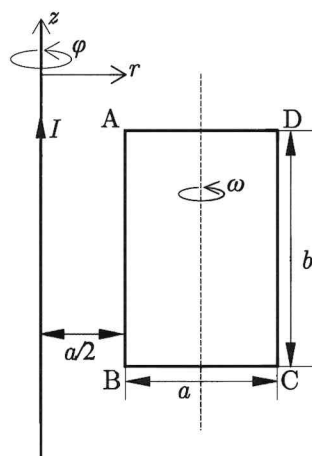


図2

線電流 I によって作られる磁束密度 \mathbf{B} は、以下のよう
に書ける。ただし、真空の透磁率を μ_0 とする。

$$\mathbf{B} = i_r \textcircled{16} + i_\varphi \textcircled{17} + i_z \textcircled{18} \quad (8)$$

ここで、 i_r , i_φ , i_z は r 方向, φ 方向, z 方向の基本ベクトルである。

次に、方形コイルに生じる起電力 V を時刻 $t=0$ の位置から $\pi/2$ 回転した位置で求める。向かい合った2辺 $\textcircled{19}$ (AB と CD), (BC と DA) に生じる起電力は零になるため、他の2辺のみ考えれば良い。これら2辺 $\textcircled{20}$ (AB と CD), (BC と DA) の速度 v と磁束密度 \mathbf{B} のなす角を $\theta (< \pi/2)$ とすると、

$$\sin \theta = \textcircled{21} \quad (9)$$

となる。また、2辺 $\textcircled{20}$ (AB と CD), (BC と DA) の位置における磁束密度の大きさ $|\mathbf{B}|$ は、

$$|\mathbf{B}| = \textcircled{22} \quad (10)$$

であるから、これらより方形コイルに生じる起電力 V は

$$V = \textcircled{23} \quad (11)$$

となる。

また、同様に考えて、時刻 $t=0$ の位置での起電力 V は、

$$V = \textcircled{24} \quad (12)$$

となる。

<専門用語英訳 電磁理論>

真空	vacuum
誘電率	dielectric constant; permittivity
位置ベクトル	position vector
電荷	electric charge
電界	electric field
電位	electric potential
クーロン力	Coulomb's force
電気力線	line of electric force
直角座標	cartesian coordinates
電気双極子	electric dipole
基本ベクトル	base vector
距離ベクトル	distance vector
極座標	polar coordinates
電磁誘導法則	electromagnetic induction law
閉回路	closed circuit
起電力	electromotive force
磁束密度	magnetic flux density
微分要素	differential element
単位法線ベクトル	unit normal vector
スカラー積	scalar product
面積分	surface integral
ストークスの定理	Stokes' theorem
方形コイル	square coil
静磁界	magnetostatic field
円柱座標系	circular-cylindrical coordinates
定常	stationary
一様	uniform
角速度	angular velocity
無限長の	infinitely long
線電流	line current
透磁率	permeability

【電気電子回路1】 解答は、灰色(8番)の解答用紙に記入すること。

正弦波定常状態^{*1}にある回路について考える。記号に付したドット(·)は複素数であることを表す。虚数単位^{*2}を j 、電源の角周波数^{*3}を ω とし、 ω 、 C_1 、 C_2 、 L 、 R_1 、 L_1 、 L_2 、 M はいずれも正の実数とする。

図1(b)は、図1(a)に示す回路の等価回路である。次の問いに答えよ。

(1) \dot{E}_{eq} および \dot{Z}_{eq} を ω 、 C_1 、 C_2 、 \dot{V}_{in} のうち必要なものを用いて示せ。

図1におけるポート1-1'の右側に、図2に示す負荷を接続した場合について考える。

(2) ω 、 C_1 、 C_2 、 L 、 R_1 、 \dot{V}_{in} のうち必要なものを用いて、以下の空欄(i)(ii)を埋めよ。

$$\dot{I} = \frac{(i)}{R_1 + j\{(ii)\}} \dot{V}_{in}$$

(3) \dot{V}_{out1} の振幅が R_1 の値に依存しないための ω の条件を C_1 、 C_2 、 L を用いて示せ。

図1におけるポート1-1'の右側に、図3に示す負荷を接続した場合について考える。

(4) ω 、 \dot{E}_{eq} 、 \dot{Z}_{eq} 、 L 、 L_1 、 L_2 、 M 、 \dot{Z}_2 、 \dot{V}_{out2} のうち必要なものを用いて以下の空欄(iii)~(v)を埋め、閉路方程式^{*4}を完成させよ。

$$\begin{bmatrix} (iii) & (iv) \\ (iv) & (v) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{E}_{eq} \\ 0 \end{bmatrix}$$

(5) $\dot{V}_{in} = 10 \text{ V}$ 、 $\omega = 1 \text{ rad/s}$ 、 $C_1 = 1 \text{ F}$ 、 $C_2 = 9 \text{ F}$ 、 $L = 0.1 \text{ H}$ 、 $L_1 = 2.5 \text{ H}$ 、 $L_2 = 0.4 \text{ H}$ 、 $M = 1 \text{ H}$ 、 $\dot{Z}_2 = 1 + j0.6 \Omega$ のとき、 \dot{V}_{out2} の振幅値を求めよ。

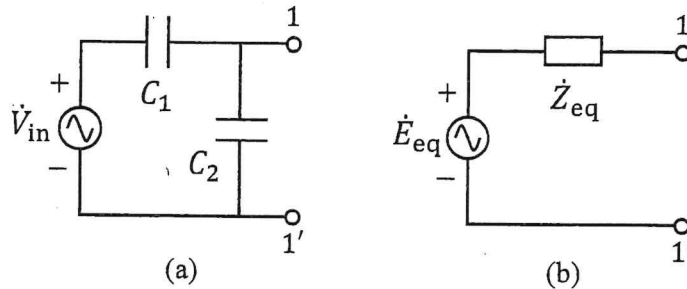


図1

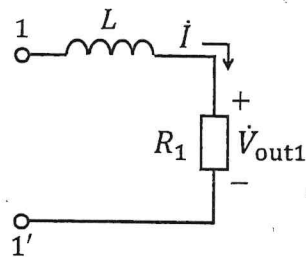


図2

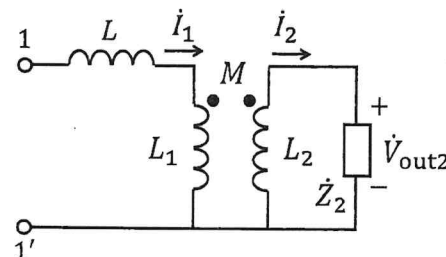


図3

^{*1} 正弦波定常状態 : sinusoidal steady state ^{*2} 虚数単位 : imaginary unit ^{*3} 角周波数 : angular frequency
^{*4} 閉路方程式 : loop equation

【電気電子回路2】 解答は、だいたい色(9番)の解答用紙に記入すること。

図1, 2は演算増幅器*1を用いた回路である。以下の各問い(1)~(7)に答えよ。ただし、演算増幅器単体の電圧利得*2を A 、入力インピーダンスを無限大、そして出力インピーダンスを零とする。回路は角周波数*3 $\omega (= 2\pi f)$ の正弦波定常状態*4 にあり、 f を周波数とする。入力電圧のフェーザ*5 を \dot{V}_{IN1} , \dot{V}_{IN2} 、出力電圧のフェーザを \dot{V}_{OUT1} , \dot{V}_{OUT2} とする。また、回路内の Z_1 , Z_2 は複素インピーダンスを表し、 R_1 , R_2 , C はそれぞれ正の実定数とする。

- (1) 図1の回路において、 \dot{V}_{OUT1} を A , \dot{V}_{IN1} , 反転入力端子の電圧フェーザ \dot{V}_- を用いて表せ。
- (2) 図1の回路において、 \dot{V}_- を \dot{V}_{OUT1} , Z_1 , Z_2 を用いて表せ。
- (3) 問い(1), (2)の結果を踏まえ、 $\dot{V}_{OUT1}/\dot{V}_{IN1}$ を A , Z_1 , Z_2 を用いて表せ。
- (4) 問い(3)において、 A が無限大のとき、 $\dot{V}_{OUT1}/\dot{V}_{IN1}$ を求めよ。
- (5) 図2の回路において、 A が無限大のとき、 $\dot{V}_{OUT2}/\dot{V}_{IN2}$ は j (虚数単位*6) を用いて

$$\dot{V}_{OUT2}/\dot{V}_{IN2} = \boxed{\text{(a)}} + j \boxed{\text{(b)}},$$

と表される。 $\boxed{\text{(a)}}$ および $\boxed{\text{(b)}}$ にあてはまる数式を、 R_1 , R_2 , C , ω を用いて示せ。

- (6) 問い(5)において、 $\omega \rightarrow 0$ および $\omega \rightarrow \infty$ の極限における $\dot{V}_{OUT2}/\dot{V}_{IN2}$ を求めよ。
- (7) 問い(5)において、 \dot{V}_{IN2} の時間領域の関数が $v_2(t) = \sqrt{2}\sin(\omega t)$ [V] (t は時間) で与えられるときを考える。 $R_1 = 1.0 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 4.0 \text{ k}\Omega$, そして $f = 10 \text{ kHz}$ のとき、 \dot{V}_{OUT2} は \dot{V}_{IN2} と同位相であった。このとき、 C の値と \dot{V}_{OUT2} の実効値を求めよ。答えは有効数字2桁の近似値でよい。単位をつけること。

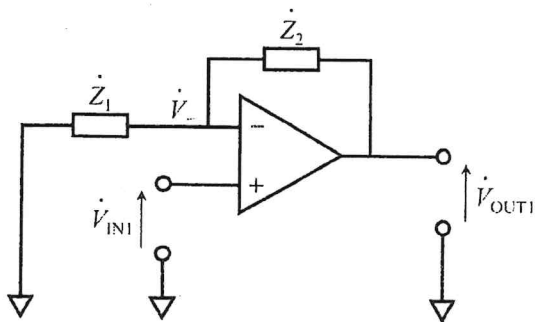


図1

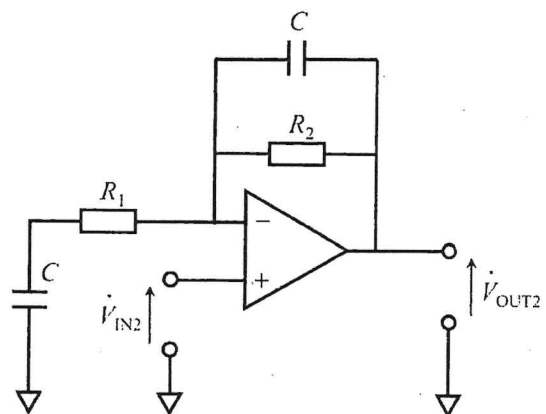


図2

注 図中、右の記号は基準電位*7を表す。↓

*1 演算増幅器 : operational amplifier

*2 電圧利得 : voltage gain

*3 角周波数 : angular frequency

*4 正弦波定常状態 : sinusoidal steady state

*5 フェーザ : phasor

*6 虚数単位 : imaginary unit

*7 基準電位 : reference potential