

九州大学大学院システム情報科学府

情 報 学 専 攻

情報知能工学専攻

平成 2 2 年度入学試験問題

【平成 2 1 年 8 月 2 6 日（水）】

数 学 (Mathematics)

(7枚中の1)

解答上の注意 (Instructions):

- 問題用紙は、『始め』の合図があるまで開いてはならない。
Do not open this cover sheet until the start of examination is announced.
- 問題用紙は表紙を含め7枚、解答用紙は3枚つづり(1分野につき1枚)である。
You are given 7 problem sheets including this cover sheet, and 3 answer sheets (1 sheet for each field).
- 以下の6分野から3分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the following 6 fields and answer the problems. You must use a separate answer sheet for each of the fields you selected.

	分野	field	page
1	線形代数	Linear algebra	2
2	微分方程式	Differential equation	3
3	ベクトル解析	Vector analysis	4
4	複素関数論	Complex function theory	5
5	確率・統計	Probability and statistics	6
6	記号論理学	Symbolic logic	7

- 解答用紙の全部に、専攻名、コース名(電気電子工学専攻のみ)、選択分野番号(○で囲む)、受験番号および氏名を記入すること。
Fill in the designated blanks at the top of each answer sheet with the department name, course name (only for the department of electrical and electronic engineering), the selected field number (mark with a circle), your examinee number and your name.
- 解答は解答用紙に記入すること。スペースが足りない場合は裏面を用いても良いが、その場合は、裏面に解答があることを明記すること。
Write your answers on the answer sheets. You may use the back of the answer sheets when you run out of space. If you do so, indicate it clearly on the sheet.

数 学 (Mathematics)

(7枚中の2)

6分野のうちから3分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

1. 【線形代数 (Linear algebra) 分野】

行列 $A = \begin{pmatrix} x & 0 & 1 \\ 0 & x & 1 \\ 1 & 1 & x \end{pmatrix}$ について以下の問に答えよ。ただし、 x は実数である。

- (1) A の固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ($\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \lambda_3$) と、それらに対応する固有ベクトルを求めよ。
(2) $x = 0$ のとき、任意の自然数 n に対して A^n を求めよ。

Let $A = \begin{pmatrix} x & 0 & 1 \\ 0 & x & 1 \\ 1 & 1 & x \end{pmatrix}$, where x is a real number. Answer the following questions.

- (1) Find the eigenvalues $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ($\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \lambda_3$) and corresponding eigenvectors of A .
(2) Let $x = 0$. Find an expression for A^n for any positive integer n .

数 学 (Mathematics)

(7 枚中の 3)

6 分野のうちから 3 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

2. 【微分方程式 (Differential equation) 分野】

2 つの関数 $x(t)$, $y(t)$ について、次の連立微分方程式を解け。

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 2x - y \\ \frac{dy}{dt} = -x + 2y + 2e^t \end{cases}$$

Solve the following simultaneous differential equations for two functions, $x(t)$ and $y(t)$.

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 2x - y \\ \frac{dy}{dt} = -x + 2y + 2e^t \end{cases}$$

数 学 (Mathematics)

(7 枚中の 4)

6 分野のうちから 3 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

3. 【ベクトル解析 (Vector analysis) 分野】

次の各問に答えよ。

Answer the following problems.

(1) 任意のベクトル場 \mathbf{A} について以下の式が成り立つことを証明せよ。

Prove the following equations for any vector field \mathbf{A} .

(a) $\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) = 0$

(b) $\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A}$

(2) 直交座標系において, x, y, z 軸方向の単位ベクトルをそれぞれ $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ とする。ベクトル場 $\mathbf{A} = yz\mathbf{i} - xz\mathbf{j}$ について, 次の曲線 C に沿う \mathbf{A} の線積分を求めよ。

The unit vectors on x, y and z axis of Cartesian coordinates are denoted \mathbf{i}, \mathbf{j} and \mathbf{k} , respectively. Evaluate the line integral for the vector field $\mathbf{A} = yz\mathbf{i} - xz\mathbf{j}$, along the following curve C .

$C: \quad \mathbf{r}(t) = \cos t \mathbf{i} + \sin t \mathbf{j} + 3t^2 \mathbf{k} \quad (0 \leq t \leq \pi)$

数 学 (Mathematics)

(7 枚中の 5)

6 分野のうちから 3 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

4. 【複素関数論 (Complex function theory) 分野】

次の積分の値を複素積分によって求めよ.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{mx}}{1 + e^{nx}} dx$$

ただし, $0 < m < n$ である.

Evaluate

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{mx}}{1 + e^{nx}} dx$$

by complex integration, where $0 < m < n$.

数 学 (Mathematics)

(7 枚中の 6)

6 分野のうちから 3 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

5. 【確率・統計 (Probability and statistics) 分野】

二つの野球チーム A と B とで試合を続けて行い、先に 4 勝した方が優勝する大会について考える。各試合における A の勝率を p とし、引き分けはないものとする。また、各試合の勝敗は独立な事象であると仮定する。次の問いに答えよ。

Consider a series of baseball games between teams A and B, where the team which gets 4 wins first becomes a champion. Suppose that A's winning probability is p for each game, that drawn games never occur, and that each outcome of games is independent. Answer the following questions.

- (1) A が優勝する確率を求めよ。

Find the probability that team A becomes a champion.

- (2) もしも勝敗に関わらず必ず 7 試合行うとしたとき、A が勝ち越す確率を求めよ。

Suppose that we must have 7 games regardless of the outcomes of games. Find the probability that team A has more wins than losses.

- (3) $p = 0.6$ とする。A が 1 試合目に負けた場合、その後 A が逆転優勝する確率を求めよ。

Let $p = 0.6$. Suppose that team A loses the first game. Find the probability that team A becomes a champion.

- (4) $p = 0.6$ とする。A が初めの 2 試合を連敗した場合、その後 A が逆転優勝する確率を求めよ。

Let $p = 0.6$. Suppose that team A loses the first and second games. Find the probability that team A becomes a champion.

数 学 (Mathematics)

(7 枚中の 7)

6 分野のうちから 3 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

6. 【記号論理学 (Symbolic logic) 分野】

- (1) シーケント $p \rightarrow q, s \vdash (\neg p \wedge s) \vee (q \wedge s)$ を自然演繹法で証明せよ。
- (2) $((p \rightarrow q) \wedge \neg q) \rightarrow \neg(p \vee r)$ の妥当性をタブロー法により判定せよ。もし妥当でなければ、反例を示せ。(与式を偽にするアトムへの真理値割当を示せ)
- (3) (a) “ x は y を知っている” を $K(x, y)$ で, “ x は男性” を $M(x)$, “ x は女性” を $\neg M(x)$ で表すとき, 以下の各文を述語論理式に翻訳せよ。
- i. 自分を知らない者はいない。
 - ii. あらゆる人にはそれぞれ知らない男がいる。
 - iii. あらゆる人はそれぞれ異性の誰かを知っている。
- (b) 上の i~iii がすべて成り立つような人の集合があるか? あれば, その最小の集合に対して, 男性を m_1, m_2, \dots , 女性を f_1, f_2, \dots として, 真となる K, M の具体例を示せ。

- (1) Prove by natural deduction the sequent $p \rightarrow q, s \vdash (\neg p \wedge s) \vee (q \wedge s)$.
- (2) Decide by tableau the validity of $((p \rightarrow q) \wedge \neg q) \rightarrow \neg(p \vee r)$. If it is not valid, give a counter example. (Show a truth assignment to atoms that makes the formula false.)
- (3) (a) Let $K(x, y)$ denote “ x knows y ,” $M(x)$ denote “ x is male,” and $\neg M(x)$ denote “ x is female.” Translate each of the following sentences into a formula of predicate logic.
- i. Nobody does not know oneself.
 - ii. Everybody has a male whom he/she does not know.
 - iii. Everybody knows someone of the opposite sex.
- (b) Can you think of a set of people for which all of i-iii above hold? For such a minimal set, give a set of instances of K and M that evaluate to true. Let the men and women be m_1, m_2, \dots , and f_1, f_2, \dots , respectively.

専門科目 (Special subjects)

(22 枚中の 1)

解答上の注意 (Instructions):

1. 問題用紙は、『始め』の合図があるまで開いてはならない。

Do not open this cover sheet until the start of examination is announced.

2. 問題用紙は表紙を含め 22 枚，解答用紙は 4 枚つづり 2 部 (1 分野につき 1 部) である。

You are given 22 problem sheets including this cover sheet, and 2 sets of 4 answer sheets (1 set for each field).

3. 以下の 6 分野から 2 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にすること。また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。

Select 2 fields out of the following 6 fields and answer the problems. You must use a separate set of answer sheets for each of the fields you selected, and use a separate answer sheet for each question.

	分野	field	page
1	電気回路	Circuits theory	2
2	情報理論	Information theory	5
3	オートマトンと言語	Automata and formal languages	8
4	電磁気学	Electromagnetism	10
5	アルゴリズム / プログラミング	Algorithms and programming	13
6	計算機アーキテクチャ	Computer architecture	17

4. 解答用紙の全部に，専攻名，選択分野名，受験番号，氏名および問題番号を記入すること。

Fill in the designated blanks at the top of each answer sheet with the department name, the selected field, your examinee number, your name, and the question number.

5. 解答は解答用紙に記入すること。スペースが足りない場合は裏面を用いても良いが，その場合は，裏面に解答があることを明記すること。

Write your answers on the answer sheets. You may use the back of the answer sheets when you run out of space. If you do so, indicate it clearly on the sheet.

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

1. 【電気回路 (Circuits theory) 分野】

4 問中 2 問を選び，回答用紙の問題番号欄に回答した問題番号を記入すること．

Select two out of the four questions and write the number of the selected question on the answer sheet.

【問 1】 図 1 の回路において交流電源の瞬時値を $e(t) = \sqrt{2}E_e \sin(\omega t + \phi)$ とする．

- (1) 端子対 1 - 1' 間の瞬時電圧 $v(t)$ を求めよ．
- (2) $v(t)$ の位相を $e(t)$ の位相より $\pi/2$ [rad] だけ遅らすための条件を求めよ．

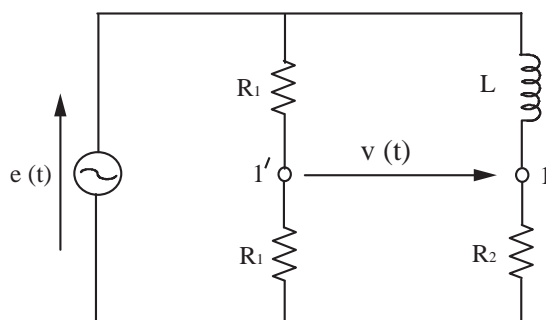


図 1

【Q1】 In the circuit of Fig. 1, the instantaneous value of ac source is represented by $e(t) = \sqrt{2}E_e \sin(\omega t + \phi)$. Solve the following problems.

- (1) Find the instantaneous value of $v(t)$ at terminals 1 - 1'.
- (2) Determine the condition when the phase of $v(t)$ lags the phase of $e(t)$ by $\pi/2$ [rad].

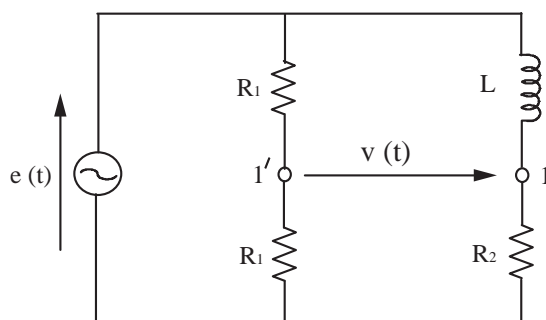


Fig. 1

【問 2】 図 2 の回路において電源角周波数 ω の値にかかわらず，インピーダンス Z_1, Z_2 の間に関係式 $Z_1 Z_2 = R$ (正の実定数), $Z_1 + Z_2 \neq 0$ が成立し，入力インピーダンス $Z_{in} = r$ (実定数) とする．以下の問に答えよ．

- (1) r, R を求めよ．
- (2) I を求めよ．

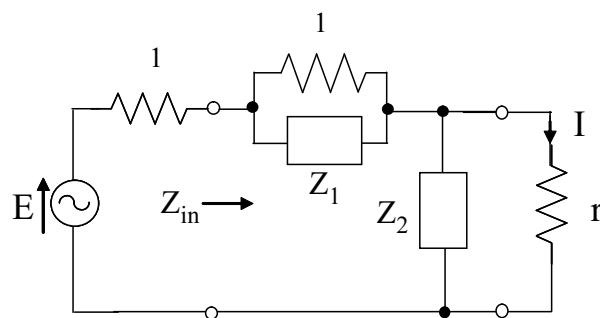


図 2

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【Q2】 In the circuit shown in Fig. 2, $Z_1 Z_2 = R > 0$, $Z_1 + Z_2 \neq 0$ and $Z_{\text{in}} = r$ hold regardless of the angular frequency ω of the voltage source, where R and r are real constants.

(1) Find r and R .

(2) Find I .

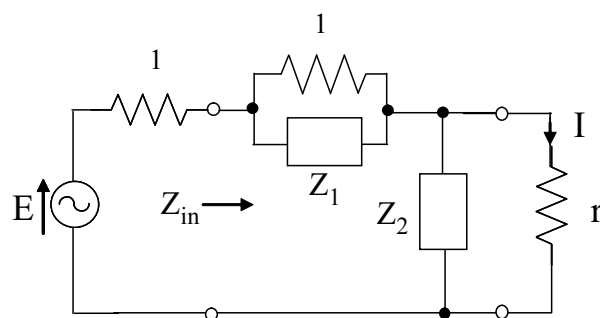


Fig. 2

【問 3】 図 3 の回路について次の問に答えよ．ただし，電源 E の角周波数は ω とする．

(1) 閉路電流 I_1, I_2, I_3 に対する回路方程式を求めよ．

(2) $\omega CR = 1/\sqrt{3}$ のとき， E と I_3 の位相差 $\arg(I_3/E)$ を求めよ．

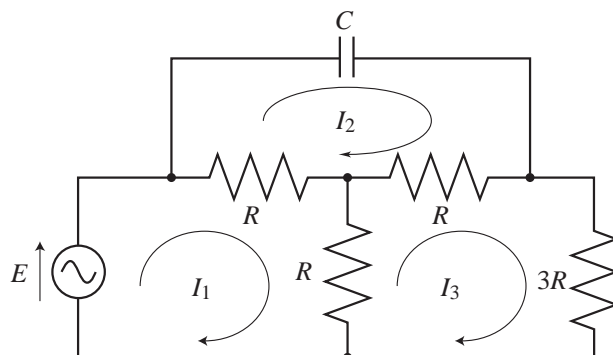


図 3

【Q3】 Consider the circuit shown in Fig. 3, where an angular frequency of the source E is ω .

(1) Write the mesh equations in terms of the mesh currents I_1, I_2 , and I_3 .

(2) Find $\arg(I_3/E)$, the phase difference between E and I_3 , under the assumption that $\omega CR = 1/\sqrt{3}$.

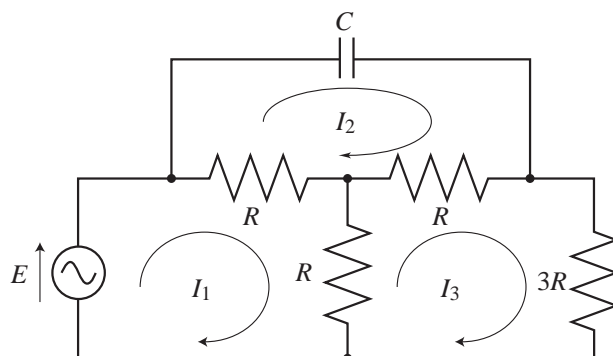


Fig. 3

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【問 4】 図 4 の回路において，スイッチ S を開く前の回路は定常状態にあるとする．

- (1) $t = 0$ でスイッチを開いた直後の電荷 $q(+0)$ ，電流 $i(+0)$ を求めよ．
- (2) $t > 0$ における $q(t)$ ， $i(t)$ を求めよ．

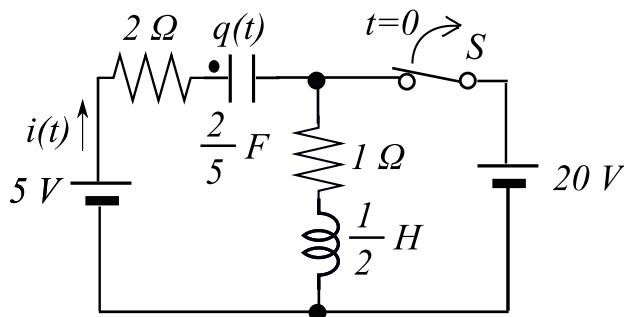


図 4

【Q4】 Assume that the circuit shown in Fig. 4 is in steady state before the switch S is opened at $t = 0$.

- (1) Find the charge $q(+0)$ and the current $i(+0)$ just after the switch S is opened.
- (2) Find the charge $q(t)$ and the current $i(t)$ for $t > 0$.

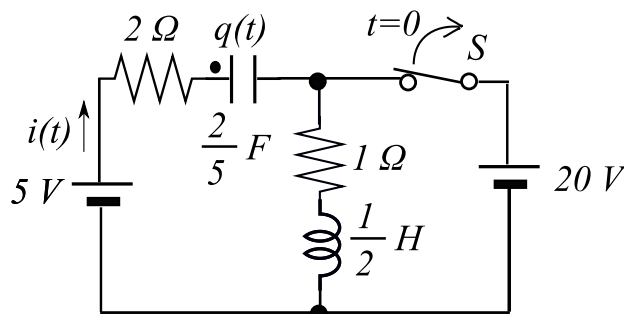


Fig. 4

専門科目 (Special subjects)

(22 枚中の 5)

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

2. 【情報理論 (Information theory) 分野】

以下の各問に答えよ．

Answer the following questions.

- (1) (a) 以下の ~ を埋めよ．必要ならば $\log_2 3 \simeq 1.58$, $\log_2 5 \simeq 2.32$ を利用せよ．

Fill the boxes ~ . If necessary, use $\log_2 3 \simeq 1.58$ and $\log_2 5 \simeq 2.32$.

X を情報源 S から発生する記号とする．このとき 1 記号ずつ符号化する場合の情報源符号化定理は，

$$H(X) \leq L < H(X) + 1$$

で表される．ここで， $H(X)$ は であり， L は である．

今， S として，記号 $0, 1$ をそれぞれ確率 $0.25, 0.75$ で出力する 2 元無記憶情報源を考える．この場合， $H(X) \simeq$ ， $L =$ となり，定理を満たしていることがわかる．

次に， n 文字を一括して符号化するブロック符号化を考える．無記憶情報源の場合，ブロック符号化に対する情報源符号化定理は，

$$H(X) \leq L' < H(X) + 1/n \tag{i}$$

で表される．ここで L' は である．

専門科目 (Special subjects)

(22 枚中の 6)

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

Let X be a symbol from a source S . When each symbol is encoded independently, the source coding theorem proves the following inequality:

$$H(X) \leq L < H(X) + 1,$$

where $H(X)$ denotes (a1) and L denotes (a2).

Consider a stationary memoryless source S which outputs symbols 0 and 1 with the probability 0.25 and 0.75, respectively. In this case, $H(X) \simeq$ (a3) and $L =$ (a4) and the inequality is satisfied.

We can also consider a source coding where n symbols are encoded as a *block*. In this case, the source coding theorem proves the following inequality for any stationary memoryless source:

$$H(X) \leq L' < H(X) + 1/n, \quad (\text{i})$$

where L' denotes (a5).

(b) 式 (i) が意味するところを説明せよ．

Explain the meaning of Eq.(i).

専門科目 (Special subjects)

(22 枚中の 7)

6 分野から 2 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ。また、大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

- (2) 確率変数 X, Y は $\{1, 2, \dots, n\}$ に値をとり、独立に一様分布に従うものとする。次の問いに答えよ。

Let X and Y be random variables independently and uniformly distributed in $\{1, 2, \dots, n\}$. Answer the following questions.

- (a) $n = 2$ のとき、 $Z = X + Y$ の確率分布を求め、エントロピー $H(Z)$ を求めよ。

Let $n = 2$. Calculate the probability distribution for $Z = X + Y$ and find $H(Z)$.

- (b) 任意の整数 $n \geq 1$ に対して、 $H(X + Y|X) = H(Y|X) = H(Y) = \log n$ となることを示せ。

Show that $H(X + Y|X) = H(Y|X) = H(Y) = \log n$ holds for an arbitrary integer $n \geq 1$.

- (c) $n = 6$ のとき、 $X + Y = 3$ のもとで、 $X = 1$ である確率はいくらか。

Let $n = 6$. Find the probability that $X = 1$ given $X + Y = 3$.

- (d) $n = 6$ のとき、 $H(X|X + Y)$ を求めよ。

Let $n = 6$. Find $H(X|X + Y)$.

専門科目 (Special subjects)

(22 枚中の 8)

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

3. 【オートマトンと言語 (Automata and formal languages) 分野】

次の各問に答えよ．

- (1) 文脈自由文法 $G_1 = (N_1, \Sigma, P_1, S)$, $G_2 = (N_2, \Sigma, P_2, S)$ に対し，次の各問いに答えよ．ただし，非終端記号の集合 $N_1 = \{S\}$, $N_2 = \{S, A\}$ ，終端記号の集合 $\Sigma = \{0, 1\}$ ，生成規則の集合 $P_1 = \{S \rightarrow 00S, S \rightarrow 1\}$, $P_2 = \{S \rightarrow 1A, A \rightarrow 0A|1A|0|1\}$ とする．

- (a) G_1 が生成する言語 L_1 を説明せよ．
- (b) L_1 を受理する非決定性有限オートマトンの状態遷移図を与えよ．
- (c) G_2 が生成する言語 L_2 を説明よ．
- (d) L_2 を受理する非決定性有限オートマトンの状態遷移図を与えよ．
- (e) $L_1 \cup L_2$ を受理する非決定性有限オートマトンの状態遷移図を与えよ．

- (2) アルファベットを $\Sigma = \{0, 1\}$ とする．

- (a) 言語 $\{0^n 1^n \mid n \geq 1\}$ は有限オートマトンで受理されるか．されるならば有限オートマトンの状態遷移図を与え，そうでなければ受理できないことを証明せよ．
- (b) この言語を最終状態と空ストアで受理する決定性プッシュダウンオートマトンを与えよ．
- (c) 言語 $\{0^m 1^n \mid m \neq n\}$ を最終状態と空ストアで受理する非決定性プッシュダウンオートマトンを与えよ．

専門科目 (Special subjects)

(22 枚中の 9)

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，
大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets
for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

Answer the following questions.

- (1) Answer the following questions for context free grammars $G_1 = (N_1, \Sigma, P_1, S)$, $G_2 = (N_2, \Sigma, P_2, S)$, where $N_1 = \{S\}$, $N_2 = \{S, A\}$ represent the sets of non-terminal symbols, $\Sigma = \{0, 1\}$ represents the set of terminal symbols, and $P_1 = \{S \rightarrow 00S, S \rightarrow 1\}$, $P_2 = \{S \rightarrow 1A, A \rightarrow 0A|1A|0|1\}$ represent the sets of production rules.
 - (a) Describe the language L_1 generated by the grammar G_1 .
 - (b) Give a state diagram of a non-deterministic finite automaton which accepts the language L_1 .
 - (c) Describe the language L_2 generated by the grammar G_2 .
 - (d) Give a state diagram of a non-deterministic finite automaton which accepts the language L_2 .
 - (e) Give a state diagram of a non-deterministic finite automaton which accepts the language $L_1 \cup L_2$.
- (2) Let $\Sigma = \{0, 1\}$ be an alphabet.
 - (a) Is $\{0^n 1^n \mid n \geq 1\}$ accepted by a finite automaton? If so, give a state diagram of a finite automaton which accepts this language, otherwise prove that it is not accepted.
 - (b) Give a deterministic pushdown automaton which accepts this language with final state and with empty stack.
 - (c) Give a non-deterministic pushdown automaton which accepts $\{0^m 1^n \mid m \neq n\}$ with final state and with empty stack.

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

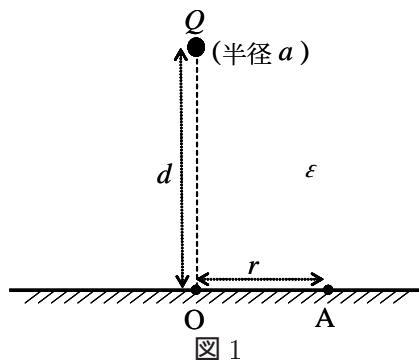
4. 【電磁気学 (Electromagnetism) 分野】

3 問中 2 問を選び， 回答用紙の問題番号欄に回答した問題番号を記入すること．

Select 2 out of the following 3 questions and write the number of the selected question on the answer sheet.

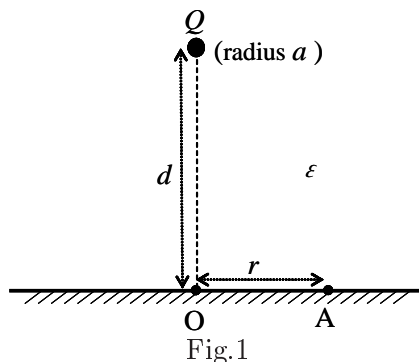
問 1 図 1 のように，接地された広い平面導体上の点 O から d の位置に半径 a ($a \ll d$) の微小な球導体が配置されている．導体間は誘電率 ϵ の媒質で満たされており，球導体は電荷量 Q に帯電している．以下の問いに答えよ．

- (1) 球導体と平面導体間の電位差を求めよ．
- (2) 平面導体上で点 O から距離 r の点 A の表面電荷密度と単位面積当りに働く力の大きさと向きを求めよ．
- (3) この系に蓄えられている静電エネルギーを求めよ． また，球導体に働く力を求めよ．



[Problem 1] A small sphere conductor with a radius of a is placed at d ($d \gg a$) from a point O on the infinite plane conductor, as shown in Fig. 1. The space outside the conductors is filled with a dielectric material with a permittivity of ϵ . An electric charge of Q is stored on the sphere conductor. Answer the following questions.

- (1) Give the potential difference between the conductors.
- (2) Give the surface charge density and the force per unit area at a point A on the plane conductor. The distance between the point A and the point O is r .
- (3) Give the electro-static energy stored in this system and obtain the electric force acting on the sphere conductor.



6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

問 2 図 2(a) に示すように，真空中（誘電率 ϵ_0 ）で，細いリング状抵抗体（平均半径 $R \gg$ 円断面半径 a ）に一樣な磁束密度 B （一定の時間変化率 dB/dt ）が印加されている．また，リング状抵抗体は 2 つの半リング（抵抗率 ρ_1 と ρ_2 ，誘電率 ϵ は共通）を接続して構成されている．次の問いに答えよ．ただし，リングに生じる電流による磁界は無視してよい．

(1) リングに流れる電流密度 J を求めよ．時計周りを正とする．

(2) 半リングの境界面 S_1, S_2 に生じる自由電荷を求めよ．

(3) 図 2(b) に示すように，リングの上部境界面 S_1 で分離して隙間 δ ($\delta \ll a$) が生じているとき，同様に磁束密度 B を印加することにより，分離している境界面 S_{1a}, S_{1b} に生じる自由電荷を求めよ．

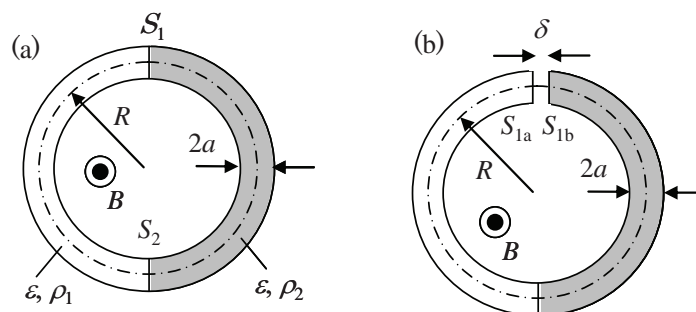


図 2

[Problem 2] As shown in Fig. 2(a), uniform magnetic flux density B is applied with a constant time derivative dB/dt to a thin resistive ring with an average radius R much larger than a radius a of the circular cross-section in a vacuum (permittivity ϵ_0). The ring is composed of two half rings with different resistivities of ρ_1 and ρ_2 and a common permittivity ϵ . Answer the following questions, provided magnetic field by induced current of the ring can be negligible.

(1) Give the induced current density J in the ring. The clockwise direction is positive.

(2) Give free electric charges on the boundaries S_1 and S_2 between the two half rings.

(3) When the ring has a separation with a small gap δ ($\delta \ll a$) at the boundary S_1 , as shown in Fig. 2(b), give free electric charges on the separated boundaries S_{1a} and S_{1b} induced by applying the same magnetic flux density B .

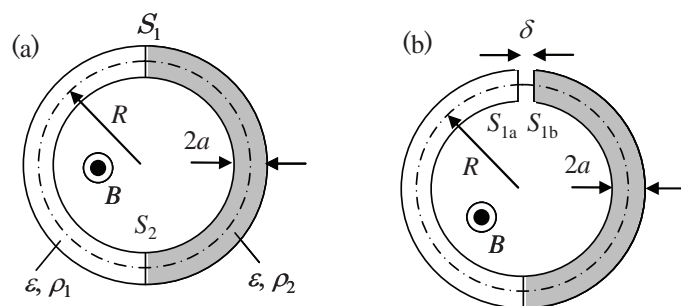


Fig. 2

6 分野から 2 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ。また、大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

問 3 図 3 に示すような、内半径 a 、外半径 b 、高さ h の矩形断面を持つ環状の磁性体がある。この磁性体に導線を一様に N 回巻いてトロイダルコイルを形成する。また、コイルの中心を垂直に直線導体が通過している。直線導体には電流 $I(t)$ が流れており、トロイダルコイルの両端は開放されている。ただし、磁性体の透磁率を μ 、それ以外の領域の透磁率を μ_0 とする。

- (1) 電流 I の作る磁界 $H(r)$ の大きさを求めよ。ただし、 r は直線導体からの距離である。
- (2) 磁性体の矩形断面に鎖交する磁束 Φ を求めよ。
- (3) 電流 I によってトロイダルコイルに誘導される電圧 V の大きさを求めよ。
- (4) トロイダルコイルの自己インダクタンス L を求めよ。

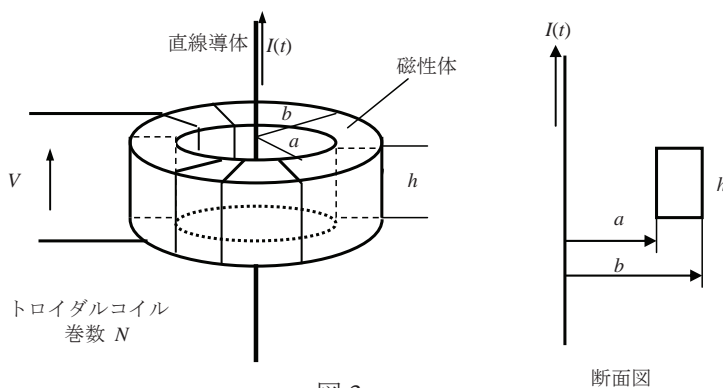


図 3

[Problem 3] As shown in Fig. 3, there is a toroidal coil with inner and outer radius a and b , respectively. Cross section of the coil is rectangle with width $b-a$ and height h , and number of turns is N . Permeability of the magnetic core is μ , and the permeability outside the core is μ_0 . A line conductor passes through the center of the coil perpendicularly to the coil. Current $I(t)$ flows in the line conductor, and the terminals of the toroidal coil are opened.

- (1) Give the magnetic field $H(r)$ produced by the current $I(t)$, where r is a distance from the line conductor.
- (2) Give the magnetic flux Φ that interlinks the cross section of the magnetic core.
- (3) Give the magnitude of the voltage V between the terminals of the toroidal coil.
- (4) Give the self inductance L of the toroidal coil.

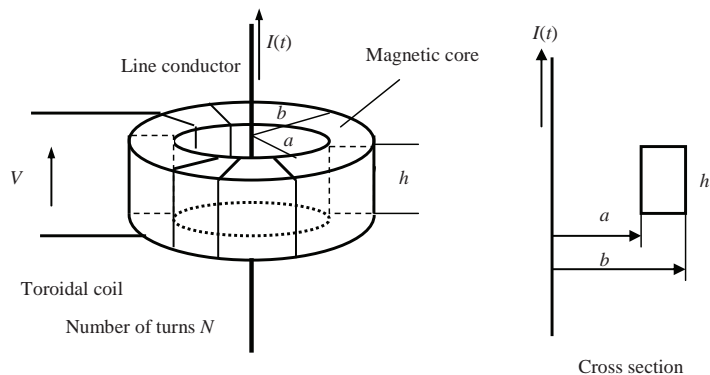


Fig. 3

6 分野から 2 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ。また、大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

5. 【アルゴリズム / プログラミング (Algorithms and programming) 分野】

以下の問題 (【1】【2】) に答えなさい。

Answer the following questions, 【1】 and 【2】.

【1】クイックソートの疑似コードは以下のように記述される。

A pseudo code for quicksort can be described as follows.

QUICKSORT(A, p, r)

```
1  if  $p < r$ 
2      then  $q \leftarrow \text{PARTITION}(A, p, r)$ 
3          QUICKSORT( $A, p, q$ )
4          QUICKSORT( $A, q + 1, r$ )
```

PARTITION(A, p, r)

```
1   $x \leftarrow A[p]$ 
2   $i \leftarrow p - 1$ 
3   $j \leftarrow r + 1$ 
4  while TRUE
5      do repeat  $j \leftarrow j - 1$ 
6          until  $A[j] \leq x$ 
7      repeat  $i \leftarrow i + 1$ 
8          until  $A[i] \geq x$ 
9      if  $i < j$ 
10         then exchange values  $A[i] \leftrightarrow A[j]$ 
11     else return  $j$ 
```

A

4	1	5	6	2	3
---	---	---	---	---	---

- (1) 上記の配列 A に対して、PARTITION($A, 1, 6$) を実行した場合に手続き PARTITION の返す値 (q に代入される値)、および実行後の配列の状態を示せ。この記法では、配列の最初の要素の添字は 1 から始まることに注意。

Let us assume PARTITION($A, 1, 6$) is applied for array A (shown above). Describe the return value of PARTITION (i.e., the value substituted for q) and the state of array A . Note that we assume the first element of the array is $A[1]$.

- (2) 上記の配列 A に対して、クイックソートが終了するまでに、手続き PARTITION が呼び出される回数を求めよ。

Find the total number of calls of PARTITION in order to complete quicksort for array A (shown above).

- (3) 手続き PARTITION の 1 行目で、 x の値を、最初の要素 $A[p]$ ではなく、最後の要素 $A[r]$ を用いるように変更した場合の問題点を示せ。

Identify a possible shortcoming when we use $A[r]$ (the last element) instead of $A[p]$ (the first element) for the value of x in the first line of PARTITION.

専門科目 (Special subjects)

(22 枚中の 14)

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

- 【2】C 言語で記述された次々頁のプログラムでは，構造体の配列 `pool` (要素数 `POOLSIZE`) を宣言し，2 種類の線形リストを以下の要領で実現する．一つはデータを保持するための線形リスト (データリストと呼ぶ) であり，その先頭を `pool[0].next` が指している．もう一つは使われていないノードを保持する線形リスト (自由領域リストと呼ぶ) であり，その先頭を `pool[POOLSIZE-1].next` が指している．ただし，ノードのメンバ `next` に配列の要素の添字を書き込むことで次の要素を指すものとし，線形リストの終端は値 (-1) で表す．下の図は，データリストにデータを格納したときの配列 `pool` の例である．

以下の問いに答えなさい．

- (1) 関数 `allocate` の役割を「自由領域リスト」という言葉を使って説明しなさい．
- (2) 関数 `main` の「Line 1」を実行した直後の配列 `pool` の内容を示しなさい．
- (3) 関数 `main` の「Line 3」を実行した直後の配列 `pool` の内容を示しなさい．
- (4) 関数 `main` の「Line 5」を実行した直後の配列 `pool` の内容を示しなさい．
- (5) 関数 `main` の「Line 10」を実行した直後の配列 `pool` の内容を示しなさい．

配列 `pool`

添字	letter	next
0	\0	1
1	A	4
2	C	-1
3	\0	5
4	B	2
5	\0	6
6	\0	7
7	\0	8
8	\0	-1
9	\0	3

専 門 科 目 (Special subjects)

(22 枚中の 15)

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，
大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets
for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

In the C-program given in the next page, two linked lists are implemented in an array `pool` of `struct Node` as follows. One is a data list for storing data, whose head is pointed by `pool[0].next`. The other is a free list for maintaining the free nodes, whose head is pointed by `pool[POOLSIZE-1].next`. Note that member `next` of a node maintains the index of its next node in `pool`, and the end of the linked list is indicated by `-1`. The figure below illustrates an example of array `pool` storing the data in the data list.

Answer the following questions.

- (1) Describe the role of function `allocate` with the term “free list.”
- (2) Describe the contents of `pool` right after executing Line 1 in function `main`.
- (3) Describe the contents of `pool` right after executing Line 3 in function `main`.
- (4) Describe the contents of `pool` right after executing Line 5 in function `main`.
- (5) Describe the contents of `pool` right after executing Line 10 in function `main`.

Array `pool`

index	letter	next
0	\0	1
1	A	4
2	C	-1
3	\0	5
4	B	2
5	\0	6
6	\0	7
7	\0	8
8	\0	-1
9	\0	3

専門科目 (Special subjects)

(22 枚中の 16)

6 分野から 2 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ。また、大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

```
#define POOLSIZE 10

struct Node {
    char letter;
    int next;
};

struct Node pool[POOLSIZE];

void init_pool(void) {
    int i;
    for (i = 1; i < POOLSIZE - 1; i++) {
        pool[i].letter = '\0';
        pool[i].next = i + 1;
    }
    pool[POOLSIZE - 2].next = -1;
    pool[0].letter = '\0';
    pool[0].next = -1;
    pool[POOLSIZE - 1].letter = '\0';
    pool[POOLSIZE - 1].next = 1;
}

int allocate(void) {
    int p = pool[POOLSIZE - 1].next;
    if (p == -1) exit(-1);
    pool[POOLSIZE - 1].next = pool[p].next;
    return p;
}

void deallocate(int p) {
    pool[p].letter = '\0';
    pool[p].next = pool[POOLSIZE - 1].next;
    pool[POOLSIZE - 1].next = p;
}

void insertNode(int previous, char val) {
    int q = allocate();
    pool[q].letter = val;
    pool[q].next = pool[previous].next;
    pool[previous].next = q;
}

void deleteNode(int previous) {
    int q = pool[previous].next;
    pool[previous].next = pool[q].next;
    deallocate(q);
}

void insert(char val) {
    int previous = 0;
    int pos = pool[previous].next;
    while (pos != -1) {
        if (pool[pos].letter > val) {
            break;
        } else {
            previous = pos;
            pos = pool[pos].next;
        }
    }
    insertNode(previous, val);
}

void delete(char val) {
    int previous = 0;
    int pos = pool[previous].next;
    while (pos != -1) {
        if (pool[pos].letter == val) {
            deleteNode(previous);
            break;
        } else {
            previous = pos;
            pos = pool[pos].next;
        }
    }
}

int main(void) {
    init_pool(); /* Line 1 */
    insert('C'); /* Line 2 */
    insert('B'); /* Line 3 */
    insert('D'); /* Line 4 */
    delete('B'); /* Line 5 */
    insert('A'); /* Line 6 */
    insert('F'); /* Line 7 */
    insert('E'); /* Line 8 */
    insert('D'); /* Line 9 */
    delete('D'); /* Line 10 */
    return 0;
}
```


専 門 科 目 (Special subjects)

(22 枚中の 17)

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

6. 【計算機アーキテクチャ(Computer architecture) 分野】

以下の各問に答えよ．

(1) 論理代数において以下の等式が成り立つことを証明せよ．

$$abc + \bar{a}\bar{d}\bar{e} + bc\bar{d}\bar{e} = abc + \bar{a}\bar{d}\bar{e}$$

(2) 以下の真理値表で与えられた論理関数 f の最簡積和表現を求めよ．表中の*はドントケアを表す．ただし，最簡積和表現とは，その関数を表す積和表現のうち，積項数最小(積項数が同数のものが複数ある場合にはその中でリテラル数最小)のもののことである．

論理関数 f の真理値表

a	b	c	d	f	a	b	c	d	f
0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	1	1	0	1	0	*
0	0	1	1	0	1	0	1	1	*
0	1	0	0	*	1	1	0	0	0
0	1	0	1	*	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	*
0	1	1	1	*	1	1	1	1	1

専門科目 (Special subjects)

(22 枚中の 18)

6 分野から 2 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ。また、大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

(3) 以下の命令セット仕様を有するプロセッサを対象に下記の C プログラムをコンパイルし、その結果であるアセンブリプログラムを示せ。

ー 命令セット仕様

- * 汎用レジスタは 4 バイト長，32 個。アセンブリ表記上は \$0 ~ \$31。
- * メモリは 32 ビットアドレスによるバイトアドレッシング。
- * 備える命令は以下の 9 種類。

命令区分	命令	例	意味
算術論理演算	加算	add \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 + \$3$
	減算	sub \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 - \$3$
	論理積	and \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 \text{ AND } \$3$ (ビット毎の論理積)
	論理和	or \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 \text{ OR } \$3$ (ビット毎の論理和)
	比較	slt \$1, \$2, \$3	もし $\$2 < \3 なら $\$1 = 1$ ， そうでなければ $\$1 = 0$
データ転送 (メモリ - レジスタ間)	ロードワード	lw \$1, 100(\$2)	\$1 にメモリの [$\$2 + 100$] 番地の ワードデータ (4 バイト) を読み込む
	ストアワード	sw \$1, 100(\$2)	メモリの [$\$2 + 100$] 番地に \$1 のワードデータ (4 バイト) を書き込む
分岐	条件分岐	beq \$1, \$2, L	もし $\$1 == \2 ならラベル L に分岐
		bne \$1, \$2, L	もし $\$1 \neq \2 ならラベル L に分岐
	無条件分岐	j L	ラベル L に分岐

C プログラム：

```
for (i = 0, j = 15; i < j; i++, j--) {
    tmp = a[i];
    a[i] = a[j];
    a[j] = tmp;
}
```

専 門 科 目 (Special subjects)

(22 枚中の 19)

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

ただし，各変数および定数は以下のようにレジスタに割り付けられているものと仮定する．

変数 / 定数	レジスタ	変数 / 定数	レジスタ
i	\$1	配列 a の先頭アドレス	\$4
j	\$2	定数 15	\$5
tmp	\$3	定数 1	\$6

- (4) レベル 1 キャッシュと主記憶からなるメモリシステムを想定した場合，平均メモリアクセス時間 (AMAT: Average Memory Access Time) は以下の式となる．キャッシュのブロックサイズを大きくすることの利点と欠点を AMAT に基づき説明せよ．ただし，理由の詳細も記述すること．

$$\text{AMAT} = \text{キャッシュヒット時間} + \text{キャッシュミス率} \times \text{キャッシュミスペナルティ}$$

専 門 科 目 (Special subjects)

(22 枚中の 20)

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

Answer the following questions.

- (1) Prove the following logic equation in logic algebra.

$$abc + \bar{a}\bar{d}\bar{e} + bcd\bar{e} = abc + \bar{a}\bar{d}\bar{e}$$

- (2) Show the minimum sum-of-products expression for a logic function f that is given in the following truth table. ‘*’ in the table stands for “don’t care”. Sum-of-products expression is called minimum when the number of product terms is minimum among all the expressions representing the same logic function. If there are more than one expressions having the same number of product terms, an expression with minimum number of literals becomes the minimum sum-of-products expression.

Truth table for f

a	b	c	d	f	a	b	c	d	f
0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	1	1	0	1	0	*
0	0	1	1	0	1	0	1	1	*
0	1	0	0	*	1	1	0	0	0
0	1	0	1	*	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	*
0	1	1	1	*	1	1	1	1	1

専 門 科 目 (Special subjects)

(22 枚中の 21)

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

(3) Targeting a processor with the following ISA (instruction set architecture), compile the C source program below. A result of the compilation should be represented in an assembly program.

- ISA (instruction set architecture) specification:
 - * There are 32 GPR (general-purpose registers) of 4 bytes each. They are denoted as \$0 - \$31 in the assembly format.
 - * Memory is linear and byte-addressed with 32-bit addresses.
 - * There are the following 9 instructions:

Instruction types	Instructions	Examples	Meanings
Arithmetic and logical operations	Add	add \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 + \$3$
	Subtract	sub \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 - \$3$
	Logical AND	and \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 \text{ AND } \$3$ (bitwise logical AND)
	Logical OR	or \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 \text{ OR } \$3$ (bitwise logical OR)
	Compare (Set-less-than)	slt \$1, \$2, \$3	If $\$2 < \3 then $\$1=1$, otherwise $\$1=0$
Memory-register data transfer	Load word	lw \$1, 100(\$2)	Load \$1 with the word data (4 bytes) from the memory location [$\$2+100$]
	Store word	sw \$1, 100(\$2)	Store the word data (4 bytes) of \$1 into the memory location [$\$2+100$]
Control (Branch/Jump)	Conditional branch	beq \$1, \$2, L	If $\$1 == \2 then go to the label L
		bne \$1, \$2, L	If $\$1 \neq \2 then go to the label L
	Jump (Unconditional branch)	j L	Go to the label L

C source program:

```
for (i = 0, j = 15; i < j; i++, j--) {
    tmp = a[i];
    a[i] = a[j];
    a[j] = tmp;
}
```

専 門 科 目 (Special subjects)

(22 枚中の 22)

6 分野から 2 分野を選び解答すること．選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ．また，
大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ．

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a set of answer sheets
for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

Assume the following register assignment:

Variables/constants	Registers	Variables/constants	Registers
i	\$1	Address of a[0]	\$4
j	\$2	Constant 15	\$5
tmp	\$3	Constant 1	\$6

- (4) Explain advantages and disadvantages of increasing the cache block size based on AMAT (Average Memory Access Time). The detailed reasons must be described. If we assume a memory system which consists of a level-1 cache and a main memory, AMAT is given by the following equation.

$$\text{AMAT} = \text{cache hit time} + \text{cache miss rate} \times \text{cache miss penalty}$$