| 受験<br>番号 | |
|---|---|

2024 年度 岡山大学大学院環境生命自然科学研究科(博士前期課程)

環境生命自然科学専攻 数理情報科学学位プログラム

情報通信システム学コース 入学試験問題

# 選 択 科 目

| 科目名 | 電磁気学<br>(第1問) | 電気回路学<br>(第2問) | 論理回路<br>(第3問) | 確率統計論<br>(第4問) |
|---|---|---|---|---|
| 選択する科目に○印<br>選択しない科目に×印 | | | | |

**注意**

1. 試験時間は 13:30～15:30 です。試験終了まで退室は認めません。
2. 配布された問題冊子1冊，解答用冊子1冊を確認しなさい。 ただし，試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。また，どの冊子も切り離してはいけません。問題冊子は，この表紙を含めて 10 枚の問題紙を綴じています(2～9 枚目:問題，10 枚目:下書き・計算用)。
3. 4 科目の内から 2 科目を選択して解答すること。**試験終了までに，上記の選択科目欄において，選択する科目に○印，選択しない科目に×印を記入すること。**選択しない科目の解答用紙については，解答欄に大きく×印を記入すること。選択した科目以外の解答用紙や余白に書かれた答案は採点されません。
4. **選択しない科目の解答用紙も含めて，すべての解答用紙**および**問題冊子の表紙**の所定の受験番号欄に**受験番号**を記入すること。 採点の際に解答用紙を1枚ずつ切り離すので，受験番号が記入されていない解答用紙に書かれた答案は採点されません。
5. 問題紙の余白や裏面は下書きに利用してよいが，記入された内容は採点対象としません。
6. 問題冊子と解答用冊子は，すべて試験終了後に回収します。

注意：(1) 結果だけでなく，考え方や導出過程についても記述すること。

(2) 国際単位系(SI)を用い，真空の誘電率は$\varepsilon_0$，透磁率は$\mu_0$とする。

(3) 必要ならば以下の不定積分を用いてもよい。ここで，$a$は0でない定数とする。

$$\int \frac{dx}{\sqrt{x^2+a^2}} = \log_e \left| x + \sqrt{x^2+a^2} \right| \qquad \int \frac{dx}{x^2+a^2} = \frac{1}{a}\tan^{-1}\left(\frac{x}{a}\right)$$

$$\int \frac{dx}{(x^2+a^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{x}{a^2\sqrt{x^2+a^2}} \qquad \int \frac{xdx}{(x^2+a^2)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{1}{\sqrt{x^2+a^2}}$$

---

## 第1問（電磁気学その1）

**問1** 図1-1に示すように，真空中で太さが無視できる長さ$2L$の棒が$y$軸に沿って置かれている。この棒の中心は原点Oに一致しており，棒は線電荷密度$\lambda$で一様に帯電している。

(1) 原点から$y$の距離にある微小線素$dy$上の電荷による，無限遠を基準とする点$\mathrm{P}(0,0,z)$の電位$dV$を求めよ。

(2) 無限遠を電位の基準としたときの$z$軸上の電位分布$V$を求めよ。ただし，$z=0$を除く。

(3) (2)で求めた電位を使って$z$軸上の電界分布$\boldsymbol{E}$を求めよ。ただし，$x$, $y$, $z$方向の単位ベクトルは$\boldsymbol{e}_x$, $\boldsymbol{e}_y$, $\boldsymbol{e}_z$とし，$z=0$を除く。

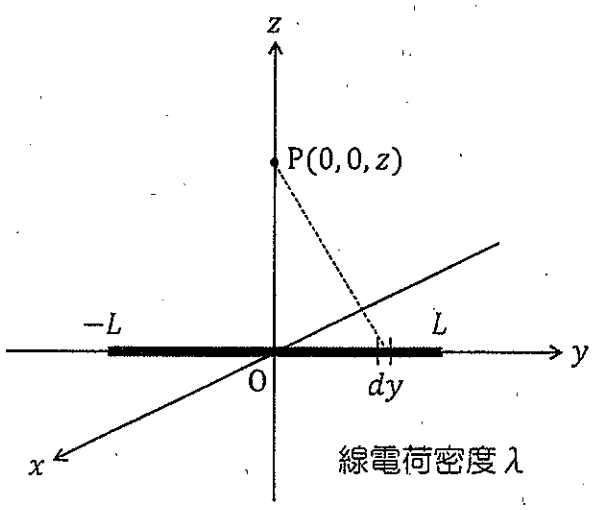



図 1-1

## 第1問（電磁気学その2）

問2 図1-2のように，長さが十分に長く，半径が $a$ と $b$ の二つの中空の薄い円筒導体が軸を一致して真空中に置かれ，同じ大きさの電流 $I$ が二つの円筒を逆方向に流れている。電流は薄い円筒面上を均一に流れているとする。

(1) このとき生じている磁界の大きさ $H$ を，軸からの距離 $r$ の関数として求めよ。

(2) 長さ $x$ あたりの自己インダクタンス $L_1$ を求めよ。

内側の中空円筒導体を，同じ半径 $a$ を持ち内部の詰まった円柱導体に取り換え，これまでと同じように外側の中空円筒導体と逆方向に電流 $I$ を流した。円柱導体も十分に長く，円柱断面で電流密度は均一とする。また円柱導体の比透磁率は1とする。

(3) このとき生じている磁界の大きさ $H$ を，軸からの距離 $r$ の関数として求めよ。

(4) この場合の長さ $x$ あたりの自己インダクタンス $L_2$ を求めよ。

(5) 長さ $x$ あたりに蓄えられている磁界のエネルギー $U$ を磁界のエネルギー密度から求め，自己インダクタンス $L_2$ を用いて表せ。

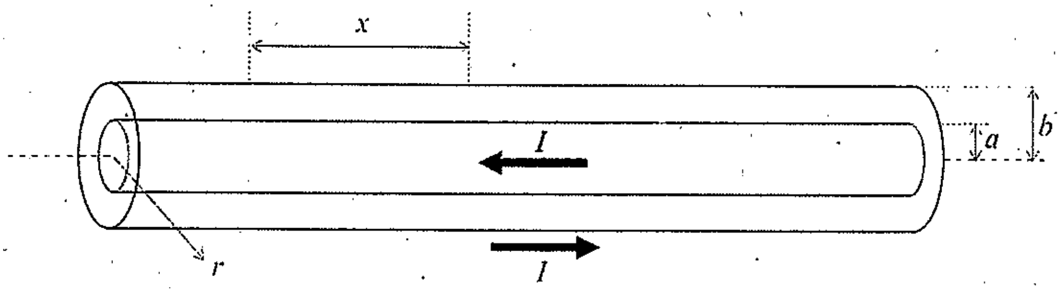



図1-2

## 第2問（電気回路学その1）

問 1

図 2-1 に示す交流回路について，以下の問いに答えよ。ただし，交流電圧源 $\dot{E}_1$，$\dot{E}_2$ 及び端子 PQ 間の電圧 $\dot{E}_{PQ}$ と電流 $\dot{I}$ はフェーザ表示を表し，交流電圧源の電圧 $\dot{E}_1 = 20\angle 0^\circ$ V, $\dot{E}_2 = 10\angle 0^\circ$ V とする。そして，電圧 $\dot{E}_1$，$\dot{E}_2$，$\dot{E}_{PQ}$ は，端子 Q の電位を基準とする。

(1) 端子 PQ 間を開放とした場合の電流 $\dot{I}'$ と端子 PQ 間の電圧 $\dot{E}_{PQ}$ を求めよ。

(2) 交流電圧源 $\dot{E}_1$ と $\dot{E}_2$ を短絡した場合の端子 PQ からみた回路の等価インピーダンスを求めよ。

(3) 端子 PQ 間に $-j2.5\,\Omega$ のインピーダンスを持つコンデンサを接続した場合の電流 $\dot{I}$ を求めよ。

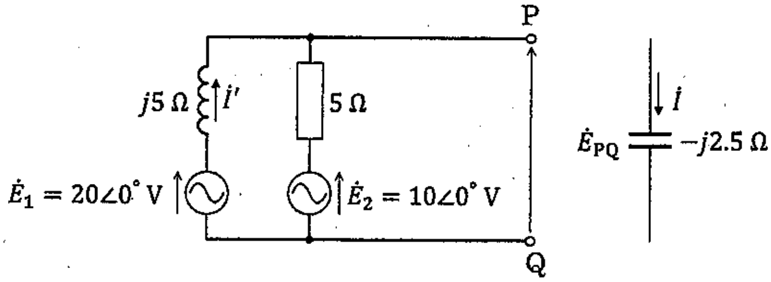



図 2-1

## 第2問（電気回路学その2）

### 問 2

図 2-2 に示す回路について，以下の問いに答えよ。$E$ は直流電圧源の起電力，$r$ は直流電圧源の内部抵抗，$R$ は抵抗器の抵抗，$L$ はインダクタのインダクタンス，S はスイッチを表す。

スイッチ S を閉じて十分時間がたった。

(1) 内部抵抗 $r$ に流れる電流 $I$ を求めよ。

(2) インダクタ $L$ に蓄積されているエネルギーを求めよ。

$t=0$ でスイッチ S を開ける（$t=0$ はスイッチ S を閉じて十分時間がたった後である）。

(3) $t>0$ におけるインダクタ $L$ に流れる電流 $i(t)$ を求めよ。

(4) $0<t<T$ において，抵抗器 $R$ で消費されるエネルギーを求めよ。

(5) $t=T$ において，インダクタ $L$ に蓄積されているエネルギーを求めよ。

$t=T$ においてスイッチ S を閉じた。

(6) $t>T$ におけるインダクタ $L$ に流れる電流 $i(t)$ を求めよ。

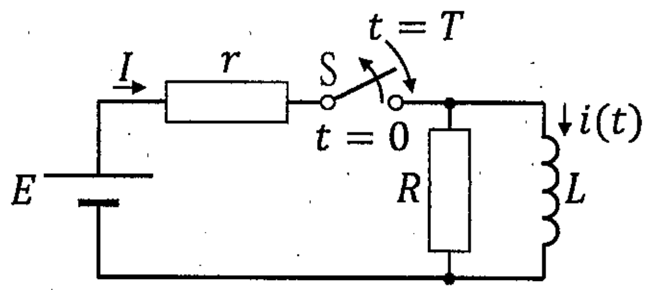



図 2-2

## 第3問（論理回路その1）

問1　次の各等式において，ブール代数を用いて左辺から右辺へ式変形せよ。式を変形する過程において，べき等律（べき等則），相補律（相補則），分配律（分配則），吸収律（吸収則），コンセンサスの定理，ド・モルガンの法則を使用した場合は使用箇所を明示すること。

(1) $x\bar{y} + \bar{x}y + xy = x + y$

(2) $xy + yz + \bar{x}z + \bar{x}\bar{y} = xy + yz + \bar{x}\bar{y}$

(3) $\overline{(\bar{x} + \bar{y})(\bar{y} + \bar{z})(\bar{x} + \bar{z})} = xy + yz + xz$

問2　次の論理関数 $f(w,x,y,z)$ について以下の問いに答えよ。

$$f(w,x,y,z) = \bar{w}\bar{x}\bar{y}\bar{z} + \bar{w}\bar{x}\bar{y}z + \bar{w}\bar{x}y\bar{z} + \bar{w}xy\bar{z} + w\bar{x}\bar{y}\bar{z} + w\bar{x}\bar{y}z + w\bar{x}y\bar{z}$$

(1) $f(w,x,y,z)$のカルノー図を示せ。

(2) $f(w,x,y,z)$の最簡積和形（最小積和形）を求めよ。

問3　次の状態遷移表で表される順序機械の状態数を最小化し，その状態遷移表を示せ。状態数の最小化の過程も示すこと。

状態遷移表

| 現状態 | 入力 0 | 入力 1 |
|---|---|---|
| $S_1$ | $S_3$, 0 | $S_4$, 0 |
| $S_2$ | $S_3$, 0 | $S_1$, 1 |
| $S_3$ | $S_2$, 0 | $S_1$, 1 |
| $S_4$ | $S_5$, 0 | $S_7$, 0 |
| $S_5$ | $S_1$, 0 | $S_4$, 0 |
| $S_6$ | $S_3$, 0 | $S_4$, 0 |
| $S_7$ | $S_7$, 0 | $S_1$, 1 |

次状態，出力

## 第3問（論理回路その2）

問4　次の状態遷移表と論理回路図で表される順序回路（入力信号 $x$，現在の状態 $Q_1Q_2$，次の状態 $Q_1^*Q_2^*$，出力信号 $z$）を考え，状態変数 $Q_1$，$Q_2$ を2個のJKフリップフロップを用いて実現するものとする。この順序回路について以下の問いに答えよ。必要に応じて右下のJKフリップフロップ動作表を用いてよい。

(1) この順序回路の初期状態を$Q_1Q_2 = 00$ とした場合に，どのような入力信号 $x$ の系列が与えられると，この順序回路の出力信号 $z$ が1になるのかを答えよ。

(2) 順序回路の出力信号 $z$ の値を決定する出力関数 $f_{out}(x, Q_1, Q_2)$の最簡積和形（最小積和形）を求めよ。

(3) 以下の4つの励起関数それぞれの最簡積和形（最小積和形）を求めよ。

① 1つ目のJKフリップフロップの入力信号 $J_1$ の値を決定する励起関数 $f_{J_1}(x, Q_1, Q_2)$

② 1つ目のJKフリップフロップの入力信号 $K_1$ の値を決定する励起関数 $f_{K_1}(x, Q_1, Q_2)$

③ 2つ目のJKフリップフロップの入力信号 $J_2$ の値を決定する励起関数 $f_{J_2}(x, Q_1, Q_2)$

④ 2つ目のJKフリップフロップの入力信号 $K_2$ の値を決定する励起関数 $f_{K_2}(x, Q_1, Q_2)$

状態遷移表

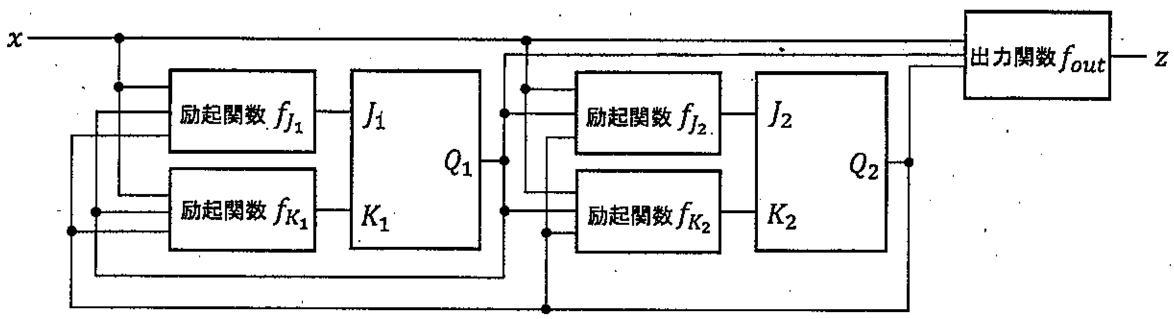
| $Q_1Q_2$ \ $x$ | 0 | 1 |
|---|---|---|
| 00 | 00, 0 | 01, 0 |
| 01 | 00, 0 | 11, 0 |
| 10 | 00, 1 | 01, 1 |
| 11 | 10, 0 | 11, 0 |

$Q_1^*Q_2^*$, $z$

JKフリップフロップ動作表

（$Q$は現在の状態，$Q^*$は次の状態を表す）

| $J$ | $K$ | $Q^*$ |
|---|---|---|
| 0 | 0 | $Q$ |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | $\bar{Q}$ |




論理回路図

注意： 解答には，計算および導出過程を必ず記すこと。

---

## 第4問（確率統計論その1）

問1 白球3個と赤球2個が入った袋 A と，白球2個と赤球4個が入った袋 B がある。以下の問いに答えよ。

袋 A から順に2個の球を無作為に取り出す試行を考える。

(1) 最初に取り出した球を戻さずに次の球を取り出すとき，最初が白球で次が赤球である確率を求めよ。

(2) 最初に取り出した球を元に戻して次の球を取り出すとき，最初が白球で次が赤球である確率を求めよ。

一つのサイコロを振って，1または2の目が出た場合は袋 A から1個の球を取り出し，3以上の目が出た場合は袋 B から1個の球を取り出す試行を考える。

(3) 白球を取り出す確率を求めよ。

(4) 取り出した球が白球であったとする。この白球が袋 A から取り出したものである確率を求めよ。

問2 表と裏の出る確率がそれぞれ 50 %のコインを使うコイン投げについて，以下の問いに答えよ。

(1) 3 回コインを投げて「表裏表」となる確率を求めよ。

(2) 4 回コインを投げて表が出る回数を確率変数$X$で表すとき，表が$k$回出る確率$P(X = k)$，平均$E[X]$，および，分散$V[X]$を求めよ。

(3) 実際にはコインに偏りがないにもかかわらず，6 回コインを投げてすべて表，あるいは，すべて裏が出たとき，「このコインは偏りのない公正なコインではなく，表の出る確率は 50 %ではない」と判断することにした場合，公正なコインではないと誤った判断をする確率を求めよ。

(4) 10,000 回コインを投げて 5,099 回表が出たとする。このコインが偏りのない公正なコインと言えるかどうかを，有意水準 5%で両側検定せよ。ただし，標準正規分布$N(0, 1)$に従う確率変数$Z$について，$P(|Z| \leq 1.96) = 0.95$を用いること。

## 第4問（確率統計論その2）

問3 ある製品の大きさの分布が正規分布に従うと仮定する。製品管理のために，ランダムに製品を取り出して測定したところ，次のデータが得られた。

78, 83, 76, 82, 79, 81, 78, 81, 82

(1) 得られたデータの平均値を求めよ。

(2) 得られたデータの分散を求めよ。

(3) 母平均の 95%信頼区間を有効数字 3 桁で求めよ。ただし，これまでの経験から，母標準偏差は$\sigma = 2$であることがわかっている。なお，標準正規分布$N(0,1)$に従う確率変数$Z$について，$P(|Z| \leq 1.96) = 0.95$を用いること。

問4 ある装置について稼働開始から$x$時間以内に故障する確率が

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{x}{500}} \ (x \geq 0)$$

で与えられるとする。このとき，以下の問いに答えよ。

(1) この装置が故障するまでの時間（故障時間）が 1,500 時間を超える確率を求めよ。

(2) この装置の故障時間を確率変数$X$とするとき，稼働開始から$x$時間で故障する確率を表す確率密度関数$f(x)$を求めよ。

(3) この装置の故障時間の平均$E[X]$，および，分散$V[X]$を求めよ。