

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 9 年度入学試験問題

【平成 2 8 年 8 月 1 8 日（木）、1 9 日（金）】

# 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こと。  
Select 3 fields out of the following 6 fields and answer the questions. 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（情報学専攻を除く），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 (except the department of informatics), 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 backs 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こと。  
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

## 1. 【線形代数 (Linear algebra) 分野】

1 次独立な  $n$  次元ベクトルの組  $\{v_1, v_2, \dots, v_k\} \subseteq \mathbf{R}^n$  が張る部分空間  $K$  に対し, 写像  $f: K \rightarrow \mathbf{R}^k$  を次のように定義する。任意の  $x = \sum_{i=1}^k \alpha_i v_i \in K$  に対し,  $f(x) = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_k \end{pmatrix}$ 。

以下の各問に答えよ。

- (1) 任意の  $x, y \in K$  に対し,  $f(x + y) = f(x) + f(y)$  が成り立つことを示せ。
- (2) 任意の  $x \in K$ , 任意の実数  $c$  に対し,  $f(cx) = cf(x)$  が成り立つことを示せ。
- (3)  $\{x_1, x_2, \dots, x_l\} \subseteq K$  が 1 次独立のとき,  $\{f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_l)\}$  も 1 次独立であることを示せ。

For a subspace  $K$  spanned by a linearly independent set of  $n$  dimensional vectors  $\{v_1, v_2, \dots, v_k\} \subseteq \mathbf{R}^n$ , we define a function  $f: K \rightarrow \mathbf{R}^k$  as  $f(x) = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_k \end{pmatrix}$  for any  $x = \sum_{i=1}^k \alpha_i v_i \in K$ .

Answer the following questions.

- (1) Show that  $f(x + y) = f(x) + f(y)$  for any  $x, y \in K$ .
- (2) Show that  $f(cx) = cf(x)$  for any  $x \in K$  and any real number  $c$ .
- (3) Show that if  $\{x_1, x_2, \dots, x_l\} \subseteq K$  is linearly independent, then so is  $\{f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_l)\}$ .

# 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こと。  
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

## 2. 【微分方程式 (Differential equation) 分野】

次の微分方程式の一般解を求めよ。

$$(1) \frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = \frac{1}{1+x^2}$$

$$(2) (\sqrt{xy} - x) \frac{dy}{dx} = -y$$

Find general solutions to the following differential equations.

$$(1) \frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = \frac{1}{1+x^2}$$

$$(2) (\sqrt{xy} - x) \frac{dy}{dx} = -y$$

# 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こと。  
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. 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。ただし  $(x, y, z)$  は三次元空間の直交座標を表す。

- (1) スカラー場  $\phi = x^2yz^3 + xy^2z$  について、点  $(1, 3, 2)$  における  $\nabla \cdot (\nabla \phi)$  を計算せよ。
- (2) スカラー場  $V = xyz$  について、次の面  $S$  に対する  $V$  の面積分を計算せよ。

$$S: x^2 + y^2 = 4, \quad x \geq 0, \quad y \geq 0, \quad 3 \geq z \geq 0$$

Answer the following questions, where  $(x, y, z)$  denotes Cartesian coordinates.

- (1) For the scalar field  $\phi = x^2yz^3 + xy^2z$ , determine  $\nabla \cdot (\nabla \phi)$  at the point  $(1, 3, 2)$ .
- (2) Evaluate the surface integral for the scalar field  $V = xyz$ , over the following surface  $S$ .

$$S: x^2 + y^2 = 4, \quad x \geq 0, \quad y \geq 0, \quad 3 \geq z \geq 0.$$

# 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こと。  
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

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

複素関数  $w(z) = \frac{z-1}{z+1}$  を考える。ただし,  $z = x + iy$ ,  $i = \sqrt{-1}$ ,  $x$  と  $y$  は実数である。  
次の各問に答えよ。

- (1)  $w(z) = u(x, y) + iv(x, y)$  で表されるとき,  $u(x, y)$  と  $v(x, y)$  を求めよ。  
ただし,  $u(x, y)$  と  $v(x, y)$  は実数値関数である。
- (2) 以下の領域  $A$  の関数  $w(z)$  による像  $w(A) = \{w(z) \mid z \in A\}$  を複素平面上に図示せよ。  
(a)  $A = \{z \in \mathbb{C} \mid x = 0\}$ , (b)  $A = \{z \in \mathbb{C} \mid x = 1\}$ , (c)  $A = \{z \in \mathbb{C} \mid y = 0, x \geq 0\}$

Consider the complex function  $w(z) = \frac{z-1}{z+1}$ , where  $z = x + iy$ ,  $i = \sqrt{-1}$ , and  $x$  and  $y$  are real numbers. Answer the following questions.

- (1) Denote the function  $w(z)$  as  $w(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ , where the functions  $u(x, y)$  and  $v(x, y)$  are real-valued. Then, find the functions  $u(x, y)$  and  $v(x, y)$ .
- (2) Illustrate in the complex plane the images  $w(A) = \{w(z) \mid z \in A\}$  of the following regions  $A$  through the function  $w(z)$ .  
(a)  $A = \{z \in \mathbb{C} \mid x = 0\}$ , (b)  $A = \{z \in \mathbb{C} \mid x = 1\}$ , (c)  $A = \{z \in \mathbb{C} \mid y = 0, x \geq 0\}$ .

# 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こと。  
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

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

離散確率変数  $X_1, \dots, X_n$  は独立に、確率分布

$$\Pr[X_i = k] = \left(\frac{1}{2}\right)^k \quad (k = 1, 2, \dots)$$

に従うものとする。以下の各問に答えよ。

- (1)  $\sum_{i=1}^n X_i$  の期待値を求めよ。
- (2)  $\Pr[X_i \leq k]$  ( $k = 1, 2, \dots$ ) を求めよ。
- (3)  $Z = \max_{i \in \{1, \dots, n\}} X_i$  とする。  $\Pr[Z \leq k]$  ( $k = 1, 2, \dots$ ) を求めよ。
- (4)  $n$  が十分に大きいとき、 $\Pr[Z \leq \log_2 n - 1] \geq 1/2$  が成り立つか否か、理由と共に述べよ。  
ただし自然対数の底  $e$  に対して、 $1/e < 0.37$  が成り立つことを用いてよい。

Let  $X_1, \dots, X_n$  be independent discrete random variables with probability

$$\Pr[X_i = k] = \left(\frac{1}{2}\right)^k \quad (k = 1, 2, \dots).$$

Answer the following questions.

- (1) Find the expectation of  $\sum_{i=1}^n X_i$ .
- (2) Find  $\Pr[X_i \leq k]$  ( $k = 1, 2, \dots$ ).
- (3) Let  $Z = \max_{i \in \{1, \dots, n\}} X_i$ . Find  $\Pr[Z \leq k]$  ( $k = 1, 2, \dots$ ).
- (4) Establish whether or not  $\Pr[Z \leq \log_2 n - 1] \geq 1/2$  holds for sufficiently large  $n$ . You can use the fact that  $1/e < 0.37$  for  $e$ , the base of the natural logarithm.

# 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こと。  
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

## 6. 【記号論理学 (Symbolic logic) 分野】

- (1)  $(p \rightarrow (q \rightarrow (r \wedge s))) \rightarrow (\neg((\neg s \vee \neg r) \rightarrow \neg q) \rightarrow \neg p)$  がトートロジーであることをタブロー法により示せ。
- (2) 赤や緑の電球がいくつかある。以下の問いに答えよ。
- (a) 以下の文章  $\psi_1, \psi_2, \phi$  のそれぞれを論理式で表せ。ただし、「 $x$  は赤電球」を  $R(x)$ 、「 $x$  は緑電球」を  $G(x)$ 、「 $x$  が点灯中」を  $L(x)$  で表せ。
- $\psi_1$ : 点灯中でない緑電球があるならば、点灯中の赤電球がある。
- $\psi_2$ : 点灯中の緑電球があるのは、点灯中でない赤電球があるとき、かつそのときに限る。
- $\phi$ : 点灯中の赤電球があるならば、点灯中の緑電球はない
- (b) 上の  $\phi$  は  $\psi_1$  と  $\psi_2$  からの論理的帰結か否かを答えよ。もし論理的帰結ならば、理由を説明せよ。そうでないならば、反例を示せ。

- (1) Prove by the tableaux method that  $(p \rightarrow (q \rightarrow (r \wedge s))) \rightarrow (\neg((\neg s \vee \neg r) \rightarrow \neg q) \rightarrow \neg p)$  is a tautology.
- (2) There are some red bulbs and green bulbs. Answer the following questions.
- (a) Express each of the following sentences  $\psi_1, \psi_2$  and  $\phi$  in a logical formula using the predicates  $R(x), G(x)$ , and  $L(x)$  which represent “ $x$  is a red bulb,” “ $x$  is a green bulb,” and “ $x$  is on,” respectively.
- $\psi_1$ : There exists a red bulb which is on if there exists a green bulb which is not on.
- $\psi_2$ : There exists a green bulb which is on if and only if there exists a red bulb which is not on.
- $\phi$ : There exists no green bulb which is on if there exists a red bulb which is on.
- (b) Is  $\phi$  a logical consequence of  $\psi_1$  and  $\psi_2$ ? If so explain the reason, otherwise give a counter example.



# 専門科目 (Special subjects)

## (33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33枚、解答用紙は3枚つづり2部(1分野につき1部)である。

You are given 33 problem sheets including this cover sheet, and 2 sets of 3 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 questions. 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
A	電気回路	Circuit theory	2
B	情報理論	Information theory	6
C	オートマトンと言語	Automata and formal languages	10
D	電磁気学	Electromagnetism	14
E	アルゴリズム／プログラミング	Algorithms and programming	22
F	計算機アーキテクチャ	Computer architecture	28

4. 解答用紙の全部に、専攻名、コース名(情報知能工学専攻のみ)、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 course name (only for the department of advanced information technology), 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 backs of the answer sheets when you run out of space. If you do so, indicate so clearly on the sheet.

専門科目 (Special subjects)

(33枚中の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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

A. 【電気回路 (Circuit theory) 分野】

【問 1】～【問 4】から 2 問 を選び、解答用紙の問題番号欄に解答した問題番号を記入せよ。

【問 1】 図 1 の回路において、電源電圧  $E$  と電流  $I$  の位相差は  $\arg\left(\frac{E}{I}\right) = 0$  であり、かつ  $X_1 \neq X_2$  である。以下の問いに答えよ。

(1)  $R, X_1, X_2$  の間の関係を示せ。

(2)  $|E| = 8 \text{ V}, |I| = 2 \text{ A}, \frac{|I_1|}{|I_2|} = 2$  のとき、 $R, X_1, X_2$  の値を求めよ。

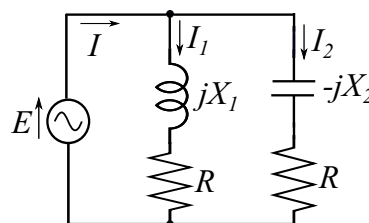


図 1

【問 2】 図 2 の回路について、以下の問いに答えよ。

(1)  $\begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_2 \\ I_2 \end{pmatrix}$  のとき、 $Z$  と  $Y$  を用いて行列  $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$  を表せ。

(2) 端子対 2-2' にインピーダンス  $Z_K$  をつないだところ、端子対 1-1' から右側を見たインピーダンスも  $Z_K$  となった。 $Z$  と  $Y$  を用いて  $Z_K$  を表せ。

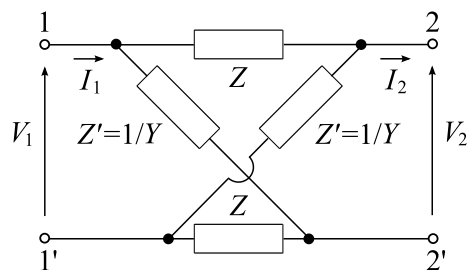


図 2

専門科目 (Special subjects)

(33枚中の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 questions. 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の回路について、以下の問いに答えよ。ただし、電源の角周波数を $\omega$ とする。

- (1) 節点電位  $V_a, V_b, V_c$  に対する回路方程式を立てよ。
- (2)  $V_b = V_c$  のとき、 $R_0 \sim R_5, C_3, C_4, \omega$  が満たすべき条件を求めよ。

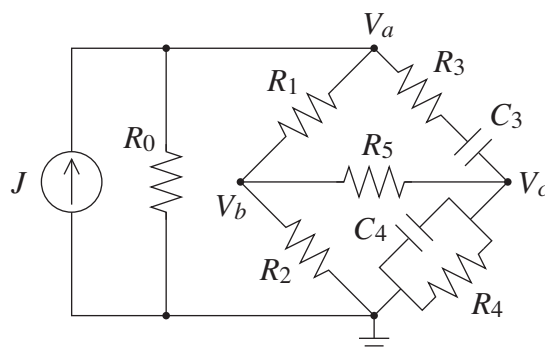


図3

【問4】 図4の回路において、時刻  $t = 0$  でスイッチを  $S_1$  から  $S_2$  に切り替えるとする。ただし、 $t < 0$  の回路は定常状態にあるとする。また、 $e_1(t) = 4 \sin 2t$  V,  $E_2 = 8$  V,  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $L = 1$  H,  $C = 0.125$  F とする。以下の問いに答えよ。

- (1) スイッチを切り替える前の電荷  $q(t)$  ( $t < 0$ ) を求めよ。
- (2) スイッチを切り替えた後の電荷  $q(t)$  ( $t > 0$ ) を求めよ。

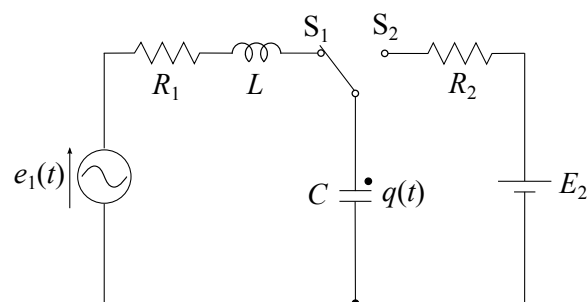


図4

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

Select two out of the four questions 【Q1】～【Q4】 and write the number of the selected question on the answer sheet.

【Q1】 Consider the circuit shown in Fig. 1, where the phase difference  $\arg\left(\frac{E}{I}\right) = 0$  and  $X_1 \neq X_2$ .

- (1) Find the equation representing the relation among  $R$ ,  $X_1$  and  $X_2$ .
- (2) Find the values of  $R$ ,  $X_1$  and  $X_2$ , where  $|E| = 8 \text{ V}$ ,  $|I| = 2 \text{ A}$  and  $\frac{|I_1|}{|I_2|} = 2$ .

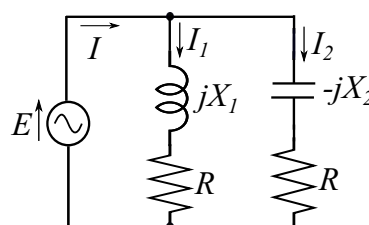


Fig. 1

【Q2】 Consider the circuit shown in Fig. 2.

- (1) Find the matrix  $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$  for  $\begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_2 \\ I_2 \end{pmatrix}$  using  $Z$  and  $Y$ .
- (2) When the terminal pair 2-2' is connected by an impedance  $Z_K$ , the impedance between the terminal pair 1-1' also becomes  $Z_K$ . Find  $Z_K$  using  $Z$  and  $Y$ .

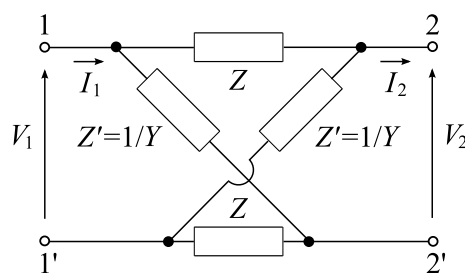


Fig. 2

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【Q3】 Consider the circuit shown in Fig. 3, where the source has the angular frequency  $\omega$ . Answer the following questions.

- (1) Write the circuit equations using the node potentials  $V_a$ ,  $V_b$  and  $V_c$  as variables.
- (2) Derive the requirements to be satisfied by  $R_0$  to  $R_5$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  and  $\omega$  if  $V_b = V_c$ .

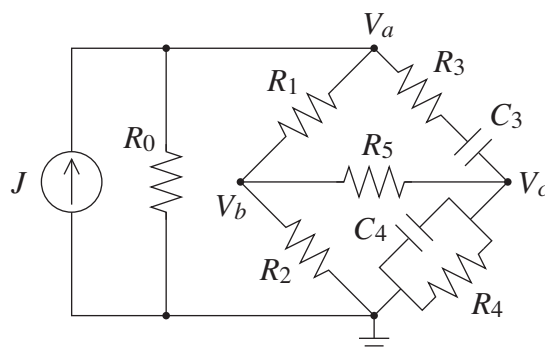


Fig. 3

【Q4】 In Fig. 4, the switch is connected to  $S_1$ , and the circuit is in steady state. Then, the switch is changed from  $S_1$  to  $S_2$  at the time  $t = 0$ . Answer the following questions when  $e_1(t) = 4 \sin 2t$  V,  $E_2 = 8$  V,  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $L = 1$  H and  $C = 0.125$  F.

- (1) Find the charge  $q(t)$  ( $t < 0$ ) before changing the switch.
- (2) Find the charge  $q(t)$  ( $t > 0$ ) after changing the switch.

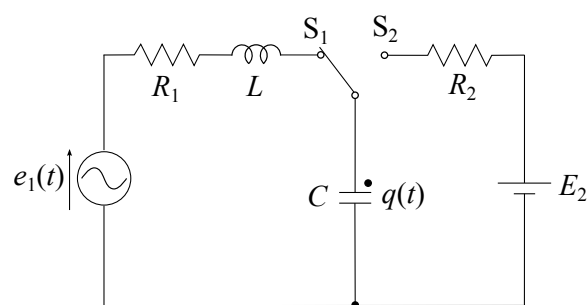


Fig. 4

専門科目 (Special subjects)

(33 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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

B. 【情報理論 (Information theory) 分野】

次の各問い（【問 1】【問 2】）に答えよ。

【問 1】 確率変数  $X \in \{0, 1\}$  と  $Y \in \{0, 1, 2\}$  の同時確率分布  $P_{XY}(x, y)$  が次の表で与えられているとする。以下の各問いに答えよ。ただし、 $\log_2 3$ ,  $\log_2 5$  などはそのままでよい。

$X \setminus Y$	0	1	2
0	0.1	0.2	0.2
1	0.2	0.2	0.1

- (1)  $P_{XY}$  のエントロピー  $H(P_{XY})$  を求めよ。
- (2)  $X$  の周辺確率分布  $P_X(x)$  とエントロピー  $H(P_X)$  を求めよ。
- (3)  $Y$  の周辺確率分布  $P_Y(y)$  とエントロピー  $H(P_Y)$  を求めよ。
- (4) 相互情報量  $I(X; Y)$  を求めよ。
- (5) 新たな同時確率分布  $Q_{XY}(x, y) = P_X(x)P_Y(y)$  について、エントロピー  $H(Q_{XY})$  を求めよ。
- (6)  $P_{XY}$  から  $Q_{XY}$  へのダイバージェンス

$$D(P_{XY} | Q_{XY}) = \sum_{x,y} P_{XY}(x, y) \log \frac{P_{XY}(x, y)}{Q_{XY}(x, y)}$$

を求めよ。

専門科目 (Special subjects)

(33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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【問2】3状態  $s_1, s_2, s_3$  からなるマルコフ情報源  $S$  の遷移行列

$$\mathbf{\Pi} = \begin{pmatrix} p & q & r \\ r & p & q \\ q & r & p \end{pmatrix}$$

を考える。ここで  $\mathbf{\Pi}$  の第  $(i, j)$  成分が、状態  $s_i$  から  $s_j$  への遷移確率を表している。また、初期状態によらず状態分布が同じ分布 (定常分布) に収束するマルコフ情報源は、正規マルコフ情報源と呼ばれる。

- (1) このマルコフ情報源  $S$  の状態遷移図を図示せよ。
- (2)  $S$  が正規マルコフ情報源であると仮定する。このとき、その定常分布は  $(1/3, 1/3, 1/3)$  であることを証明せよ。
- (3)  $S$  が正規マルコフ情報源にならない場合の  $p, q, r$  の値の例を1つ挙げよ。

専 門 科 目 (Special subjects)

(33 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 questions. 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 (【Q1】【Q2】).

【Q1】 Assume that the joint probability distribution  $P_{XY}(x, y)$  of random variables  $X \in \{0, 1\}$  and  $Y \in \{0, 1, 2\}$  is given by the following table.

$X \setminus Y$	0	1	2
0	0.1	0.2	0.2
1	0.2	0.2	0.1

Answer the following questions. (You may leave logarithms in your answer.)

- (1) Find the entropy  $H(P_{XY})$  of  $P_{XY}$ .
- (2) Find the marginal distribution  $P_X$  of  $X$ , and find its entropy  $H(P_X)$ .
- (3) Find the marginal distribution  $P_Y$  of  $Y$ , and find its entropy  $H(P_Y)$ .
- (4) Find the mutual information  $I(X; Y)$ .
- (5) Consider a new joint distribution  $Q_{XY}(x, y) = P_X(x)P_Y(y)$ . Find the entropy  $H(Q_{XY})$  of  $Q_{XY}$ .
- (6) Find the divergence from  $P_{XY}$  to  $Q_{XY}$ , which is defined as

$$D(P_{XY}||Q_{XY}) = \sum_{x,y} P_{XY}(x, y) \log \frac{P_{XY}(x, y)}{Q_{XY}(x, y)}.$$



専 門 科 目 (Special subjects)

(33 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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

---

【Q2】 Consider a Markov information source  $S$  with three states  $s_1, s_2$ , and  $s_3$  and transition matrix

$$\mathbf{\Pi} = \begin{pmatrix} p & q & r \\ r & p & q \\ q & r & p \end{pmatrix},$$

where its  $(i, j)$ -th element is the state transition probability from state  $s_i$  to  $s_j$ . A Markov information source  $S$  is said to be *regular*, if its state distribution converges to the same distribution (stationary distribution) regardless of the initial state.

- (1) Draw the state transition diagram of  $S$ .
- (2) Assume that  $S$  is regular. Then, show that the stationary distribution of  $S$  is  $(1/3, 1/3, 1/3)$ .
- (3) Show an example of  $p, q$ , and  $r$  such that  $S$  is not regular.

専門科目 (Special subjects)

(33枚中の10)

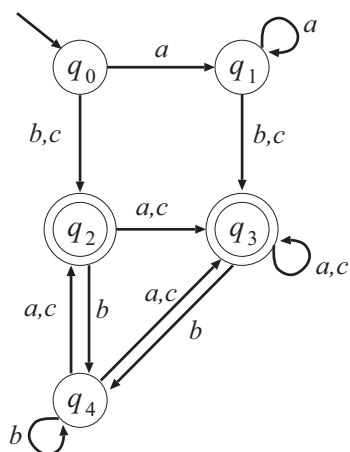
6分野から2分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙1部を用いよ。また、大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。

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

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

次の各問い（【問1】【問2】）に答えよ。

【問1】以下の状態遷移図を持つ有限オートマトン  $M = (K, \Sigma, \delta, q_0, F)$  に対し、次の各問いに答えよ。ただし、 $K, \Sigma, \delta, q_0, F$  は、それぞれ状態の集合、アルファベット、遷移関数、初期状態、最終状態の集合を表し、 $\Sigma = \{a, b, c\}$  とする。



- (1)  $M$  が受理する長さ 2 以下の文字列をすべて列挙せよ。
- (2)  $M$  が受理する言語を  $L(M)$  で表す。  $L(M)$  を受理する状態数最小の決定性有限オートマトンの状態遷移図を与えよ。
- (3)  $L$  を、状態  $q_4$  を通らずに  $M$  によって受理される文字列からなる言語とする。  $L$  を表す正規表現を 1 つ与えよ。

専門科目 (Special subjects)

(33枚中の11)

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【問2】  $\Sigma = \{a, b\}$  を終端記号の集合とする2つの文脈自由文法  $G_1 = (N_1, \Sigma, P_1, S)$ ,  $G_2 = (N_2, \Sigma, P_2, T)$  を考える。ただし,  $N_1 = \{S, A\}$ ,  $P_1 = \{S \rightarrow aS \mid aA, A \rightarrow bA \mid b\}$ ,  $S$  は, それぞれ  $G_1$  の非終端記号の集合, 生成規則の集合, 開始記号である。また,  $N_2 = \{T, B, C\}$ ,  $P_2 = \{T \rightarrow aB \mid Cb, B \rightarrow \varepsilon \mid aB \mid aBb, C \rightarrow \varepsilon \mid Cb \mid aCb\}$ ,  $T$  は, それぞれ  $G_2$  の非終端記号の集合, 生成規則の集合, 開始記号である。文脈自由文法  $G$  が生成する言語を  $L(G)$  と表す。次の各問いに答えよ。

- (1)  $G_1$  が生成する長さ3の文字列をすべて列挙せよ。
- (2) 言語  $L(G_1)$  を説明せよ。
- (3)  $G_2$  が生成する長さ4の文字列をすべて列挙せよ。
- (4) 言語  $L(G_1) \setminus L(G_2)$  を説明せよ。ただし, 集合  $U, V$  について,  $U \setminus V = \{w \mid w \in U \text{ かつ } w \notin V\}$  とする。

専 門 科 目 (Special subjects)

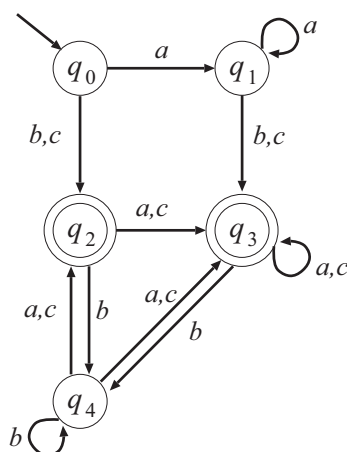
(33 枚中の 12)

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 questions. 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 ( 【Q1】 【Q2】 ).

【Q1】 Answer the following questions for the finite-state automaton  $M = (K, \Sigma, \delta, q_0, F)$  that has the following state transition diagram. Here,  $K, \Sigma, \delta, q_0$ , and  $F$  represent the set of states, the alphabet, the transition function, the initial state, and the set of final states, respectively. Let  $\Sigma = \{a, b, c\}$ .



- (1) Give all strings of length at most 2 that  $M$  accepts.
- (2) We denote by  $L(M)$  the language that  $M$  accepts. Give a state transition diagram of the deterministic finite-state automaton that accepts  $L(M)$  and has the minimum number of states.
- (3) Let  $L$  be the language that consists of the strings accepted by  $M$  without visiting the state  $q_4$ . Give a regular expression which represents  $L$ .

専 門 科 目 (Special subjects)

(33 枚中の 13)

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

**【Q2】** Consider two context free grammars  $G_1 = (N_1, \Sigma, P_1, S)$  and  $G_2 = (N_2, \Sigma, P_2, T)$  with the set of terminal symbols  $\Sigma = \{a, b\}$ . Here,  $N_1 = \{S, A\}$ ,  $P_1 = \{S \rightarrow aS \mid aA, A \rightarrow bA \mid b\}$ , and  $S$  represent the set of non-terminal symbols, the set of production rules, and the start symbol of  $G_1$ , respectively.  $N_2 = \{T, B, C\}$ ,  $P_2 = \{T \rightarrow aB \mid Cb, B \rightarrow \varepsilon \mid aB \mid aBb, C \rightarrow \varepsilon \mid Cb \mid aCb\}$ , and  $T$  represent the set of non-terminal symbols, the set of production rules, and the start symbol of  $G_2$ , respectively.  $L(G)$  represents the language that a context free grammar  $G$  generates. Answer the following questions.

- (1) Give all strings of length 3 that  $G_1$  generates.
- (2) Describe the language  $L(G_1)$ .
- (3) Give all strings of length 4 that  $G_2$  generates.
- (4) Describe the language  $L(G_1) \setminus L(G_2)$ . Here, for sets  $U$  and  $V$ , let  $U \setminus V = \{w \mid w \in U \text{ and } w \notin V\}$ .

専 門 科 目 (Special subjects)  
(33 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 questions. Use a set of answer sheets  
for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

---

D. 【電磁気学 (Electromagnetism) 分野】

【問 1】～【問 3】から 2 問 を選び、解答用紙の問題番号欄に解答した問題番号を記入せよ。

専門科目 (Special subjects)

(33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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【問1】 図1に示すように、面積 $A$ の2つの平板導体が間隔 $x_2$ で設置された平行平板コンデンサがある。導体間は比誘電率  $\epsilon_{r1} = 3$ ,  $\epsilon_{r2} = 2$  の2種類の誘電体で図のように満たされている。上部導体に  $+Q$  の電荷を、下部導体に  $-Q$  の電荷を与えた。ただし、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とし、端効果は無視する。

- (1) 導体間の電束密度の大きさ  $D(x)$ , 電界の大きさ  $E(x)$ , 分極の大きさ  $P(x)$  を求めよ。
- (2) 誘電体境界面 ( $x = x_1$ ) における分極面電荷密度を求めよ。
- (3) 誘電体中の静電エネルギー密度  $u(x)$  を求めよ。また、コンデンサに蓄積されるエネルギーと静電容量を求めよ。
- (4) 2つの導体に働く力を求めよ。
- (5) 比誘電率  $\epsilon_{r1}$  の誘電体を導体間から取り出すのに要する仕事を求めよ。

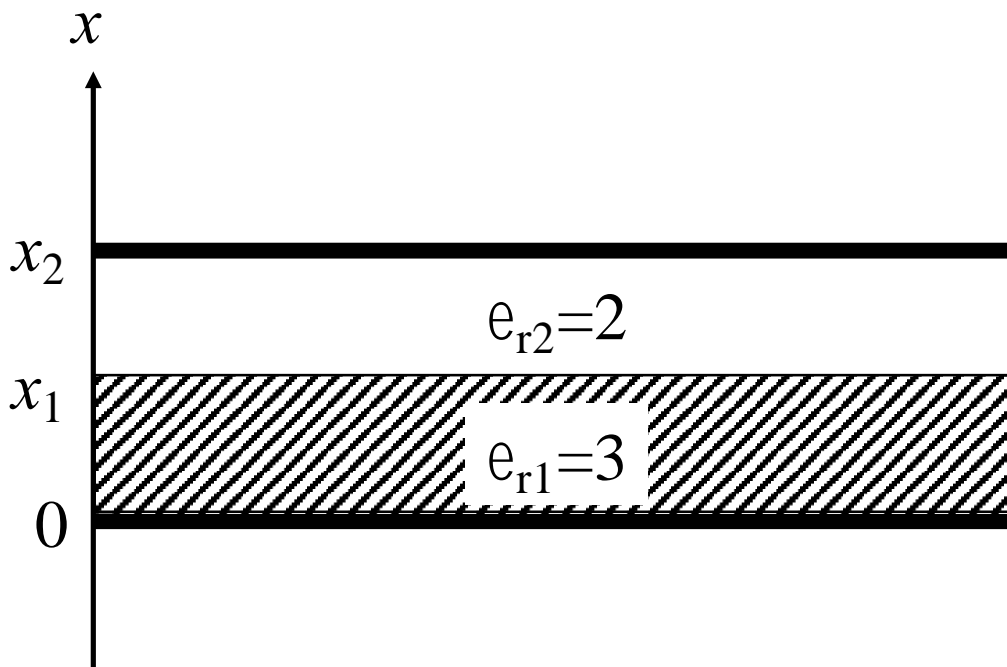


図1

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【問 2】 同心球殻導体（内側球殻の半径  $r_1$ ，外側球殻の半径  $r_2$ ）について以下の問いに答えよ。

- (1) 図 2 (a)に示すように、両球殻間が導電率  $\sigma_0$  の物質で満たされている場合、両球殻間の抵抗  $R_a$  を求めよ。
- (2) 図 2 (b)に示すように、両球殻間の半径  $r_1 < r < d$  の領域が導電率  $\sigma_1$  の物質で、半径  $d < r < r_2$  の領域が導電率  $\sigma_2$  の物質でそれぞれ満たされている場合、両球殻間の抵抗  $R_b$  を求めよ。
- (3) 図 2 (c)に示すように、両球殻間の右半分の半球殻が導電率  $\sigma_1$  の物質で、左半分の半球殻が導電率  $\sigma_2$  の物質でそれぞれ満たされている場合、両球殻間の抵抗  $R_c$  を求めよ。

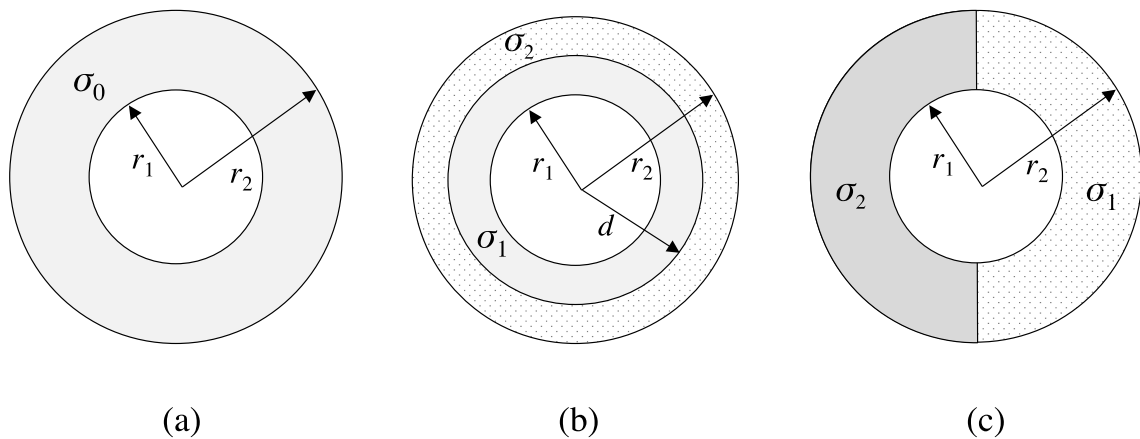


図 2



専門科目 (Special subjects)

(33 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 questions. 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 に示すように直線導体と一辺が  $a$ ,  $b$  の角型コイルが距離  $d$  離れて同一平面上に配置されている。直線導体を固定し直流電流  $I_{dc}$  を流した。全ての領域で透磁率を  $\mu$  とする。

- (1) コイルの端子 S, T 間を開放した場合、コイルに鎖交する磁束  $\Phi$  を求めよ。
- (2) 端子 S, T 間に抵抗  $R$  を接続し、距離  $d$  が  $d(t) = d_0 + vt$  となるようにコイルを速度  $v$  で移動した。ただし、 $t$  は時間であり  $v > 0$  とする。この時、コイルに流れる電流  $I_{coil}$  の大きさを求めよ。また、電流  $I_{coil}$  によりコイルに働く磁気力  $F_m$  を求めよ。ただし、電流  $I_{coil}$  によって発生する磁界は無視できるとする。
- (3) コイルを速度  $v$  で動かすために必要な外力  $F_{ex}$  と外力  $F_{ex}$  が単位時間当たりになす仕事  $W$  を求めよ。また、抵抗  $R$  で消費される電力  $P$  を求め、 $W$  と等しいことを示せ。

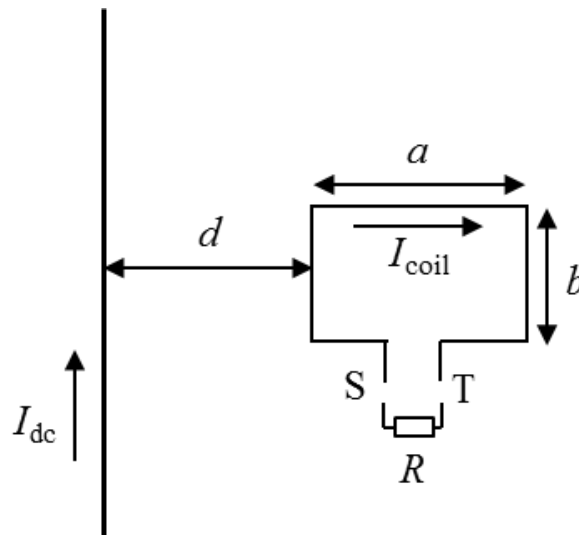


図 3

専 門 科 目 (Special subjects)

(33 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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

---

Select two out of the three questions 【Q1】 ～ 【Q3】 and write the number of the selected question on the answer 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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【Q1】 A parallel plate capacitor consists of two conductors of the area  $A$ , which are set with the separation  $x_2$  as shown in Fig. 1. Two dielectrics of the relative permittivity  $\epsilon_{r1} = 3$  and  $\epsilon_{r2} = 2$  fill the space between the conductors as shown in the figure. A charge  $+Q$  is placed on the upper conductor and a charge  $-Q$  on the lower conductor. The permittivity of the vacuum is  $\epsilon_0$ . Neglect the edge effect.

- (1) Give the magnitude of the electric flux density  $D(x)$ , the magnitude of the electric field  $E(x)$ , and the magnitude of the polarization  $P(x)$  between the conductors.
- (2) Give the polarization charge density at the interface,  $x = x_1$ , between two dielectrics.
- (3) Give the electrostatic energy density  $u(x)$  stored in the dielectrics. Give the stored energy and the capacitance of the capacitor.
- (4) Give the force acting on the conductors.
- (5) Give the work for extracting the dielectric of the relative permittivity  $\epsilon_{r1}$  from the space between the conductors.

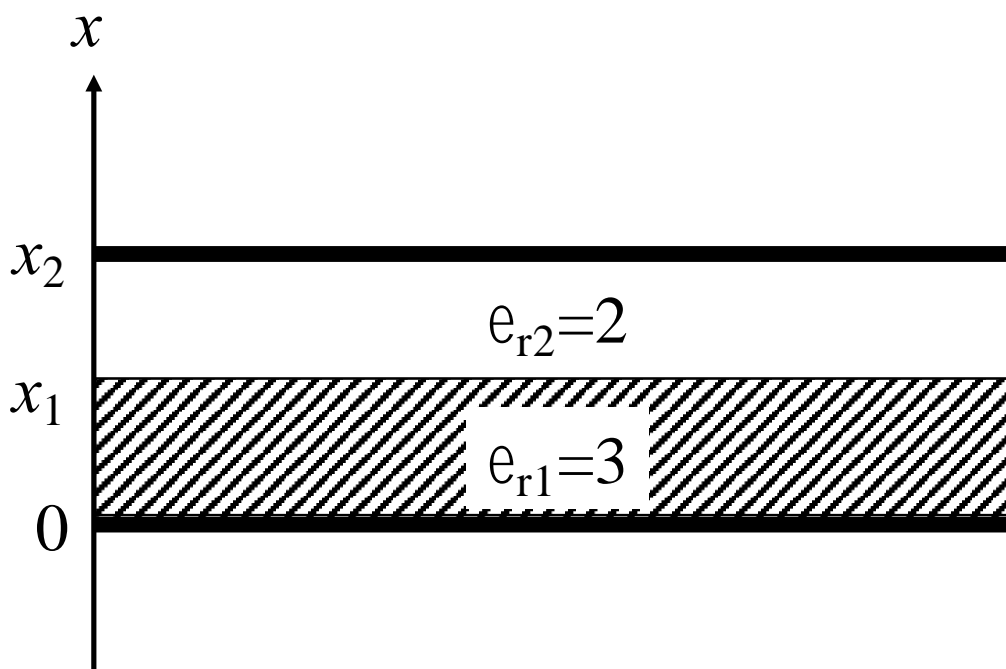


Fig. 1

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【Q2】 A concentric spherical shell electrode system consists of an inner spherical shell (radius  $r_1$ ) and an outer spherical shell (radius  $r_2$ ).

- (1) As shown in Fig. 2 (a), the space between the two spherical shells is filled with material with electrical conductivity  $\sigma_0$ . Give the electrical resistance  $R_a$  between the two spherical shells.
- (2) As shown in Fig. 2 (b), the space between the two spherical shells is divided into two regions according to radial distance. The inner region ( $r_1 < r < d$ ) is filled with material with electrical conductivity  $\sigma_1$ , whereas the outer region ( $d < r < r_2$ ) is filled with material with electrical conductivity  $\sigma_2$ . Give the electrical resistance  $R_b$  between the two spherical shells.
- (3) As shown in Fig. 2 (c), the space between the two spherical shells is divided into two hemispherical shells. The right hemispherical shell is filled with material with electrical conductivity  $\sigma_1$ , whereas the left hemispherical shell is filled with material with electrical conductivity  $\sigma_2$ . Give the electrical resistance  $R_c$  between the two spherical shells.

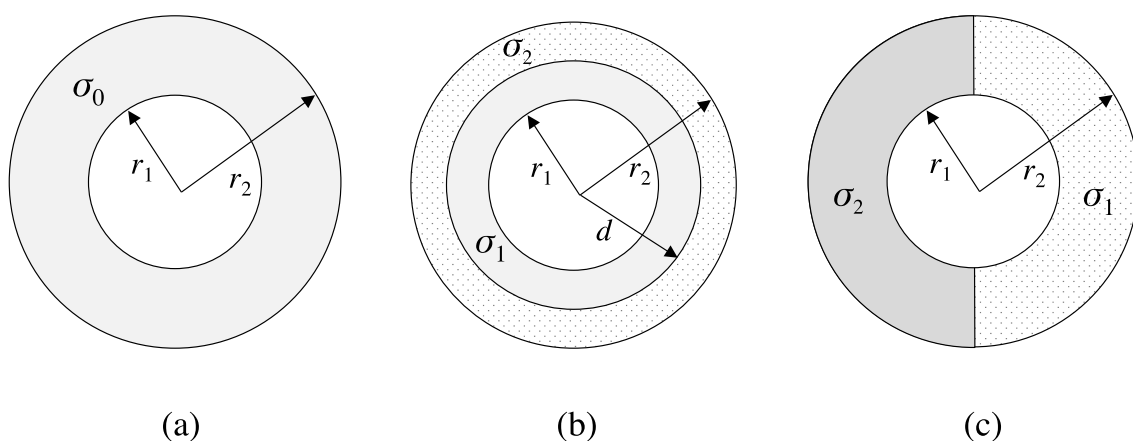


Fig. 2

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【Q3】 A line conductor and a rectangular coil with side length  $a$  and  $b$  are placed on the same plane with spacing  $d$ , as shown in Fig. 3. The line conductor is fixed, and a DC current  $I_{dc}$  is supplied to the line conductor. The permeability is  $\mu$  in all space.

- (1) Give the magnetic flux  $\Phi$  interlinking the coil when the terminals S and T of the coil are opened.
- (2) The resistance  $R$  is connected between the terminals S and T, and the coil is moved with velocity  $v$  so that the distance  $d$  becomes  $d(t) = d_0 + vt$ , where  $t$  is time and  $v > 0$ . Give the current  $I_{coil}$  flowing in the coil. Also give the magnetic force  $F_m$  acting on the coil. Here, we neglect the magnetic field caused by the current  $I_{coil}$ .
- (3) It is necessary to apply an external force  $F_{ex}$  to keep the velocity  $v$  constant. Give the value of  $F_{ex}$  and the work  $W$  done per second by the external force. Also show that the power  $P$  dissipated in the resistance  $R$  is equal to  $W$ .

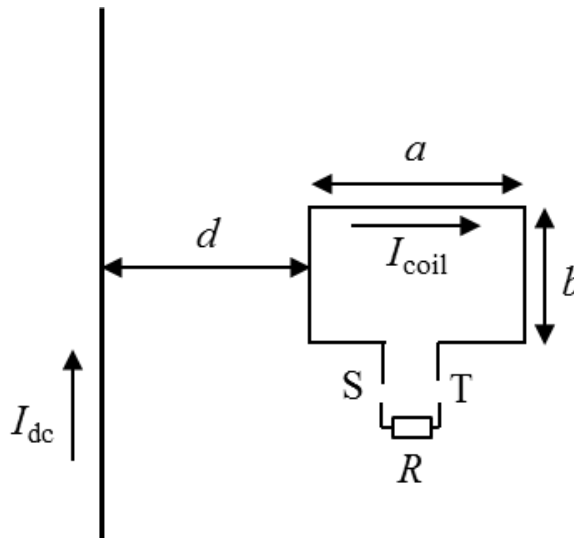


Fig. 3

専門科目 (Special subjects)  
(33 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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

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

次の各問い（【問 1】【問 2】）に答えよ。

【問 1】 クイックソートの擬似コードが図 1 のように記述されている。このとき、次の各問いに答えよ。

```
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  $j$ 
```

図 1: クイックソートの擬似コード

- (1) 配列  $A(= [4, 3, 7, 8, 6, 2])$  に対して、 $\text{PARTITION}(A, 1, 6)$  を実行した場合に  $\text{PARTITION}$  の返す値、および実行後の配列の状態を示せ。この記法では、配列のインデックスは 1 から始まる（上の例では、 $A[1]=4$  となる）ことに注意。
- (2) すべての 6 要素の配列に対して、 $\text{QUICKSORT}$  が終了するまでに、手続き  $\text{PARTITION}$  が呼び出される回数の最小値を求めよ。

専門科目 (Special subjects)

(33 枚中の 23)

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

(3) 安定なソートングアルゴリズムでは、同じ値を有する複数の要素に関して、元の列の順序が常に保存される。QUICKSORT は安定でないことを示せ。

(4)  $q < r$  が必ず成立する理由を簡潔に示せ。

【問 2】 次の各問いに答えよ。

(1) 以下の関係に対し、次の各問いに答えよ。

Parts			Customer		
PID	Size	Weight	CID	Name	Tel
001	S	8	001	A	123
002	M	12	002	B	456
003	L	16	003	C	987
			004	D	543

Order			C	
CID	PID	Date	PID	Date
001	001	20160731	001	20160731
001	003	20160801	003	20160801
002	002	20160729		
002	003	20160801		
003	001	20160731		
003	002	20160731		
003	003	20160801		
004	002	20160802		
004	003	20160731		

(a) 以下の SQL の式により得られる行を全て列挙せよ。

```
select Tel
from Customer
where Name = 'B' or Name = 'C'
```

(b) 以下の SQL の式により得られる行を全て列挙せよ。

```
select Customer.Name, Customer.Tel
from Customer, Order
where Customer.CID = Order.CID and Order.Date = '20160801'
```

(c) 関係代数の演算  $\text{Order} \div C$  によって得られるタプルを全て列挙せよ。

(2) 関係  $R(A_1, A_2, \dots, A_m, B_1, B_2, \dots, B_n), S(B_1, B_2, \dots, B_n)$  に対し、商  $R \div S$  は次式で定義される。

$$R[A_1, A_2, \dots, A_m] - (R[A_1, A_2, \dots, A_m] \times S - R)[A_1, A_2, \dots, A_m]$$

専門科目 (Special subjects)

(33 枚中の 24)

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

タプルを用いて商  $R \div S$  を定義せよ。ただし、全称記号  $\forall$  や存在記号  $\exists$  を用いてよい。

(3) 正規化に関する以下の各問いに答えよ。

- (a) 関係  $R$  の二つの属性集合  $X, Y$  に対する関数従属  $X \rightarrow Y$  の定義を、任意のタプル  $t, t' \in R$  と  $t[Z]$  を用いて書け。ただし、 $Z$  は関係  $R$  の属性集合であり、 $t[Z]$  は  $Z$  内の全ての属性に対する  $t$  の属性値からなるタプルを表す。
- (b) 第二正規形の定義を、候補キーという語を用いて答えよ。
- (c) 以下の従属性が成立している時、関係  $R(A, B, C, D, E)$  を分解し、第二正規形に正規化せよ。ただし、 $R$  の主キーは  $\{A, B\}$  であり、 $R$  は第一正規形は満たしているものとする。
- ・  $C$  は  $\{A, B\}$  に完全関数従属
  - ・  $E$  は  $\{A, B\}$  に完全関数従属
  - ・  $D$  は  $B$  に関数従属



専門科目 (Special subjects)

(33 枚中の 25)

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 questions. 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 (【Q1】【Q2】).

【Q1】 A pseudo code for quicksort can be described as shown in Fig. 1.

```
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  $j$ 
```

Fig. 1: Pseudo code for quicksort

- (1) Let us assume  $\text{PARTITION}(A, 1, 6)$  is applied to array  $A(= [4, 3, 7, 8, 6, 2])$ . Note that we assume the first element of the array is  $A[1]$ , i.e.,  $A[1] = 4$  in this case. Describe the return value of  $\text{PARTITION}$  and the state of array  $A$ .
- (2) Find the smallest total number of calls of  $\text{PARTITION}$  in order to complete  $\text{QUICKSORT}$  for any array of size 6.
- (3) A sorting algorithm is stable if for multiple elements with the same value, the order of the original input is always preserved. Show that  $\text{QUICKSORT}$  is not stable.
- (4) Describe the reason why  $q < r$  always holds.

専門科目 (Special subjects)

(33枚中の26)

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【Q2】 Answer the following questions.

(1) Answer the following questions for the following relations:

Parts

PID	Size	Weight
001	S	8
002	M	12
003	L	16

Customer

CID	Name	Tel
001	A	123
002	B	456
003	C	987
004	D	543

Order

CID	PID	Date
001	001	20160731
001	003	20160801
002	002	20160729
002	003	20160801
003	001	20160731
003	002	20160731
003	003	20160801
004	002	20160802
004	003	20160731

C

PID	Date
001	20160731
003	20160801

(a) Enumerate all rows obtained by the following expression in SQL:

```
select Tel
from Customer
where Name = 'B' or Name = 'C'
```

(b) Enumerate all rows obtained by the following expression in SQL:

```
select Customer.Name, Customer.Tel
from Customer, Order
where Customer.CID = Order.CID and Order.Date = '20160801'
```

(c) Enumerate all tuples obtained by the operation  $\text{Order} \div \text{C}$  of the relational algebra.

(2) For two relations  $R(A_1, A_2, \dots, A_m, B_1, B_2, \dots, B_n)$  and  $S(B_1, B_2, \dots, B_n)$ , the division  $R \div S$  is defined as follows:

$$R[A_1, A_2, \dots, A_m] - (R[A_1, A_2, \dots, A_m] \times S - R)[A_1, A_2, \dots, A_m]$$

Define the division  $R \div S$  using tuples, where you can use a universal quantifier  $\forall$

専 門 科 目 (Special subjects)  
(33 枚中の 27)

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

---

and an existential quantifier  $\exists$ .

(3) Answer the following questions about normalization.

- (a) Define the functional dependency  $X \rightarrow Y$  for two sets  $X, Y$  of attributes in a relation  $R$ , using tuples  $t, t' \in R$  and  $t[Z]$ , where  $Z$  is a set of attributes in  $R$  and  $t[Z]$  represents a tuple of attribute values in  $t$  for all attributes in  $Z$ .
- (b) Define second normal form using the term “candidate key”.
- (c) Decompose a relation  $R(\underline{A}, \underline{B}, C, D, E)$  into relations which are in second normal form, where  $R$  has the following dependencies, the primary key of  $R$  is  $\{A, B\}$  and  $R$  is in first normal form.
  - \*  $C$  is fully functional dependent on  $\{A, B\}$ ,
  - \*  $E$  is fully functional dependent on  $\{A, B\}$ , and
  - \*  $D$  is functional dependent on  $B$ .

専 門 科 目 (Special subjects)

(33 枚中の 28)

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

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

次の各問い (【問 1】～【問 3】) に答えよ。

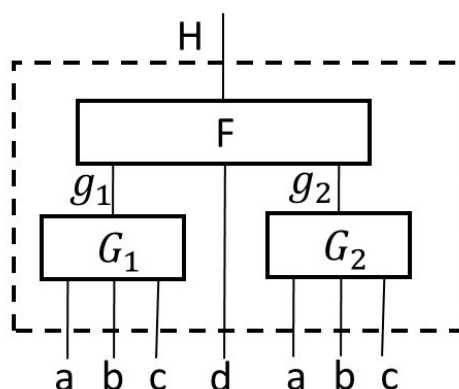
【問 1】以下の真理値表で与えられた論理関数  $H(a, b, c, d)$  を図で示されるように 3 つの関数  $G_1(a, b, c)$ ,  $G_2(a, b, c)$  および  $F(d, g_1, g_2)$  を使って実現することを考える。図に示されるように,  $g_1, g_2$  はそれぞれ関数  $G_1, G_2$  の出力に接続しているものとする。関数  $G_1$  の真理値表が以下の表で与えられる時,  $F$  および  $G_2$  の真理値表を示せ。

論理関数  $H(a, b, c, d)$  の真理値表

$a$	$b$	$c$	$d$	$H$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

論理関数  $G_1(a, b, c)$  の真理値表

$a$	$b$	$c$	$G_1$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1



関数  $H$  の構造

専門科目 (Special subjects)

(33枚中の29)

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

- 【問2】5つのステージからなるパイプライン式データパスを有するマイクロプロセッサについて考える。実装されたパイプラインステージは、IF（命令取得）、ID（命令デコード）、EX（実行）、MEM（メモリアクセス）、ならびに、WB（ライトバック）である。加算命令とロードワード命令の実行における各ステージの処理内容は以下の表に従う。ここで、パイプラインストールの発生を除き、各パイプラインステージの実行は常に1クロックサイクルで完了できると仮定する。また、WBステージでレジスタに書き込まれた値は、同一クロックサイクルにて、後続命令のIDステージで読み出し可能である。以下の各問いに答えよ。

パイプライン式データパスの動作

ステージ	加算命令：add \$x, \$y, \$z	ロードワード命令：lw \$x, offset(\$y)
IF	メモリより実行すべき命令を取得し、次命令取得のためにプログラム・カウンタを更新。	
ID	命令の解読。レジスタファイルからレジスタ \$y ならびに \$z を読み出し。	命令の解読。レジスタファイルからレジスタ \$y を読み出し。
EX	\$y と \$z の加算を実行。	\$y と offset を加算しメモリアドレスを生成。
MEM	特に無し（加算結果を WB ステージへ転送）。	生成したメモリアドレスに対応するワードデータをデータメモリから読み出し。
WB	加算結果をレジスタファイル内のレジスタ \$x に書き込み。	データメモリから読み出したデータをレジスタファイル内のレジスタ \$x に書き込み。

- (1) 以下に示すプログラムについて考える。各行においてシャープ記号から右はコメントである。プログラム中に存在するフロー依存関係について、どの命令が、どの命令のどのレジスタに関して依存しているかをすべて列挙せよ。

```
lw $2, 20($1)    # <1>
add $10, $1, $5   # <2>
add $12, $10, $2  # <3>
lw $11, 40($1)   # <4>
add $15, $11, $2  # <5>
```

- (2) 上記(1)のフロー依存関係のうち、命令パイプライン処理で実行した際にデータハザードを生じさせるものを示せ。

専門科目 (Special subjects)

(33枚中の30)

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

- (3) 上記(2)のデータハザードを以下の方式によって対処した場合の上記(1)のプログラムの実行に要するクロックサイクル数を求めよ。
- (A) パイプラインストールのみ  
(B) データフォワードリング+パイプラインストール
- (4) マイクロプロセッサの動作周波数は1.0 GHzであると仮定する。上記(3)の(B)の方式を適用した場合、上記(1)のプログラムの実行時間(単位はナノ秒)を答えよ。
- (5) 上記(3)に関して、(A)に対する(B)の性能向上比を答えよ。

【問3】 コンピュータのメモリシステムについて、以下の各問いに答えよ。

- (1) マイクロプロセッサに搭載されたフルアソシアティブ・キャッシュについて考える。ワードサイズは4バイト、キャッシュ・サイズは16バイト、ブロックサイズは4バイト、アドレス長は4ビットであり、キャッシュの初期状態は空とする。また、ブロック置換ポリシーはLRU (Least Recently Used) アルゴリズムを採用する。以下に示すワードアドレス(2進表現)に対してメモリアクセスが順次発生した場合のキャッシュ・ミス率を答えよ。

0101  $\Rightarrow$  1111  $\Rightarrow$  1001  $\Rightarrow$  0101  $\Rightarrow$  0001  $\Rightarrow$  1100  $\Rightarrow$  1111  $\Rightarrow$  0101  $\Rightarrow$  0011  $\Rightarrow$  1100

- (2) あるプログラムを実行したところ、実行時間の30%がメモリへのアクセスに費やされることが分かった。そこで、ハードウェア設計を改善し、性能への悪影響を伴うことなく、メモリアクセスを3倍高速にした。この改善により得られる性能向上率を求めよ。

専 門 科 目 (Special subjects)

(33 枚中の 31)

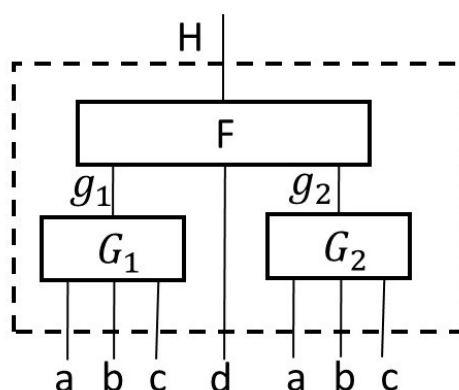
6 分野から 2 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙 1 部を用いよ。また、大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the questions. 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 ( 【Q1】 ～ 【Q3】 ).

- 【Q1】 Let  $H(a, b, c, d)$  be a logic function whose truth table is shown below. Consider that  $H$  is composed of other subfunctions  $G_1(a, b, c)$ ,  $G_2(a, b, c)$  and  $F(d, g_1, g_2)$  as shown in the figure below. Inputs of  $F$ ,  $g_1$  and  $g_2$ , are connected to the output of  $G_1$  and  $G_2$ , respectively. When the truth table for  $G_1$  is given below, show the truth tables of  $F$  and  $G_2$ .

Truth table of $H(a, b, c, d)$					Truth table of $G_1(a, b, c)$				
$a$	$b$	$c$	$d$	$H$	$a$	$b$	$c$	$d$	$H$
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	0	1	1	1	1	1



The structure of function  $H$

専 門 科 目 (Special subjects)

(33 枚中の 32)

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

- 【Q2】** Let us consider a microprocessor that has a 5-stage pipelined datapath. The implemented pipeline stages are IF (Instruction Fetch), ID (Instruction Decode), EX (EXecution), MEM (MEMory access), and WB (Write Back). The operations for two instructions, “add” and “load-word”, in each stage are defined as the following table. Assume that the operations in each pipeline stage can be completed in one clock cycle except for pipeline stalls. The written data in the WB stage can be read in the ID stage of a subsequent instruction in the same clock cycle. Answer the following questions.

Operations of the pipelined datapath

Stage	Add Instruction : add \$x, \$y, \$z	Load Word Instruction : lw \$x, offset(\$y)
IF	Fetch an instruction from the memory and update the program counter to prepare next instruction fetch.	
ID	Decode the fetched instruction. Read registers \$y and \$z from the register file.	Decode the fetched instruction. Read register \$y from the register file.
EX	Add operands \$y and \$z.	Add \$y and offset to form a memory address.
MEM	None (transfer the calculation result to the WB stage).	Read the data from the memory associated with the address generated in the EX stage.
WB	Write the calculated result to register \$x in the register file.	Write the load data to register \$x in the register file.

- (1) Consider the following program. The words on the right of the sharp symbol in each line are comments. Identify all flow dependences by describing which instruction depends on which instruction through which register.

```
lw $2, 20($1)    # <1>
add $10, $1, $5   # <2>
add $12, $10, $2  # <3>
lw $11, 40($1)   # <4>
add $15, $11, $2  # <5>
```

- (2) Show which data dependences in (1) actually cause data hazards in the pipelined



専 門 科 目 (Special subjects)

(33 枚中の 33)

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 questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

datapath.

- (3) Compute the number of clock cycles required to complete the execution of program listed in (1) when all the data hazards above are resolved by means of:
  - (A) pipeline stall only, and
  - (B) data forwarding and pipeline stall.
- (4) Assume the clock frequency of the microprocessor is 1.0 GHz. Compute the actual execution time (unit: nanosecond) of the program listed in (1) when the data hazards are resolved by applying the solution (B) in (3).
- (5) Regarding to (3), answer the performance improvement ratio of (B) over (A).

**【Q3】** Answer the following questions relating to computer memory systems.

- (1) Consider a full-associative cache memory implemented in a microprocessor chip. Assume that the word size is 4 bytes, the cache size is 16 bytes, the block size is 4 bytes, and the address width is 4 bits. Block replacement policy is LRU (Least Recently Used) algorithm. Suppose the cache is initially empty, and we have the following sequence of memory references given as word addresses (represented in the binary numeral system). Find the cache miss rate.

0101  $\Rightarrow$  1111  $\Rightarrow$  1001  $\Rightarrow$  0101  $\Rightarrow$  0001  $\Rightarrow$  1100  $\Rightarrow$  1111  $\Rightarrow$  0101  $\Rightarrow$  0011  $\Rightarrow$  1100

- (2) It has been observed that 30 % of total program execution time is consumed for memory accesses. Here, we have optimized hardware design, and have made memory accesses 3 times faster without causing any negative effects to performance. Calculate the performance improvement ratio achieved by this hardware optimization.