

令和4年度京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科  
博士前期（修士）課程 電子システム工学専攻  
学力検査試験問題

**専門科目**

注意

- この問題冊子は合図があるまで中を開かないでください。問題は  
p.1… 問題1（電磁気学）……………解答用紙1枚（問1表、問2裏）に記入  
p.2… 問題2（電気回路）……………解答用紙1枚に記入  
p.4… 問題3（電子回路）……………解答用紙2枚に記入  
の3題であり、全問必答です。試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明や落丁などに気づいたら  
申し出ること。
- 机の上には受験票以外に、次のものを置いてもよろしい。  
…鉛筆（またはシャープペンシル）、消しゴム、鉛筆削り、定規、計時機能のみの時計
- 配付物は、この問題冊子1部、解答用紙4枚、および下書き用紙2枚です。解答用紙、下  
書き用紙の追加、交換はしません。
- 各問題と解答用紙の枚数は次の通りです。

問題	問題1（電磁気学）	問題2（電気回路）	問題3（電子回路）
解答用紙の枚数	1	1	2
- 解答用紙4枚すべての上欄指定枠内に、志望専攻名、受験番号を必ず記入すること。  
科目欄には「問題番号(科目内容は不要)」を書くこと。小間について別々の解答用紙に記入  
するよう指示がある場合は科目欄に小間番号も書くこと。  
… 例：「問題2 問1」、「問題2 問2」、「問題3」
- 解答用紙裏面にも記入する場合は、おもて面に「裏面使用」の断り書きをすること。
- 試験終了後も退室の許可があるまで退室はできません。
- 問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

# 電磁気学 (問題 1)

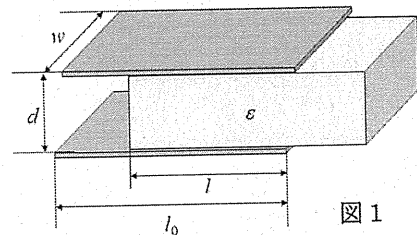
問題 1 の解答用紙の表面に問 1、裏面に問 2 の解答をそれぞれ記せ。

真空(vacuum)の誘電率(permittivity)は $\epsilon_0$ 、透磁率(permeability)は $\mu_0$ として以下の問いに答えよ。  
解答には SI 単位系を用いよ。

問 1 長さ  $l_0$ 、幅  $w$  の 2 枚の平板が間隔  $d$  で真空中に置かれた平行平板コンデンサを考える。図 1 のように横から途中  $l$  ( $l < l_0$ ) まで誘電率  $\epsilon$  を有する誘電体を挿し入れた場合の電界 (electric field)  $E$ 、電束密度 (electric flux density)  $D$ 、分極 (polarization)  $P$  および静電容量 (capacitance)  $C$  を求めたい。以下の設問に答えよ。ただし、 $E, D, P$  はいずれも電極間で下向きを正とし、端効果は無視してよい。

(a) 電極上の電荷は、真空よりも誘電体に引き寄せられるため、電荷密度は電極上で一定とはならない。両極板の電位差について、次の選択肢から適切なものを選び、その番号を答えよ。

- ① 極板間が誘電体の電極部分が多い
- ② 極板間が誘電体、真空に依らず全体で一定
- ③ 極板間が真空の電極部分が多い

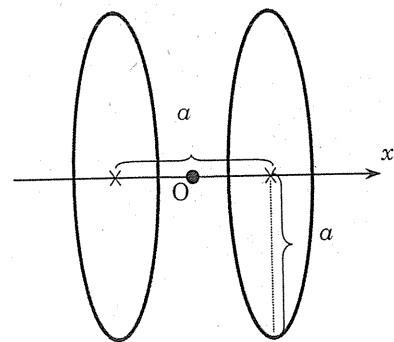


(b) 真空中と誘電体中の場合について、 $D$  の大きさをそれぞれ求めよ。ただし電界の大きさを  $E$  とする。

以下、それぞれの極板には、 $Q_F$  の自由電荷 (free electric charge) を蓄えているものとする。

- (c) 極板電荷  $Q_F$  と  $D$  にガウスの法則 (Gauss' law) を適用し、(b) で求めた真空中と誘電体中の  $D$  の大きさを  $Q_F, l, l_0, w, \epsilon_0, \epsilon$  を用いて、それぞれ表せ。
- (d) 誘電体中の  $P$  の大きさを  $Q_F, l, l_0, w, \epsilon_0, \epsilon$  を用いて表せ。
- (e)  $C$  を  $l, l_0, w, \epsilon_0, \epsilon, d$  を用いて表せ。

問 2 定常電流 (steady current) が流れる半径  $a$  の円環 (annulus) を考える。この円環 2 つが、 $x$  軸に対して垂直に、両中心が原点に対して対称の位置に距離  $a$  をおくように設置されている (図 2)。2 つの円環を流れる電流は互いに平行の同一の大きさ  $I$  を保つとして、以下の問いに答えよ。ただし、半径  $a$  の単独の円環電流によってつくられる、中心軸上で原点からの距離が  $l$  の位置における磁界の強さ (magnetic field strength) は  $Ia^2/2(a^2+l^2)^{3/2}$  で与えられることを用いてよい。



(a) 2 つの円環電流によって真空中に生じる磁束密度 (magnetic flux density) の、 $x$  軸上 (座標  $x$ ) における大きさを表す式  $B(x)$  を求めよ。

(b) (a) で求めた  $B(x)$  を  $x$  についてマクローリン展開 (Maclaurin expansion)† したときの初項 (0 次項) から  $x^3$  の項までを示せ。

† なめらかな関数  $f(x)$  のマクローリン展開の一般形：
$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!} x^n$$

(c) 以上の結果から、原点付近における  $B(x)$  を表すグラフの曲線はどのような形になることが推察されるか。図と文章を併用して説明せよ。

## 電気回路 (問題 2) [1/2]

「電気回路 (問題 2) 解答用紙」に解答せよ。

問 1 回路構成 (circuit components) が部分的に不明な 5 個の負荷 (load) がある。回路構成を確認するために、実効値 (effective value) 10 V の正弦波交流電圧源 (sinusoidal voltage source) を各負荷に接続して、種々の角周波数 (angular frequency) において流れる電流 (current) の実効値を測定したところ、表 1 の結果を得た。各負荷の回路構成は図 1 に示す(ア)~(カ)のいずれかであり、使用されている素子 (component) の値は表 2 に示すもののいずれかであることがわかっている。表 1 の結果をもとにして、負荷 (1)~(5) それぞれについて、回路構成を図 1 の(ア)~(カ)の記号で、使用されている 2 種類の素子の値を表 2の中から選び、解答せよ。図 1 と表 2 いずれの選択肢も、同じものを何度使用しても良い。

表 1 電流の測定結果

角周波数	$10^2 \text{ rad/s}$	$10^4 \text{ rad/s}$	$10^6 \text{ rad/s}$
負荷 (1)	0.1 A	0.1 A	1 A
負荷 (2)	0.1 A	0.1 A	0.01 A
負荷 (3)	10 A	1 A	1 A
負荷 (4)	0.1 A	1 A	1 A
負荷 (5)	0.1 A	1 A	0.01 A

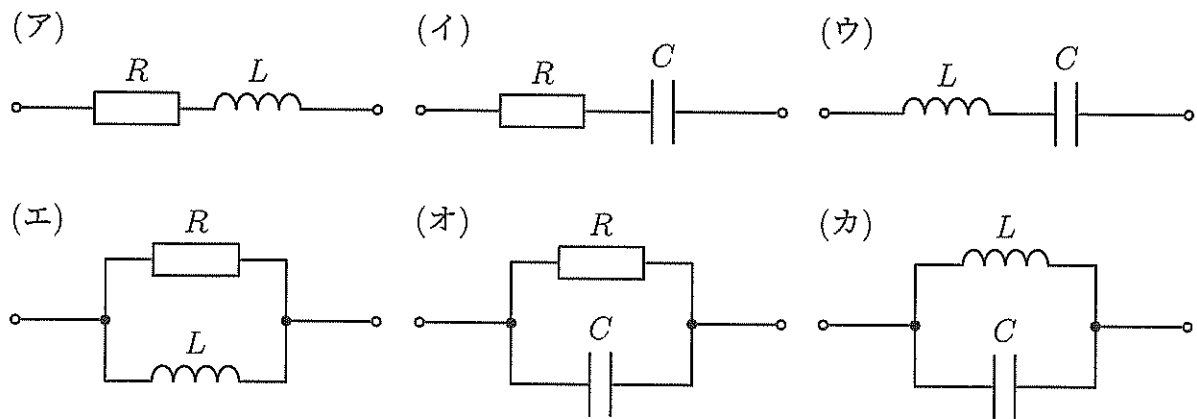


図 1 回路構成の選択肢

表 2 素子の値の選択肢

$R$	0.1 $\Omega$	1 $\Omega$	10 $\Omega$	100 $\Omega$
$L$	0.1 mH	1 mH	10 mH	100 mH
$C$	0.1 $\mu\text{F}$	1 $\mu\text{F}$	10 $\mu\text{F}$	100 $\mu\text{F}$

[次ページへ続く]

## 電気回路（問題 2） [2/2]

問 2 インダクタンス (inductance)  $L$  と抵抗 (resistance)  $R$  を含む図 2 の回路において、点 P に電圧 (voltage)  $e(t)$  を与えたときの出力電圧  $v(t)$  を考える。

- (a)  $v(t)$  と  $e(t)$  との関係を表す微分方程式 (differential equation) を書け。  
(b)  $e(t) = E_0 \sin(\omega t + \phi)$  (定常状態) の場合の  $v(t)$  を求めよ。

時刻  $t = 0$  までスイッチ S は A に接続されており十分時間が経っているものとする。

- (c)  $t = 0$  で、スイッチ S を A から B に切り替え、  
直流 (direct current) 電圧  $E_0$  を印加した。  $v(t)$  ( $t > 0$ ) を求めよ。  
(d)  $t = 0$  で、スイッチ S を A から C に切り替え、  
交流 (alternating current) 電圧  $E_0 \sin(\omega t + \phi)$  を印加した。  $v(t)$  ( $t > 0$ ) を求めよ。  
(e) 設問(d)において、過渡現象 (transient phenomenon) が現れないための  $\phi$  はいくら  
か。

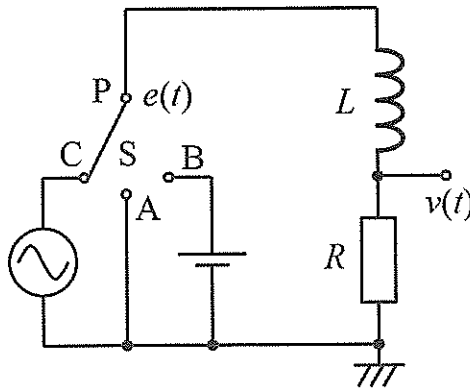


図 2

## 電子回路（問題 3）

問 1 (000)→(100)→(110)→(111)→(011)→(001)→(000) …と変化する 3-bit カウンタ (counter)を, D 型フリップフロップ(D-FF)を使って設計する. 以下の問いに答えよ.

- (a) このカウンタの状態遷移図(state transition table)を作成せよ.
- (b) 各 D-FF の入力を, カルノー図(Karnaugh map)を使って簡略化(symplyfying)し, 各 D-FF の出力を用いた論理式(logical equation)で表せ.
- (c) このカウンタの回路図(circuit diagram)を描け.

問 2 下図に示す理想オペアンプ (ideal operational amplifier) を用いた回路 (circuit) に関して, 以下の問いに答えよ.

最初に, 図 1 のような回路を考える.

- (a) 抵抗(resistance)に流れる電流を,  $V_{in}$ ,  $V_+$ ,  $R_1$ を用いて表せ.
- (b) コンデンサ(capacitor)に流れる電流を,  $C_1$ ,  $V_+$ ,  $V_{out}$ を用いて表せ.
- (c)  $V_{out}$ と $V_{in}$ の関係を示せ.

次に, 図 2 のようにコンデンサと並列に抵抗を加えた回路を考える.

- (d) この回路は入力信号の周波数(frequency)によって応答(response)が異なる. カットオフ周波数(cutoff frequency)という単語を用いて, 応答を簡単に説明せよ.
- (e) カットオフ周波数での $C_1$ と $R_2$ による合成抵抗(combined resistance)を求めよ.
- (f) カットオフ周波数でのこの回路の電圧利得(voltage gain)を求めよ.

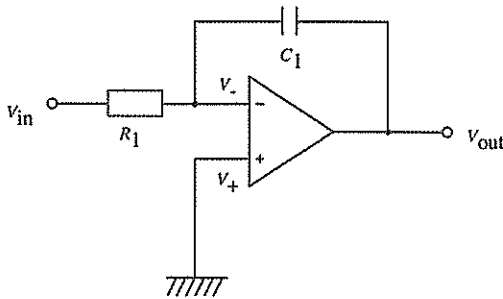


図 1

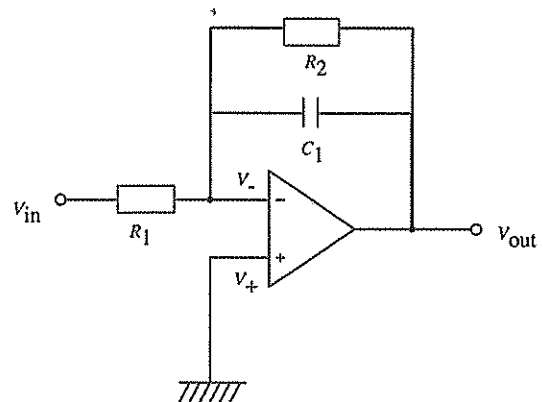


図 2