

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30年度入学試験問題

【平成29年8月17日（木）、18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】

正方行列 A が交代적であるとは, $A^T = -A$ を満たすことである。ここで, A^T は A の転置を表す。以下の各問に答えよ。

- (1) 任意の n 次正方行列 $A \in \mathbf{R}^{n \times n}$ と整数 i, j ($1 \leq i, j \leq n$) に対し, ベクトルの組 $\mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbf{R}^n$ が存在し, $\mathbf{x}^T A \mathbf{y} = A_{ij}$ を満たすことを示せ。ただし, A_{ij} は A の (i, j) 成分である。
- (2) n 次正方行列 $A \in \mathbf{R}^{n \times n}$ が交代적であるための必要十分条件は,

$$\mathbf{y}^T A \mathbf{x} = -\mathbf{x}^T A \mathbf{y} \quad (\forall \mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbf{R}^n)$$

が成り立つことであることを示せ。

- (3) 交代的な行列 A が固有値 λ を持つとき, A は $-\lambda$ も固有値として持つことを示せ。

ヒント: 任意の正方行列 X の行列式 $|X|$ について, $|X| = |X^T|$ が成り立つ。

A square matrix A is said to be alternative if A satisfies $A^T = -A$, where A^T denotes the transpose of A . Answer the following questions.

- (1) For any n by n square matrix $A \in \mathbf{R}^{n \times n}$ and any integers i, j ($1 \leq i, j \leq n$), find a pair of vectors $\mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbf{R}^n$ that satisfies $\mathbf{x}^T A \mathbf{y} = A_{ij}$, where A_{ij} is the (i, j) entry of A .
- (2) Show that an n by n square matrix $A \in \mathbf{R}^{n \times n}$ is alternative if and only if

$$\mathbf{y}^T A \mathbf{x} = -\mathbf{x}^T A \mathbf{y} \quad (\forall \mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbf{R}^n).$$

- (3) Assume that an alternative matrix A has an eigenvalue λ . Then, show that A has the eigenvalue $-\lambda$ as well.

Hint: Any square matrix X satisfies $|X| = |X^T|$, where $|X|$ is the determinant of X .

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。なお、 y' は関数 $y(x)$ の x に関する1階導関数を表している。

$$(1) y' = \frac{9(y^2 + 1)}{x^3 - 3x + 2}$$

$$(2) y'' - 3y' + 2y = e^{2x}$$

Find general solutions to the following differential equations. Here, y' denotes the derivative of first order with respect to x for a function $y(x)$.

$$(1) y' = \frac{9(y^2 + 1)}{x^3 - 3x + 2}$$

$$(2) y'' - 3y' + 2y = e^{2x}$$

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】

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 i, j, k とする. S を以下の面とし, C をその外周とするとき, ベクトル場 $\mathbf{A} = yi - 2xj + xzk$ に対し, 線積分 $\oint_C \mathbf{A} \cdot d\mathbf{r}$, および面積分 $\int_S (\nabla \times \mathbf{A}) \cdot d\mathbf{S}$ をそれぞれ計算せよ. なお, 線積分は z 軸正方向からみて反時計回りに沿って行うものとし, S の法線ベクトルの z 成分は非負とする.

$$S : x^2 + y^2 + z^2 = 1 \quad (z \geq 0)$$

Let i, j and k denote the unit vectors on x, y and z axes of Cartesian coordinates, respectively. Calculate the line integral $\oint_C \mathbf{A} \cdot d\mathbf{r}$ and the surface integral $\int_S (\nabla \times \mathbf{A}) \cdot d\mathbf{S}$ for the vector field $\mathbf{A} = yi - 2xj + xzk$, where S is the following surface and C is its boundary. Here, the path of the line integral is oriented counterclockwise viewed from the z -axis positive side, and z component of the normal vector of S is non-negative.

$$S : x^2 + y^2 + z^2 = 1 \quad (z \geq 0)$$

数学 (Mathematics)

(7枚中の5)

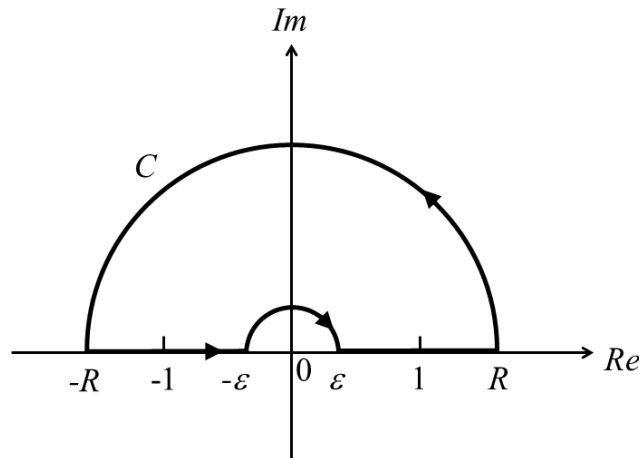
6分野のうちから3分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にすること。
 Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

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

図に示す曲線 C に沿った複素積分 $\oint_C \frac{(\ln z)^2}{z^2 + 1} dz$ を考える。ただし、 $R > 1, \varepsilon < 1$ とする。次の各問に答えよ。

(1) $\oint_C \frac{(\ln z)^2}{z^2 + 1} dz$ の値を求めよ。

(2) $\oint_C \frac{(\ln z)^2}{z^2 + 1} dz$ の値を用いて、 $\int_0^\infty \frac{(\ln x)^2}{x^2 + 1} dx = \frac{\pi^3}{8}$ を示せ。



Consider the integral of the complex function $\oint_C \frac{(\ln z)^2}{z^2 + 1} dz$, where C is a curve as shown in the figure, $R > 1$, and $\varepsilon < 1$. Answer the following questions.

(1) Find the value of $\oint_C \frac{(\ln z)^2}{z^2 + 1} dz$.

(2) Using the value of $\oint_C \frac{(\ln z)^2}{z^2 + 1} dz$, prove that $\int_0^\infty \frac{(\ln x)^2}{x^2 + 1} dx = \frac{\pi^3}{8}$.

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】

n ($n \geq 1$) 個の独立した連続確率変数 X_1, \dots, X_n は、开区間 $(0, 1)$ の一様分布に従うものとする。また $Y = \min\{X_1, \dots, X_n\}$ とする。以下の各問に答えよ。

- (1) 実数 y ($0 < y < 1$) に対して、確率 $\Pr[Y > y]$ を求めよ。
- (2) 期待値 $E[Y]$ を求めよ。
- (3) 分散 $\text{Var}[Y]$ を求めよ。
- (4) $Z = 1/Y$ とする。 Z の期待値が存在する場合は期待値を求め、存在しない場合はその理由を述べよ。

Let X_1, \dots, X_n ($n \geq 1$) be independent continuous random variables uniformly distributed over the open interval $(0, 1)$. Then, let $Y = \min\{X_1, \dots, X_n\}$. Answer the following questions.

- (1) Find the probability $\Pr[Y > y]$ for a real y ($0 < y < 1$).
- (2) Find the expectation $E[Y]$.
- (3) Find the variance $\text{Var}[Y]$.
- (4) Let $Z = 1/Y$. Find the expectation of Z if it exists, otherwise explain the reason why it does not exist.

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) $\psi_1 = (p \rightarrow (q \vee r)) \wedge (q \rightarrow (r \vee p)) \wedge (r \rightarrow (p \vee q))$, $\psi_2 = ((p \wedge q) \rightarrow r) \wedge ((q \wedge r) \rightarrow p) \wedge ((r \wedge p) \rightarrow q)$, $\psi_3 = (p \wedge q \wedge r) \vee \neg(p \vee q \vee r)$ とする。 ψ_1 と ψ_2 の前提から ψ_3 が帰結することを resolution 法により示せ。
- (2) 人を要素とする集合を議論領域とし、四つの文 $S_1 =$ 「 x, y, z が誰であれ、 x が y を好きで、かつ x が z を好きならば、 y が z を信用する」、 $S_2 =$ 「 y が誰であれ、 y を信用する誰かが存在するのは y を好きな誰かが存在するときに限る」、 $S_3 =$ 「『全員が全員を信用しない』ということはない」、 $S_4 =$ 「 x, y が誰であれ、 x が y を信用するならば、 y が x を信用する」について考える。
- (a) S_1, S_2, S_3, S_4 から翻訳された述語論理式をそれぞれ $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ とする。「 x が y を好きである」を表す述語 $L(x, y)$ と「 x が y を信用する」を表す述語 $B(x, y)$ を用いて $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ を書け。
- (b) ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 の前提から ϕ_4 が帰結するか否かについて、理由とともに述べよ。
- (1) Let $\psi_1 = (p \rightarrow (q \vee r)) \wedge (q \rightarrow (r \vee p)) \wedge (r \rightarrow (p \vee q))$, $\psi_2 = ((p \wedge q) \rightarrow r) \wedge ((q \wedge r) \rightarrow p) \wedge ((r \wedge p) \rightarrow q)$, and $\psi_3 = (p \wedge q \wedge r) \vee \neg(p \vee q \vee r)$. Show that ψ_3 follows from the premises ψ_1 and ψ_2 by the resolution method.
- (2) Let the domain of discourse be a set of persons. Consider the four sentences: $S_1 =$ “For any x, y , and z , if x likes y and x likes z then y believes in z ,” $S_2 =$ “For any y , there exists someone who believes in y only if there exists someone who likes y ,” $S_3 =$ “It is not the case that everyone believes in no one,” and $S_4 =$ “For any x and y , if x believes in y then y believes in x .”
- (a) Let ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 , and ϕ_4 be the predicate logic formulas translated from S_1, S_2, S_3 , and S_4 , respectively. Write ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 , and ϕ_4 using the predicate $L(x, y)$ for “ x likes y ” and the predicate $B(x, y)$ for “ x believes in y .”
- (b) State, with a reason, whether or not ϕ_4 follows from the premises ϕ_1, ϕ_2 , and ϕ_3 .

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の回路について、以下の問いに答えよ。ただし、電源電圧 E の角周波数を ω とする。

- (1) 電源から見たインピーダンス Z を求めよ。
- (2) 電流 I を求めよ。
- (3) 位相差 $\arg(I/E)$ が $\pi/2$ となる条件を求めよ。

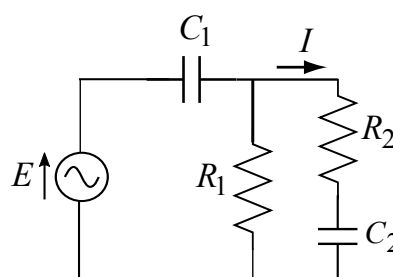


図1

【問2】 2端子対回路 N と電圧 E の電源、インピーダンス Z_G からなる図2(a)の回路と、図2(b)の回路が等価であるとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 2端子対回路 N のインピーダンス行列 Z が、

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix}$$

で与えられるとき、 E_0 および Z_0 を求めよ。

- (2) 2端子対回路 N が図2(c)で与えられるとき、 E_0 および Z_0 を求めよ。

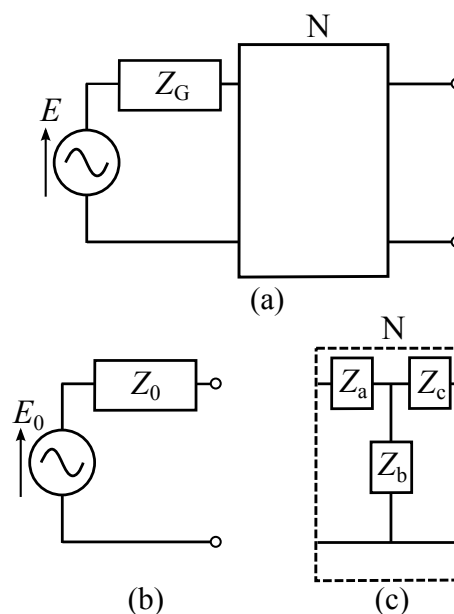


図2

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、電源電流 J の角周波数を ω とする。

- (1) 抵抗 R_L の電流 I と消費電力 P を求めよ。
- (2) 次の3つの場合についてそれぞれ、消費電力 P が最大となる条件を求めよ。
 - (a) X_1, X_2 がともに可変である。ただし、 $R_L < R_0$ とする。
 - (b) X_1 が固定で、 X_2 が可変である。
 - (c) X_1 が可変で、 X_2 が固定である。

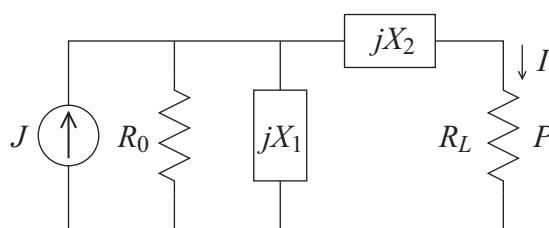


図3

【問4】 図4の回路について、以下の問いに答えよ。ただし、 $R = 2 \Omega$, $C = 1/6 \text{ F}$, $L = 3 \text{ H}$ とする。

- (1) 電源電圧 E が 0 V で回路が定常状態に達した後、時刻 $t = 0$ で E を 2 V に変化させた。 $t > 0$ における電流 $i(t)$ を求めよ。
- (2) 電源電圧 E が 4 V で回路が定常状態に達した後、時刻 $t = 0$ で E を 8 V に変化させた。 $t > 0$ における電流 $i(t)$ を求めよ。

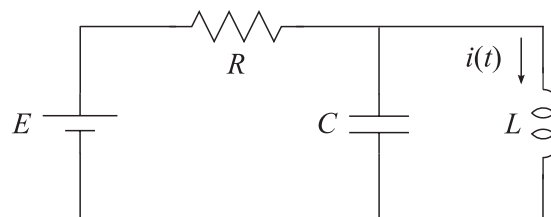


図4

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 source voltage E has the angular frequency ω . Answer the following questions.

- (1) Find the impedance Z seen from the source.
- (2) Find the current I .
- (3) Determine the condition when the phase difference $\arg(I/E)$ is $\pi/2$.

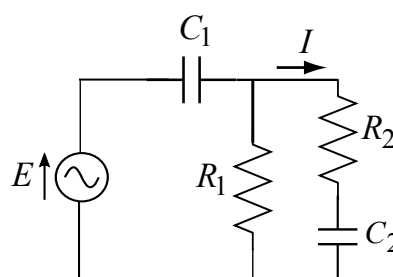


Fig. 1

【Q2】 Consider the circuit shown in Fig. 2(a) consisting of 2-port circuit N , source with voltage E and impedance Z_G , and the circuit shown in Fig. 2(b) equivalent to Fig. 2(a). Answer the following questions.

- (1) Find the voltage E_0 and the impedance Z_0 when the impedance matrix for 2-port circuit N is defined by

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix}.$$

- (2) Find the voltage E_0 and the impedance Z_0 when the 2-port circuit N is given by Fig. 2(c).

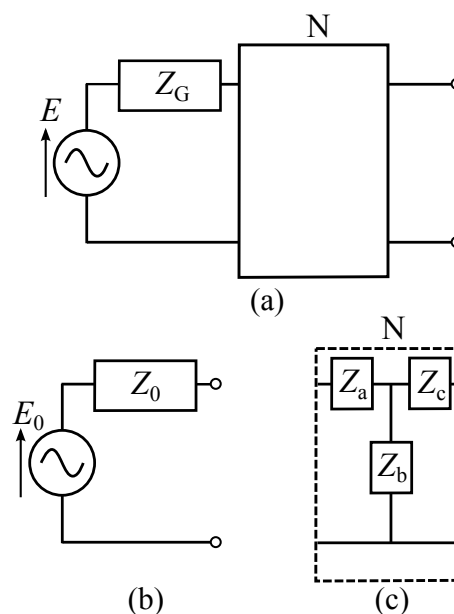


Fig. 2

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 current J has the angular frequency ω . Answer the following questions.

- (1) Find the current I and the effective power P in the resistance R_L .
- (2) In the following cases, find the requirements under which the effective power P is maximized.
 - (a) Both X_1 and X_2 are variable for $R_L < R_0$.
 - (b) X_1 is fixed, and X_2 is variable.
 - (c) X_1 is variable, and X_2 is fixed.

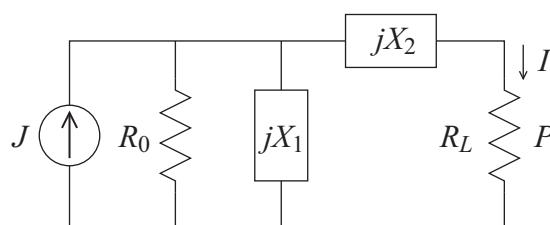


Fig. 3

【Q4】 Consider the circuit shown in Fig. 4, where $R = 2 \Omega$, $C = 1/6 \text{ F}$ and $L = 3 \text{ H}$. Answer the following questions.

- (1) The source voltage E changes to 2 V at the time $t = 0$ after the steady state for $E = 0 \text{ V}$. Find the current $i(t)$ for $t > 0$.
- (2) The source voltage E changes to 8 V at the time $t = 0$ after the steady state for $E = 4 \text{ V}$. Find the current $i(t)$ for $t > 0$.

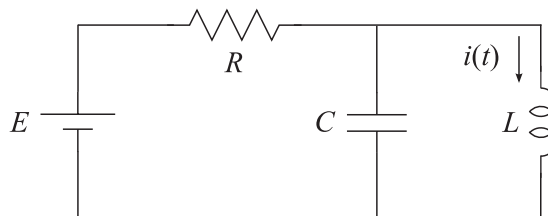


Fig. 4

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】 遷移確率行列が次式で与えられるマルコフ情報源を考える。ただし、アルファベットを $\{1, 2, 3, 4\}$ とし、遷移確率行列の ij 成分は、文字 j の後 i が生成する条件付き確率を表すとする。

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 3/4 & 1/4 \\ 0 & 0 & 1/4 & 3/4 \\ 1/4 & 3/4 & 0 & 0 \\ 3/4 & 1/4 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

次の各問いに答えよ。

- (1) この情報源が定常であると仮定して、定常確率分布を求めよ。
- (2) この情報源から生成する確率変数の系列を (X_1, X_2, \dots) で表す。最初の文字 X_1 を定常分布から生成した場合の X_n の周辺分布を求めよ。
- (3) 最初の文字 X_1 が $1, 2, 3, 4$ である確率がそれぞれ $1/2, 1/2, 0, 0$ であるとき、 X_n の周辺分布を求めよ。

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】情報源アルファベットが $\mathcal{A} = \{a, b, c, d, e\}$ である2つの無記憶情報源 S_1, S_2 について考える。それぞれの情報源において記号の出現確率が次の表のように与えられている。情報源 S_1, S_2 の出現確率のベクトルをそれぞれ \mathbf{p}, \mathbf{q} とおく。

	S_1	S_2
a	1/4	1/2
b	1/4	1/4
c	1/4	1/8
d	1/8	1/16
e	1/8	1/16

- (1) 情報源 S_i のエントロピー $H(S_i) (i = 1, 2)$ を求めよ。
(2) \mathbf{p} と \mathbf{q} の間のダイバージェンス (相対エントロピー) $D(\mathbf{p}||\mathbf{q})$ を求めよ。ここで、

$$D(\mathbf{p}||\mathbf{q}) = \sum_{x \in \mathcal{A}} p(x) \log \frac{p(x)}{q(x)}$$

である。

- (3) S_2 のための2元ハフマン符号 (符号語のアルファベットは $\{0, 1\}$ とする) を1つ構成せよ。
(4) S_1 から出現する文字列を符号化する際に誤って (3) で作ったハフマン符号を使用した。このとき情報源記号1文字当たりの平均符号長を求めよ。
(5) (4) で求めた平均符号長が、 $H(S_1) + D(\mathbf{p}||\mathbf{q})$ に等しいことを示せ。

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】 Consider a Markov source whose transition probability matrix is given by

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 3/4 & 1/4 \\ 0 & 0 & 1/4 & 3/4 \\ 1/4 & 3/4 & 0 & 0 \\ 3/4 & 1/4 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

where the alphabet is $\{1, 2, 3, 4\}$ and the ij entry of the matrix denotes the conditional probability of the occurrence of the symbol i after j . Answer the following questions.

- (1) Assume the source is stationary. Find the stationary probability distribution.
- (2) Let (X_1, X_2, \dots) denote a series of random variables generated by the source. Assume that the initial symbol X_1 is according to the stationary distribution. Find the marginal distributions of X_n .
- (3) Assume that the first symbol X_1 takes 1, 2, 3, and 4 with probabilities $1/2, 1/2, 0,$ and 0, respectively. Find the marginal distributions of X_n .

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 two memoryless sources S_1 and S_2 with source alphabet $\mathcal{A} = \{a, b, c, d, e\}$. For each source, the probabilities for symbols are given by the following table:

	S_1	S_2
a	1/4	1/2
b	1/4	1/4
c	1/4	1/8
d	1/8	1/16
e	1/8	1/16

Denote the probability vectors for sources S_1 and S_2 by \mathbf{p} and \mathbf{q} , respectively.

- (1) Find the entropy $H(S_i)$ of the source S_i ($i = 1, 2$).
- (2) Find the divergence (or relative entropy) $D(\mathbf{p}||\mathbf{q})$ between the two probability vectors \mathbf{p} and \mathbf{q} , where

$$D(\mathbf{p}||\mathbf{q}) = \sum_{x \in \mathcal{A}} p(x) \log \frac{p(x)}{q(x)}.$$

- (3) Construct a binary Huffman code for S_2 (let the alphabet for codewords be $\{0, 1\}$).
- (4) Suppose we mistakenly apply the Huffman code obtained in (3) to sequence emerged from source S_1 . Find the average code length per source symbol in this case.
- (5) Show that the average code length obtained in (4) is equal to $H(S_1) + D(\mathbf{p}||\mathbf{q})$.

専門科目 (Special subjects)

(33枚中の10)

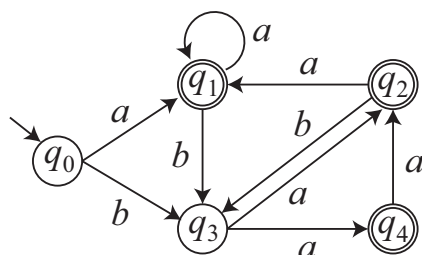
6分野から2分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙1部を用いよ。また、大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。

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】以下の遷移図を持つ非決定性有限オートマトン $M = (K, \Sigma, \delta, q_0, F)$ に対し、次の各問いに答えよ。ただし、 $K = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$, $\Sigma = \{a, b\}$, $\delta, q_0, F = \{q_1, q_2, q_4\}$ 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す。 M によって受理される言語を L とする。



- (1) L に含まれる長さ4の文字列をすべて列挙せよ。
- (2) L に含まれる任意の文字列を、正規表現 $(\alpha + \beta)(\alpha + \beta)^*$ を用いて表すことができる。ただし、 α と β はともに Σ 上の文字列である。これらの文字列 α と β を与えよ。
- (3) w を Σ 上の文字列とする。以下の2つの命題はそれぞれ真であるか偽であるか。真ならば理由を説明し、偽ならば反例を与えよ。
 - (a) 「 $w \in L$ ならば、 bb は w の部分文字列ではない。」
 - (b) 「 bb が w の部分文字列でないならば、 $w \in L$ である。」
- (4) L を受理する状態数最小の決定性有限オートマトンの遷移図を与えよ。

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】 文脈自由文法 $G_1 = (N, \Sigma, P_1, S)$, $G_2 = (N, \Sigma, P_2, S)$ を考える。ただし, $N = \{S, A, B\}$, $\Sigma = \{a, b, c\}$, P_i ($i = 1, 2$), S はそれぞれ非終端記号の集合, 終端記号の集合, 生成規則の集合, 開始記号とする。ここで, $P_1 = \{S \rightarrow AB, A \rightarrow ab|aAb, B \rightarrow c|Bc\}$, $P_2 = \{S \rightarrow AB, A \rightarrow a|aA, B \rightarrow bBc|bc\}$ とする。

- (1) G_1 による文字列 $aabbc$ の導出過程を与えよ。
- (2) G_1 が生成する言語 $L(G_1)$ に含まれる文字列を説明せよ。
- (3) G_2 が生成する言語 $L(G_2)$ に含まれる文字列を説明せよ。
- (4) 言語 $L(G_1) \cup L(G_2)$ を生成する文脈自由文法 $G_3 = (N_3, \Sigma, P_3, S)$ の生成規則の集合 P_3 を与えよ。ただし, $N_3 = \{S, A, B, C, D\}$ とする。

専門科目 (Special subjects)

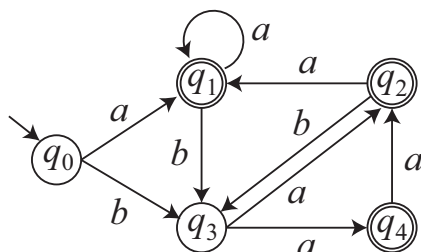
(33枚中の12)

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 non-deterministic finite-state automaton $M = (K, \Sigma, \delta, q_0, F)$ that has the following transition diagram. Here, $K = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$, $\Sigma = \{a, b\}$, δ , q_0 , and $F = \{q_1, q_2, q_4\}$ represent the set of states, the alphabet, the transition function, the initial state, and the set of final states, respectively. Let L denote the language accepted by M .



- (1) Give all strings of length 4 contained in L .
- (2) Any string contained in L can be represented by the regular expression $(\alpha + \beta)(\alpha + \beta)^*$, where both α and β are strings over Σ . Give these strings α and β .
- (3) Let w be a string over Σ . Is each of the two following statements true or false? If it is true, then explain the reason. If it is false, then give a counter-example.
 - (a) "If $w \in L$, then bb is not a substring of w ."
 - (b) "If bb is not a substring of w , then $w \in L$."
- (4) Give a transition diagram of the deterministic finite-state automaton that accepts L and has the minimum number of states.

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 context free grammars $G_1 = (N, \Sigma, P_1, S)$ and $G_2 = (N, \Sigma, P_2, S)$, where $N = \{S, A, B\}$, $\Sigma = \{a, b, c\}$, P_i ($i = 1, 2$), and S represent the set of non-terminal symbols, the set of terminal symbols, the set of production rules, and the start symbol, respectively. Here, $P_1 = \{S \rightarrow AB, A \rightarrow ab|aAb, B \rightarrow c|Bc\}$ and $P_2 = \{S \rightarrow AB, A \rightarrow a|aA, B \rightarrow bBc|bc\}$.

- (1) Give a derivation of the string $aabbc$ in G_1 .
- (2) Describe the strings in the language $L(G_1)$ generated by G_1 .
- (3) Describe the strings in the language $L(G_2)$ generated by G_2 .
- (4) Give a set P_3 of production rules of the context free grammar $G_3 = (N_3, \Sigma, P_3, S)$ which generates the language $L(G_1) \cup L(G_2)$, where $N_3 = \{S, A, B, C, D\}$.

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。

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(a)のように、キャパシタが半径 a, b ($b > a$) の2つの同心導体球殻から構成されている。2つの導体間の電位差は V である。導体間の空間は誘電率 ϵ の物質で満たされている。

- (1) このキャパシタの静電容量 C を求めよ。
- (2) このキャパシタに蓄えられる静電エネルギー密度 u を求めよ。 u をキャパシタの全空間で積分し、キャパシタに蓄えられるエネルギー U を求めよ。また、外側の導体球の単位面積に働く力を求めよ。

次に、図1(b)のように2つの導体間の誘電体を導電率 σ の物質に置き換えた。

- (3) このとき、導体球殻の中心からの距離 r の球面を通過する電流 I を求めよ。ただし、 $a < r < b$ とする。
- (4) (3) の結果を用い、この2つの導体間の電気抵抗 R を求めよ。

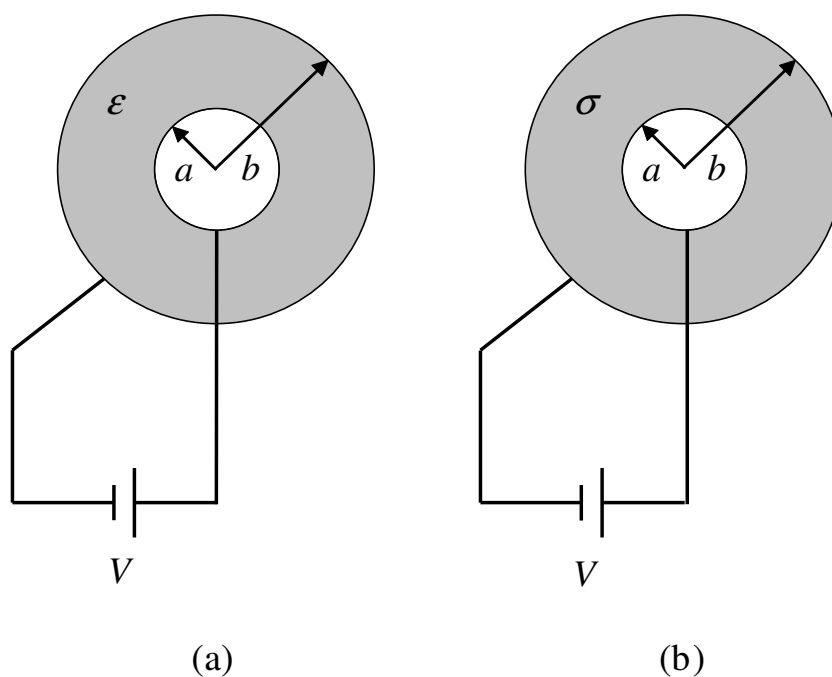


図1

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】 図2(a) に示すような磁気回路が真空中に置かれている。鉄心の断面積はどこも S とする。3脚の鉄心のうち左右2脚に巻数 N_1 のコイル1と巻数 N_2 のコイル2が巻かれている。磁路長は $AB = BC = DE = EF = l_1$, $AF = BE = CD = l_2$ である。真空中の透磁率を μ_0 , 鉄心の透磁率を μ とし、漏れ磁束は無視出来るものとする。

- (1) 磁路 BAFE, BCDE, BE におけるそれぞれの磁気抵抗 R_1, R_2, R_3 を求めよ。
- (2) コイル1に電流 I_1 を流したときの、磁路 AF, CD における磁束 Φ_1, Φ_2 を求めよ。
- (3) コイル1の自己インダクタンス L と、コイル1と2の間の相互インダクタンス M を求めよ。
- (4) 次に、磁気回路の中央脚に図2(b) に示すような長さ d の間隙を設ける。左右のコイルにそれぞれ電流 I_1 および I_2 を流すとき、中央の間隙部分に生ずる磁束密度 B の大きさを求めよ。ただし、フリッジ効果は無視できるとする。

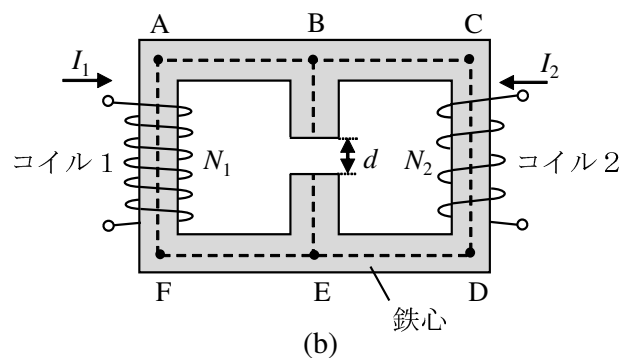
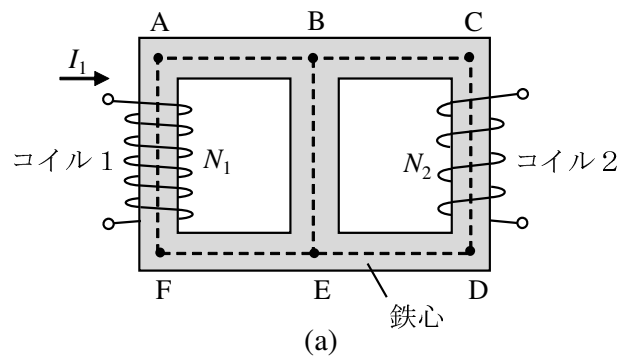


図2

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 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(a)に示すように半径 a の二つの円板導体が距離 d 離れて平行に配置され、導体間には誘電率 ϵ 、透磁率 μ 、導電率 σ の物質が挿入されている。また、導体間には図3(b)に示すような電圧 $V(t)$ が印加されている。ただし、時刻 $t=0$ において円板導体には電荷はないものとする。また、 $a \gg d$ であり端効果は無視できるとする。

- (1) 時刻 $t (0 < t < T)$ での円板導体間の電界 E 、変位電流密度 J_d 、及び伝導電流密度 J の大きさを求めよ。
- (2) 点 $R (r = a)$ における円板導体間の磁界 H の大きさを電流密度 J_d と J を用いてアンペアの法則から求めよ。ただし、 r は中心からの距離である。
- (3) 時刻 $t (0 < t < T)$ において、点 $R (r = a)$ におけるポインティングベクトル \mathbf{S} の向きと大きさを求めよ。また、 $r = a$ の側面から円板導体間の内部に伝達される電力 P を求めよ。
- (4) 上記の電力 P の一部は電気エネルギーとして導体間に蓄えられ、他は物質内で消費される。時刻 $t=0$ から $t=T$ の間に導体間に蓄えられる電気エネルギー U_e 、及び物質内で消費されるエネルギー U を求めよ。

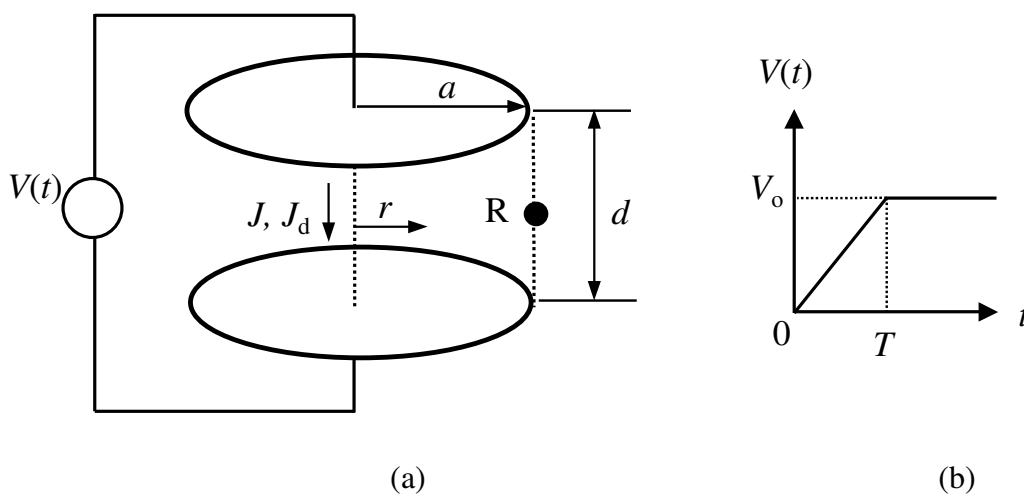


図3

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】 As shown in Fig. 1 (a), a capacitor consists of two concentric spherical shell conductors of radii a and b ($b > a$). The potential difference between the two conductors is V . The space between two conductors is filled with a dielectric material of permittivity ϵ .

- (1) Give the capacitance C of the capacitor.
- (2) Give the electrostatic energy density u stored in the capacitor. Give the electrostatic energy U stored in the capacitor by integrating u over the whole space of the capacitor. Give the force exerted on the unit area of outer conductor.

Next, as shown in Fig. 1 (b), the dielectric material between the two conductors is exchanged with a material of conductivity σ .

- (3) Give the electric current I passing through a spherical surface of radius r . Here r is the distance from the center of the spherical shell conductors, where $a < r < b$.
- (4) Give the resistance R between the two conductors using the result of (3).

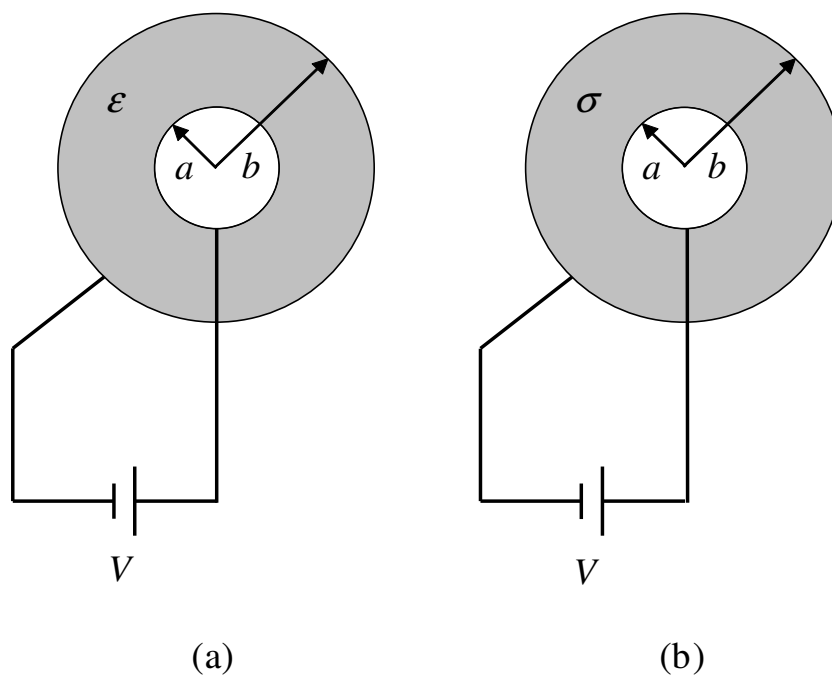


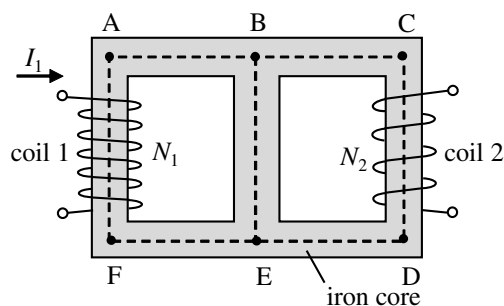
Fig. 1

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。

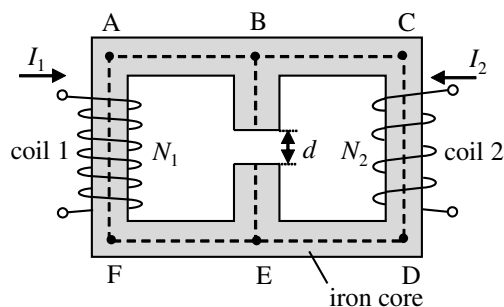
Select 2 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

【Q2】 A magnetic circuit is placed in vacuum, as shown in Fig. 2(a). The cross-sectional area of the iron core S is the same everywhere. Coils 1 and 2 with N_1 and N_2 turns are wound on the left leg and the right leg of the 3 legged core, respectively. The magnetic path lengths are $AB = BC = DE = EF = l_1$ and $AF = BE = CD = l_2$. The permeability of vacuum and the iron core are μ_0 and μ , respectively. Assume that the leakage magnetic flux is negligible.

- (1) Give the reluctance R_1 , R_2 , and R_3 of the magnetic paths BAFE, BCDE, and BE, respectively.
- (2) Give the magnetic flux Φ_1 and Φ_2 in the magnetic paths AF and CD, respectively, when coil 1 carries current I_1 .
- (3) Give the self-inductance L of coil 1, and the mutual inductance M between coils 1 and 2.
- (4) Next, let the magnetic circuit have an air gap of length d in the center leg, as shown in Fig. 2(b). Give the magnitude of the magnetic flux density B in the air gap when the coils 1 and 2 carry current I_1 and I_2 , respectively. Assume that the fringing effect is negligible.



(a)



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

【Q3】 As shown in Fig. 3(a), two circular-plate conductors with radius a are placed in parallel with spacing d . A material with permittivity ϵ , permeability μ , and conductivity σ is inserted between the conductors. The voltage $V(t)$ shown in Fig. 3(b) is supplied between the conductors. Here, we assume that no charge is stored in the conductors at $t = 0$. We also neglect edge effect by assuming $a \gg d$.

- (1) Give the electric field E , the displacement current density J_d , and the conducting current density J inside the material for $0 < t < T$.
- (2) Give the magnetic field strength H at the point R for $0 < t < T$ using J_d and J by applying the Ampere's law. Here, the point R is located at a distance $r = a$ from the center.
- (3) Give the direction and strength of the Poynting vector S at the point R($r = a$) for $0 < t < T$. Also, give the electric power P that is entering into the region between the two conductors through the side surface at $r = a$.
- (4) A part of P is stored as electric energy between the conductors, while the remaining is consumed in the material. Give the electric energy U_e that is stored between $t = 0$ and $t = T$. Also, give the energy U that is consumed in the material between $t = 0$ and $t = T$.

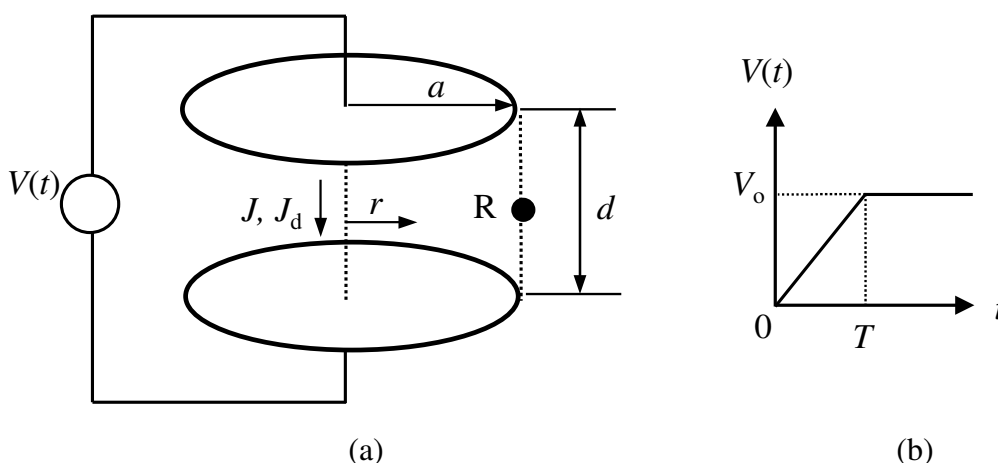


Fig. 3

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】 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。ただし、 $\sigma_F(R)$ は関係 R に対する条件 F による選択を、 $R[A = B]S$ は関係 R, S に対する自然結合を、 $R[A]$ は関係 R の属性 A による射影を表す。

Class			Student		
CID	Subject	Room	SID	Mail	School
001	Database	101	001	a1@c.com	Science
002	Database	102	002	a2@c.com	Science
003	Programming	203	003	a3@c.com	Science
004	Programming	304	004	b1@d.edu	Engineering
005	Algorithm	101	005	b2@d.edu	Engineering
			006	b3@d.edu	Engineering

Registration			Reservation		
SID	CID	Date	SID	Subject	Date
001	002	20170801	001	Algorithm	20170801
001	003	20170801	004	Programming	20170803
002	001	20170731	005	Programming	20170731
002	005	20170731			
003	002	20170802			
003	003	20170802			
003	005	20170803			
004	004	20170731			
004	005	20170802			
005	001	20170731			
005	005	20170731			

- (a) 関係代数の演算 $\sigma_{\text{Room}='101'}(\text{Class})$ により得られるタプルを全て列挙せよ。
- (b) 関係代数の演算 $\text{Class}[\text{Subject} = \text{Subject}]\text{Reservation}$ により得られるタプルを全て列挙せよ。
- (c) 関係代数の演算 $\sigma_{\text{CID}='003' \vee \text{CID}='004'}(\text{Registration}[\text{SID} = \text{SID}]\text{Student})[\text{SID}, \text{Mail}]$ により得られるタプルを全て列挙せよ。
- (2) (1) の4つの関係に対し、以下で定義される各関係を求める関係代数の演算を答えよ。ただし、関係 T の要素数が1であれば、 $\sigma_{A=T}(R)$ のように、 T を定数として使うことができる。

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.

-
- (a) CIDが004を持つSubjectからなる関係 $T_1(\text{Subject})$
- (b) CIDが004を持つSubjectを予約しているSIDからなる関係 $T_2(\text{SID})$
- (c) CIDが004を持つSubjectを予約しているSIDとMailからなる関係 $T_3(\text{SID}, \text{Mail})$
- (3) 関係 R, S に対する結合を $R[A\theta B]S$ で表す。ただし、 θ は比較演算子であり、 A, B はそれぞれ R, S の属性である。
- (a) 関係 R, S のタプル $r \in R, s \in S$ と $r[A], s[B]$ を用いて $R[A\theta B]S$ を定義せよ。ただし、タプル t と属性 C に対し、 $t[C]$ は t における C の属性値を表す。
- (b) 結合以外の関係代数の演算を用いて $R[A\theta B]S$ を定義せよ。
- (4) 正規化に関する次の各問いに答えよ。
- (a) 関係 R の属性集合 X が候補キーであることの定義を、任意のタプル $t, t' \in R$ を用いて書け。
- (b) 以下の従属性が成立している時、関係 $R(S, T, C, B, P)$ を第三正規形に正規化せよ。
- ・ C は S に関数従属
 - ・ B は $\{S, T\}$ に関数従属
 - ・ P は B に関数従属

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.

【問2】 図1に示すソーティングアルゴリズムの疑似コードについて、次の各問いに答えよ。疑似コードはC言語に準拠しており、//で始まる行はコメントである。Aはサイズnの配列である。

```
1: for(gap=n/2; gap>=1; gap=gap/2){
2:   for(i=gap; i<n; i=i+1){
3:     for(j=i; (j>=gap) && (A[j-gap] > A[j]); j=j-gap){
4:       temp = A[j-gap];
5:       A[j-gap] = A[j];
6:       A[j] = temp;
7:     }
8:   }
9:   // (X)
10: }
```

図1. ソーティングアルゴリズムの疑似コード

- (1) 配列 $A[] = \{1, 8, 4, 2, 3, 6, 5, 7\}$ に対して図1のアルゴリズムを実行した場合の、各繰返し処理における (X) の時点 (9行目) での配列 A を示せ。この記法では配列のインデックスは0から始まり、例えば今回は $A[0]=1$, $A[7]=7$, $n=8$ となることに注意せよ。
- (2) 安定なソーティ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。このソーティングアルゴリズムは安定であるか説明せよ。
- (3) このソーティングアルゴリズムをサイズ n の配列 A に対して実行した場合の最悪時実行時間を導出の過程も含めて示せ。ただし n は 2 のべき乗としてもよい。

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】 Answer the following questions.

(1) Answer the following questions about the following relations, where

$\sigma_F(R)$ denotes a selection for a relation R with a condition F, $R[A = B]S$ a natural join between relations R and S, and $R[A]$ a projection of R to an attribute A.

Class			Student		
CID	Subject	Room	SID	Mail	School
001	Database	101	001	a1@c.com	Science
002	Database	102	002	a2@c.com	Science
003	Programming	203	003	a3@c.com	Science
004	Programming	304	004	b1@d.edu	Engineering
005	Algorithm	101	005	b2@d.edu	Engineering
			006	b3@d.edu	Engineering

Registration			Reservation		
SID	CID	Date	SID	Subject	Date
001	002	20170801	001	Algorithm	20170801
001	003	20170801	004	Programming	20170803
002	001	20170731	005	Programming	20170731
002	005	20170731			
003	002	20170802			
003	003	20170802			
003	005	20170803			
004	004	20170731			
004	005	20170802			
005	001	20170731			
005	005	20170731			

(a) Enumerate all tuples obtained by the operation $\sigma_{\text{Room}='101'}(\text{Class})$ of the relational algebra.

(b) Enumerate all tuples obtained by the operation $\text{Class}[\text{Subject} = \text{Subject}]\text{Reservation}$ of the relational algebra.

(c) Enumerate all tuples obtained by the operation $\sigma_{\text{CID}='003' \vee \text{CID}='004'}(\text{Registration}[\text{SID} = \text{SID}]\text{Student})[\text{SID}, \text{Mail}]$ of the relational algebra.

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.

-
- (2) For the relations in (1), answer operations of the relational algebra which derive the following relations. Here, you can use a relation T as a constant value, like $\sigma_{A=T}(R)$ if the number of elements in T is 1.
- (a) The relation $T_1(\text{Subject})$, containing tuples of **Subject** each of whose **CID** is 004.
- (b) The relation $T_2(\text{SID})$, containing tuples each of which shows **SID** reserves **Subject** whose **CID** is 004.
- (c) The relation $T_3(\text{SID}, \text{Mail})$, containing tuples each of which shows **SID** reserves **Subject** whose **CID** is 004.
- (3) We denote a join of relations R and S by $R[A\theta B]S$, where θ is a comparison operator, and A and B are attributes of R and S , respectively.
- (a) Define $R[A\theta B]S$ using tuples $r \in R, s \in S$, and $r[A], s[B]$, where $t[C]$ denotes the value of attribute C in a tuple t .
- (b) Define $R[A\theta B]S$ using operations of the relational algebra, other than the operation **join** of the relational algebra.
- (4) Answer the following questions about normalization.
- (a) Define that a set X of attributes in a relation R is a candidate key, using arbitrary tuples $t, t' \in R$.
- (b) Decompose a relation $R(S, T, C, B, P)$ into relations which are in third normal form, where R has the following dependencies:
- C is functionally dependent on S ,
 - B is functionally dependent on $\{S, T\}$, and
 - P is functionally dependent on B .

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.

[Q2] Answer the following questions about the pseudo code of a sorting algorithm shown in Fig.1. The pseudo code is based on the C language and a line starting with “//” is a comment. A is an array of size n.

```
1: for(gap=n/2; gap>=1; gap=gap/2){
2:   for(i=gap; i<n; i=i+1){
3:     for(j=i; (j>=gap) && (A[j-gap] > A[j]); j=j-gap){
4:       temp = A[j-gap];
5:       A[j-gap] = A[j];
6:       A[j] = temp;
7:     }
8:   }
9:   // (X)
10: }
```

Fig.1. A pseudo code of a sorting algorithm

- (1) When the algorithm in Fig.1 is applied to array $A[] = \{1, 8, 4, 2, 3, 6, 5, 7\}$, show array A at the point of (X) (line 9) in each iteration. Note that the first element of array A is $A[0]$, i.e., $A[0]=1$, $A[7]=7$, and $n=8$ in this case.
- (2) A sorting algorithm is stable if for multiple elements with the same value, the order of the original input is always preserved. Show whether the above sorting algorithm is stable or not.
- (3) Show the worst-case running time of the above sorting algorithm with the process of calculation when the size of array A is n. You can assume that n is a power of two.

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。

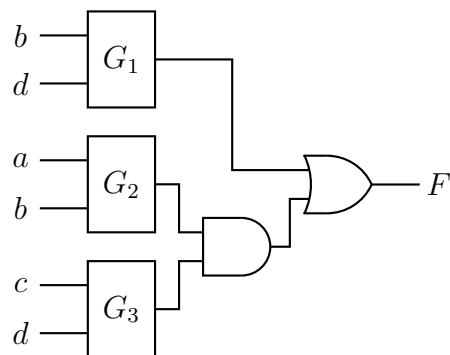
Select 2 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

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 $F(a, b, c, d)$ を図で示されるように3つの関数 $G_1(b, d)$, $G_2(a, b)$, $G_3(c, d)$ および AND ゲートと OR ゲートを使って実現することを考える。関数 G_1 , G_2 および G_3 の真理値表を示せ。

a	b	c	d	F
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0



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、ロードワード命令、ストア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)	ストアワード命令 sw \$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。	命令の解読。レジスタファイルからレジスタ \$x ならびに \$y を読み出し。
EX	レジスタファイルから読み出した \$y と \$z の内容を加算。	レジスタファイルから読み出した \$y の内容と 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。	生成したメモリアドレスに対応するデータメモリ領域にレジスタファイルから読み出した \$x の内容を書き込み。
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。	特に無し。

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.

- (1) 以下に示すプログラムについて考える。各行において‘#’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、逆依存関係、出力依存関係について、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 $3, 10($2) # <1>
lw $4, 18($2) # <2>
add $10, $3, $4 # <3>
sw $10, 40($2) # <4>
add $10, $3, $3 # <5>
add $4, $3, $10 # <6>
```

- (2) 上記(1)の依存関係のうち、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。
- (3) 上記(2)のデータハザードを以下それぞれ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おけるCPI (Clock cycles Per Instruction) を求めよ。
- (A) パイプラインストールのみ
- (B) データフォワーディング+パイプラインストール
- (4) 逆依存関係や出力依存関係が生じる理由を説明せよ。

【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ダイレクトマップ・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8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。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。

1100 ⇒ 1010 ⇒ 1101 ⇒ 0101 ⇒ 1100 ⇒ 0101 ⇒ 1010 ⇒ 0101 ⇒ 0011 ⇒ 0101

- (2) 初期参照ミスとは何か答えよ。また、初期参照ミス回数を削減する方法を述べよ。

専門科目 (Special subjects)

(33枚中の31)

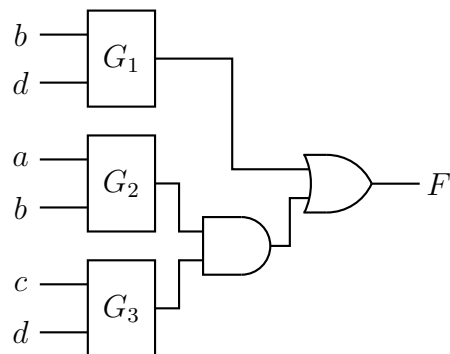
6分野から2分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙1部を用いよ。また、大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。

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 $F(a, b, c, d)$ be a logic function whose truth table is shown below. Consider that F is composed of other subfunctions $G_1(b, d)$, $G_2(a, b)$, $G_3(c, d)$ and an AND gate and an OR gate as shown in the below figure. Show the truth tables of G_1 , G_2 and G_3 .

a	b	c	d	F
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0



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 three instructions, “add”, “load-word”, and “store-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 of an instruction 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 add \$x, \$y, \$z	Load Word lw \$x, offset(\$y)	Store Word sw \$x, offset(\$y)
IF	Fetch an instruction from the memory and update the program counter for fetching the next instruction.		
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.	Decode the fetched instruction. Read registers \$x and \$y from the register file.
EX	Add the contents of \$y and \$z read from the register file.	Add the contents of \$y read from the register file and the 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.	Store the contents of \$x read from the register file to 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.	None.

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.

- (1) Consider the following program. The words on the right of the ‘#’ symbol in each line are comments. Identify all flow dependences, anti dependences, and output dependences, by describing which instruction depends on which instruction through which register.

```
lw $3, 10($2) # <1>
lw $4, 18($2) # <2>
add $10, $3, $4 # <3>
sw $10, 40($2) # <4>
add $10, $3, $3 # <5>
add $4, $3, $10 # <6>
```

- (2) Show which data dependences in (1) actually cause data hazards in the pipelined datapath.
- (3) Answer the CPI (Clock cycles Per Instruction) of the execution of program listed in (1) when all the data hazards above are resolved by each of the following approaches.
- (A) pipeline stall only
- (B) data forwarding and pipeline stall
- (4) Explain why anti dependences and output dependences occur.

[Q3] Answer the following questions relating to computer memory systems.

- (1) Consider a direct-mapped 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 8 bytes, and the address width is 4 bits. Suppose the cache is initially empty. Find the cache miss rate for the following sequence of memory references given as word addresses (represented in the binary numeral system).

1100 ⇒ 1010 ⇒ 1101 ⇒ 0101 ⇒ 1100 ⇒ 0101 ⇒ 1010 ⇒ 0101 ⇒ 0011 ⇒ 0101

- (2) Explain what the “Compulsory Miss” is, and show how to reduce the number of compulsory misses.