

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 3 年度入学試験問題

【平成 2 2 年 8 月 2 6 日（木）、2 7 日（金）】

数 学 (Mathematics)

(7 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 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).

3. 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

4. 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.

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

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

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．
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】

$(n+1) \times (n+1)$ 行列 $A = (a_{ij})$ を

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & & & \\ n & 0 & 2 & & O \\ & n-1 & 0 & 3 & \\ & & n-2 & \ddots & \ddots \\ O & & & \ddots & \ddots & n \\ & & & & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

とする．すなわち，

$$a_{ij} = \begin{cases} j-1 & (i=j-1) \\ n+1-j & (i=j+1) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases}$$

である．このとき， $Ax = nx$ を満たす非零ベクトル x が存在するか否か，理由と共に述べよ．
特に，存在する場合には，条件を満たすベクトル x を一つ求めよ．

Let $A = (a_{ij})$ be an $(n+1) \times (n+1)$ matrix defined by

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & & & \\ n & 0 & 2 & & O \\ & n-1 & 0 & 3 & \\ & & n-2 & \ddots & \ddots \\ O & & & \ddots & \ddots & n \\ & & & & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

meaning that

$$a_{ij} = \begin{cases} j-1 & (i=j-1) \\ n+1-j & (i=j+1) \\ 0 & (\text{otherwise}). \end{cases}$$

Establish the presence or absence of a non-zero vector x satisfying that $Ax = nx$. In particular, find a vector x satisfying the condition if it exists.

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．
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】

関数 $y(x)$ の微分方程式

$$(x-1) \frac{dy}{dx} - x(4x+5) + 4(2x+1)y - 4y^2 = 0$$

について，以下の各問に答えよ．

(1) 1 つの特殊解 y_1 を求めよ．

(2) 特殊解 y_1 と関数 $u(x)$ を用いて $y = y_1 + \frac{1}{u}$ とおき，一般解を求めよ．

Consider the differential equation

$$(x-1) \frac{dy}{dx} - x(4x+5) + 4(2x+1)y - 4y^2 = 0$$

for a function $y(x)$. Answer the following questions.

(1) Find one of the particular solutions, y_1 .

(2) Obtain the general solution with the replacement $y = y_1 + \frac{1}{u}$ for the particular solution y_1 and a function $u(x)$.

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．
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 .

- (1) $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$, $r = |\mathbf{r}|$ とするとき , スカラー場 $\varphi(x, y, z) = f(r)$ について , 以下の式が成り立つことを証明せよ .

(a) $\nabla\varphi = f' \frac{\mathbf{r}}{r}$

(b) $\nabla \times (\varphi\mathbf{r}) = \mathbf{0}$

- (2) ベクトル場 $\mathbf{A} = xz\mathbf{i} + xy\mathbf{j}$ について , 次の曲面 S に対する \mathbf{A} の面積分を求めよ .

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

The unit vectors on x, y and z axes of Cartesian coordinates are denoted by \mathbf{i}, \mathbf{j} and \mathbf{k} , respectively.

- (1) Let $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$ and $r = |\mathbf{r}|$. Prove the following formulas for a scalar field $\varphi(x, y, z) = f(r)$.

(a) $\nabla\varphi = f' \frac{\mathbf{r}}{r}$

(b) $\nabla \times (\varphi\mathbf{r}) = \mathbf{0}$

- (2) Evaluate the surface integral of the vector field $\mathbf{A} = xz\mathbf{i} + xy\mathbf{j}$ over the following surface S .

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

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．
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】

複素変数 $z = x + iy$ ($z \neq 0$) の対数を考える．

$$w(z) = \ln z = u(x, y) + iv(x, y)$$

ここで, x と y は実数に値を取る変数, $u(x, y)$ と $v(x, y)$ は実数値関数である．

- (1) 関数 $u(x, y)$ と $v(x, y)$ を求めよ．
- (2) 偏導関数 $\partial u / \partial x$, $\partial u / \partial y$, $\partial v / \partial x$, $\partial v / \partial y$ を求めよ．
- (3) 導関数 dw/dz を求めよ．

Consider the logarithm of a complex variable $z = x + iy$ ($z \neq 0$):

$$w(z) = \ln z = u(x, y) + iv(x, y),$$

where the variables x and y , and the functions $u(x, y)$ and $v(x, y)$ are real-valued.

- (1) Find the functions $u(x, y)$ and $v(x, y)$.
- (2) Find the partial derivatives $\partial u / \partial x$, $\partial u / \partial y$, $\partial v / \partial x$, and $\partial v / \partial y$.
- (3) Find the derivative dw/dz .

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】

以下の各問に答えよ．

- (1) 各 $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ ($n \geq 1$) について, X_i を $\{0, 1\}$ に値を取る確率変数とする．それぞれは $P(X_i = 1) = p$ なる確率分布に独立に従うと仮定する．確率変数 $K_n = \sum_{i=1}^n X_i$ について, その期待値と分散を求めよ．
- (2) K_n の期待値を μ_n で表すとき, $(K_n - \mu_n)^3$ および $(K_n - \mu_n)^4$ の期待値を求めよ．

Answer the following questions.

- (1) For each $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ ($n \geq 1$), let X_i be a random variable with the range $\{0, 1\}$. Assume that each X_i is independently distributed according to the probability distribution $P(X_i = 1) = p$. Find the expectation and the variance of the random variable K_n defined as $K_n = \sum_{i=1}^n X_i$.
- (2) Let μ_n denote the expectation of the random variable K_n . Find the expectations of $(K_n - \mu_n)^3$ and $(K_n - \mu_n)^4$.

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．
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】

以下の各問に答えよ．

- (1) シーケント $\neg(p \vee q), r \rightarrow p \vdash \neg(q \vee r)$ を自然演繹法で証明せよ．
- (2) $F_1 = p \rightarrow (q \wedge r)$, $F_2 = (q \wedge r) \rightarrow s$, $G = p \rightarrow s$ とする．
 - (a) $F_1 \wedge F_2 \wedge \neg G$ を節集合 (CNF) に変換せよ．
 - (b) 求めた節集合が充足不能であることを導出法により証明せよ．
- (3) (a) $\exists x \exists y [(x < y) \wedge \forall z \{(x \geq z) \vee (z \geq y)\}]$ の否定にあたる論理式 P を書け．
ただし，否定記号 ($\neg R$ や R' や \bar{R} など) を使わないこと．
 - (b) $<$ を数の大小関係とするととき， P の意味を自然言語で表せ．
 - (c) P の真偽値を，議論領域が整数の集合の場合について定めよ．

Answer the following questions.

- (1) Give a natural deduction proof of the sequent $\neg(p \vee q), r \rightarrow p \vdash \neg(q \vee r)$.
- (2) Let $F_1 = p \rightarrow (q \wedge r)$, $F_2 = (q \wedge r) \rightarrow s$, and $G = p \rightarrow s$.
 - (a) Convert $F_1 \wedge F_2 \wedge \neg G$ into a clause set (CNF).
 - (b) Show by resolution that the obtained clause set is unsatisfiable.
- (3) (a) Write a formula P that corresponds to the negation of
$$\exists x \exists y [(x < y) \wedge \forall z \{(x \geq z) \vee (z \geq y)\}].$$

Do not use the negation connectives (as in $\neg R$, R' , or \bar{R}).
 - (b) Let $<$ be the usual “less than” relation on numbers. Express P in a natural language.
 - (c) Determine the truth value of P when the domain of discourse is the set of integers.

専門科目 (Special subjects)

(24 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 24 枚，解答用紙は 4 枚つづり 2 部 (1 分野につき 1 部) である。

You are given 24 problem sheets including this cover sheet, and 2 sets of 4 answer sheets (1 set for each field).

3. 以下の 6 分野から 2 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする。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
1	電気回路	Circuits theory	2
2	情報理論	Information theory	6
3	オートマトンと言語	Automata and Formal languages	8
4	電磁気学	Electromagnetism	11
5	アルゴリズム / プログラミング	Algorithms and Programming	15
6	計算機アーキテクチャ	Computer architecture	19

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, 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 back of the answer sheets when you run out of space. If you do so, indicate it clearly on the sheet.

専 門 科 目 (Special subjects)
 (24 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.

1. 【電気回路 (Circuits 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 において $e(t) = 100\sqrt{2}\sin\omega t$ V である。

- (1) 端子対 1-1' から見たインピーダンス Z_{in} を求めよ。
- (2) $R_1 = 0.8\Omega$, $R_2 = 1\Omega$, $L = 1$ H, $C = 0.25$ F, $\omega = 2$ rad/s のとき、瞬時電流 $i(t)$ を求めよ。また、回路全体で消費される平均電力を求めよ。
- (3) $v(t)$ が $e(t)$ より $\frac{\pi}{2}$ 遅れるときの C の値を求めよ。ただし、 R_1 , R_2 , L , ω は与えられているとする。

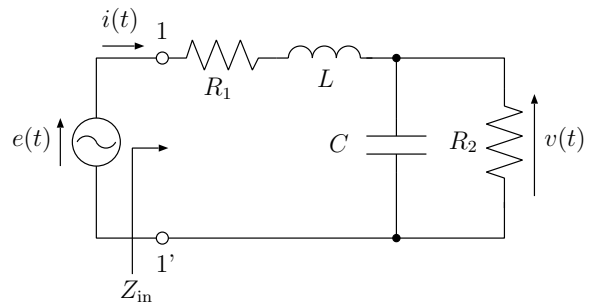


図 1

【問 2】 図 2 において密結合条件 $M^2 = L_1 L_2$ が成立するとき、

- (1) 端子対 1-1' から左を見た等価電圧源を求めよ。
- (2) 端子対 1-1' と 2-2' を接続したとき、 R で消費される電力 P を最大とする R の値を求めよ。

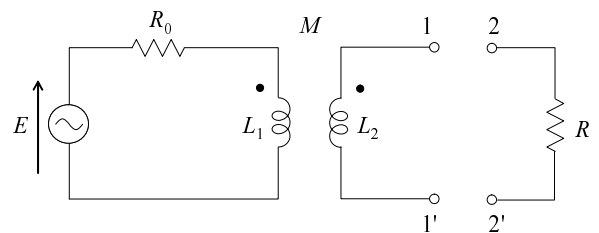


図 2

専門科目 (Special subjects)
 (24 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、次の問いに答えよ。ただし、電源の角周波数を ω とする。

- (1) 閉路電流 I_1, I_2, I_3 に対する回路方程式を求めよ。
- (2) 抵抗 R_5 に流れる電流 I_3 がゼロとなる抵抗 R_4 およびインダクタンス L_4 が満たす条件を求めよ。

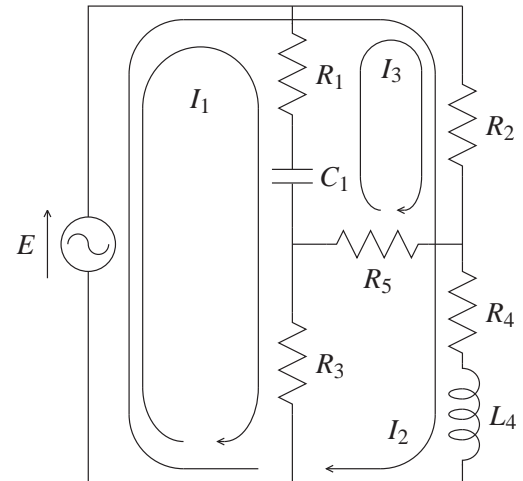


図 3

【問 4】

図 4 の回路において、スイッチ S を閉じる前の回路は定常状態にあるとする。

- (1) $t = 0$ でスイッチを閉じた直後の電流 $i(+0)$ を求めよ。
- (2) スイッチを閉じた後の $i(t)$ を求めよ。

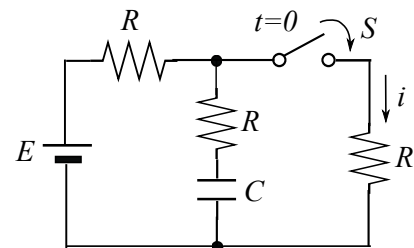


図 4

専 門 科 目 (Special subjects)
 (24 枚中の 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 $e(t) = 100\sqrt{2}\sin\omega t$ V.

- (1) Find the impedance Z_{in} seen at the terminal pair 1-1'.
- (2) Suppose that $R_1 = 0.8\ \Omega$, $R_2 = 1\ \Omega$, $L = 1$ H, $C = 0.25$ F and $\omega = 2$ rad/s. Find $i(t)$ and calculate the average power dissipated in the circuit.
- (3) Find the value of C when $v(t)$ lags $e(t)$ by $\frac{\pi}{2}$. Suppose the values of R_1 , R_2 , L and ω are known.

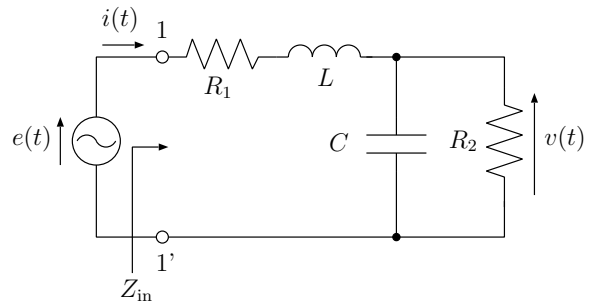


Fig.1

【Q2】 In Fig.2, the condition $M^2 = L_1 L_2$ holds.

- (1) Find an equivalent voltage source seen from the terminal pair 1-1'.
- (2) Find the value of R which maximizes the power consumption P in R when terminal pairs 1-1' and 2-2' are connected.

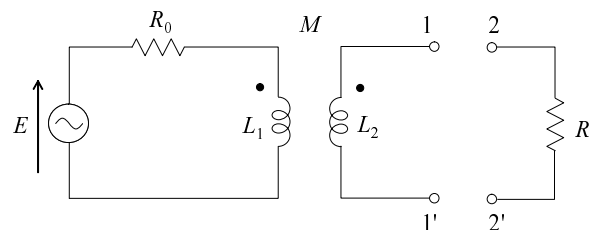


Fig.2

専門科目 (Special subjects)

(24 枚中の 5)

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

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the 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 angular frequency of the source E is ω .

- (1) Write the loop equations in terms of the loop currents I_1 , I_2 and I_3 .
- (2) Find the requirements for the resistance R_4 and the inductance L_4 under the assumption that the current I_3 in the resistance R_5 is equal to zero.

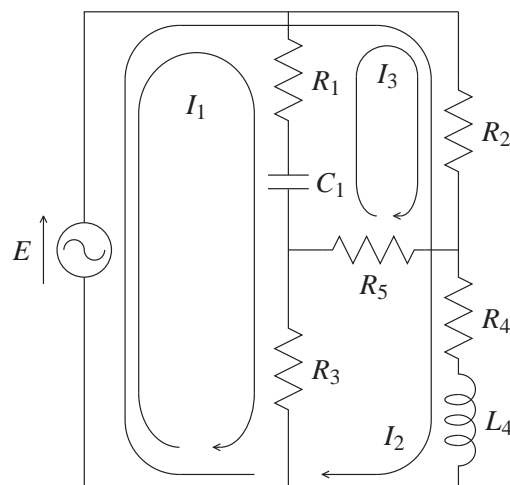


Fig.3

【Q4】

Assume that the circuit shown in Fig. 4 is in steady state before the switch S is closed.

- (1) Find the current $i(+0)$, just after the switch is closed.
- (2) Find the current $i(t)$, after the switch is closed.

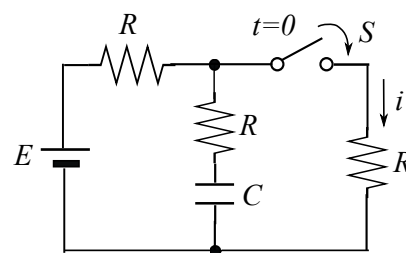


Fig.4

専門科目 (Special subjects)
 (24 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.

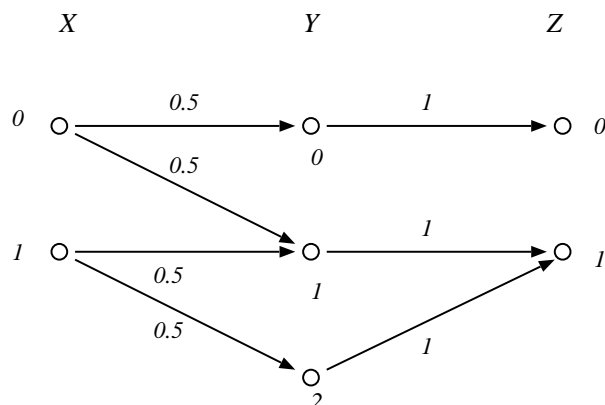
2. 【情報理論 (Information theory) 分野】

次の各問 (【問 1】【問 2】) に答えよ。

【問 1】情報源アルファベットを $\mathcal{X} = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ とする情報源 S に関する情報源符号化について考える。 $x \in \mathcal{X}$ をバイナリ系列に符号化する可変長符号化について、以下の問に答えよ。

- (1) $x \in \mathcal{X}$ の符号語長を $l(x)$ で表す。 $l(1) = 1, l(2) = 2, l(3) = 3, l(4) = 4, l(5) = 3$ となる瞬時符号が構成できるかどうかを答えよ。
- (2) 情報源 S に対応する確率分布を P とする。 $P(1) = 0.5, P(2) = 0.25, P(3) = 0.12, P(4) = 0.06, P(5) = 0.07$ であるとき、平均符号長が最小となる符号を設計し、その平均符号長を求めよ。
- (3) 符号語の集合が $\{0, 10, 110, 1111, 101\}$ で与えられる符号が瞬時復号可能であるか否か、理由とともに述べよ。
- (4) 符号語の集合が $\{0, 10, 110, 1111, 1110\}$ で与えられる符号が瞬時復号可能であるか否か、理由とともに述べよ。

【問 2】次のような通信路を考える。



- (1) $H(Z|Y) = 0$ を示せ。
- (2) $I(X; Z|Y) = 0$ を示せ。ただし、 $I(X; Z|Y)$ は条件付き相互情報量 $I(X; Z|Y) = H(Z|Y) - H(Z|X, Y)$ である。
- (3) X, Z 間の通信路容量を求めよ。

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。

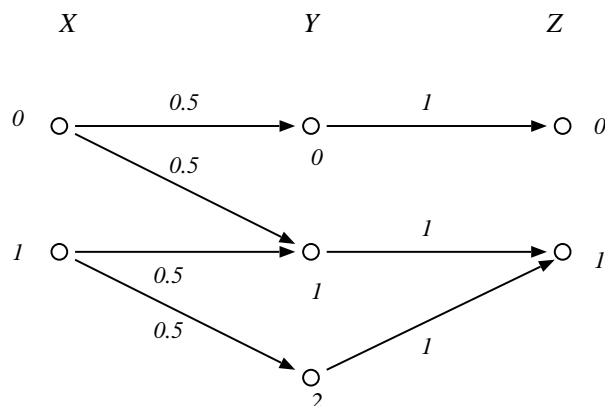
Select 2 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

Answer the following questions (【Q1】【Q2】).

【Q1】 Consider a source coding of the information source S with the source alphabet $\mathcal{X} = \{1, 2, 3, 4, 5\}$, in which each $x \in \mathcal{X}$ is encoded into a binary sequence. Answer the following questions.

- (1) Let $l(x)$ denote the codeword length for $x \in \mathcal{X}$. Decide whether it is possible to construct an instantaneous code such that $l(1) = 1$, $l(2) = 2$, $l(3) = 3$, $l(4) = 4$, and $l(5) = 3$.
- (2) Let P be the probability distribution corresponding to the information source S . Assume P is given as $P(1) = 0.5$, $P(2) = 0.25$, $P(3) = 0.12$, $P(4) = 0.06$, and $P(5) = 0.07$. Design a source code which minimizes the expected code length, and find the minimized expected code length.
- (3) Decide whether the code with the codewords $\{0, 10, 110, 1111, 101\}$ is instantaneously decodable or not.
- (4) Decide whether the code with the codewords $\{0, 10, 110, 1111, 1110\}$ is instantaneously decodable or not.

【Q2】 Consider the following channel.



- (1) Show that $H(Z|Y) = 0$ holds.
- (2) Show that $I(X; Z|Y) = 0$ holds, where $I(X; Z|Y)$ is the conditional mutual information defined by $I(X; Z|Y) = H(Z|Y) - H(Z|X, Y)$.
- (3) Find the capacity of the channel from X to Z .

専門科目 (Special subjects)
 (24 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.

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

次の各問 (【問 1】【問 2】) に答えよ。

【問 1】図 1 の状態遷移図を持つ有限オートマトンに対し、次の各問に答えよ。

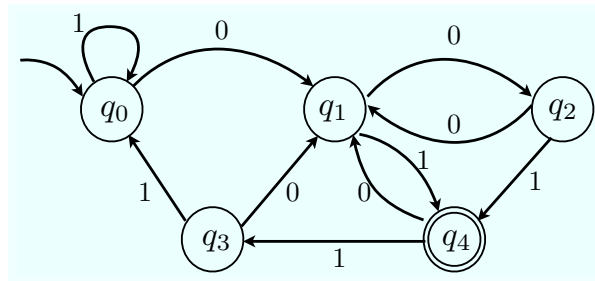


図 1：有限オートマトンの状態遷移図

- (1) 図 1 の有限オートマトンが受理する長さ 3 以下の文字列を全て列挙せよ。
- (2) 図 1 の有限オートマトンと同じ言語を受理する、状態数が 3 の有限オートマトンの状態遷移図を与えよ。
- (3) 図 1 の有限オートマトンが受理する言語を説明せよ。

【問 2】非決定性プッシュダウンオートマトン $M = (K, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, F)$ と $M' = (K', \Sigma', \Gamma', \delta', q'_0, Z'_0, F')$ に対し、次の各問に答えよ。ただし、 $K, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, F$ はそれぞれ M の、状態集合、入力アルファベット、プッシュダウンスタック (= プッシュダウンストア) のアルファベット、遷移関係、初期状態、プッシュダウンスタックの初期記号、最終状態の集合とし、 $K = \{q_0, q_1\}$, $\Sigma = \{a, b\}$, $\Gamma = \{A, Z_0\}$, $F = \{q_1\}$ とする。 M の遷移関係 δ は図 2 の状態遷移図によって与えられる。ここで、各ノードは状態を表し、状態 q から状態 p へのエッジのラベル “ $a, X/\gamma$ ” は、遷移関係 $\delta(q, a, X)$ が (p, γ) を含んでいることを表す。

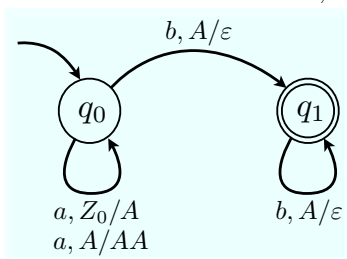


図 2：プッシュダウンオートマトン M の状態遷移図

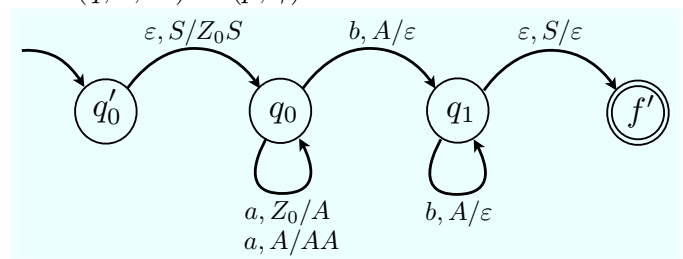


図 3：プッシュダウンオートマトン M' の状態遷移図

さらに、 $K', \Sigma', \Gamma', \delta', q'_0, Z'_0, F'$ はそれぞれ M' の、状態集合、入力アルファベット、プ

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.

シュダウンスタックのアルファベット, 遷移関係, 初期状態, プッシュダウンスタックの初期記号, 最終状態の集合とし, $K' = \{q'_0, q_0, q_1, f'\}$, $\Sigma' = \Sigma$, $\Gamma' = \{A, Z_0, S\}$, $Z'_0 = S$, $F' = \{f'\}$ とする。 δ' は δ に, 次の規則

$$\delta(q'_0, \varepsilon, S) = \{(q_0, Z_0 S)\},$$

$$\delta(q_1, \varepsilon, S) = \{(f', \varepsilon)\}$$

を加えた関係であり, その状態遷移図は図 3 で与えられる。

- (1) M が入力 $aabb$ を読みプッシュダウンスタックを空にする計算過程を説明せよ。
- (2) M が入力 $aaab$ を読み最終状態に至る計算過程を説明せよ。
- (3) M' が入力 $aabb$ を読みプッシュダウンスタックを空にする計算過程を説明せよ。
- (4) M' が最終状態と空スタックで受理する言語を説明せよ。

Answer the following questions (【Q1】【Q2】).

【Q1】 Answer the following questions for the finite-state automaton whose state transition diagram is given as Fig. 1.

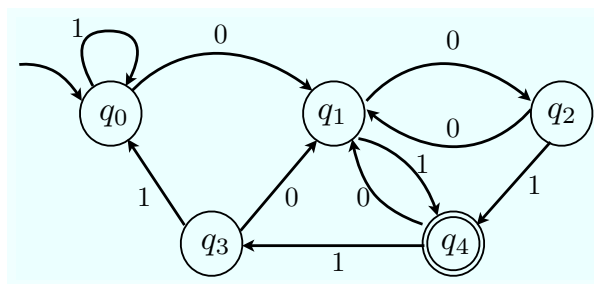


Fig. 1: State diagram of the finite-state automaton

- (1) Give all strings that are accepted by the automaton of Fig. 1 and whose lengths are at most 3.
- (2) Give a state transition diagram of a finite-state automaton with 3 states which accepts the same language as the automaton of Fig. 1.
- (3) Describe the language accepted by the automaton of Fig. 1.

【Q2】 Answer the following questions for non-deterministic pushdown automata $M = (K, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, F)$ and $M' = (K', \Sigma', \Gamma', \delta', q'_0, Z'_0, F')$, where $K, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, F$ represent the

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.

set of the states, the input alphabet, the stack alphabet, the transition relation, the initial state, the initial stack symbol, and the set of the final states, respectively, for M . Let $K = \{q_0, q_1\}$, $\Sigma = \{a, b\}$, $\Gamma = \{A, Z_0\}$, $F = \{q_1\}$. The transition relation δ of M is given by the state transition diagram in Fig. 2, where a node represents a state and the label “ $a, X/\gamma$ ” on an edge from state q to state p represents that $\delta(q, a, X)$ contains (p, γ) .

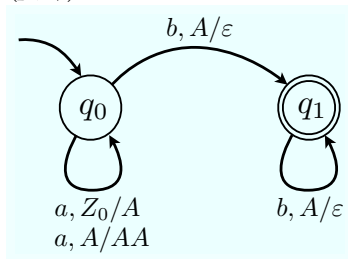


Fig. 2: State transition diagram of pushdown automaton M

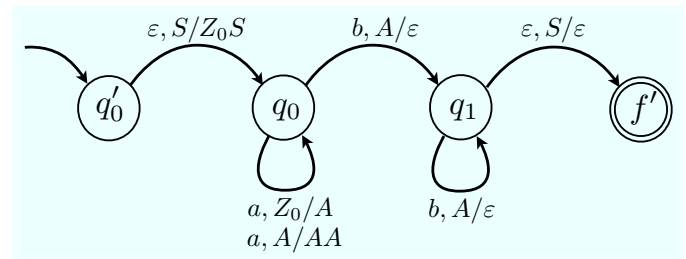


Fig. 3: State transition diagram of pushdown automaton M'

Likewise, $K', \Sigma', \Gamma', \delta', q'_0, Z'_0, F'$ represent the set of the states, the input alphabet, the stack alphabet, the transition relation, the initial state, the initial stack symbol, and the set of the final states, respectively, for M' . Let $K' = \{q'_0, q_0, q_1, f'\}$, $\Sigma' = \Sigma$, $\Gamma' = \{A, Z_0, S\}$, $Z'_0 = S$, $F' = \{f'\}$. δ' is obtained by adding the following rules

$$\delta(q'_0, \varepsilon, S) = \{(q_0, Z_0S)\},$$

$$\delta(q_1, \varepsilon, S) = \{(f', \varepsilon)\}$$

to δ , and the state diagram of M' is given in Fig. 3.

- (1) Explain the computation process of M , in which M reads the input “ $aabb$ ” and empties its pushdown stack.
- (2) Explain the computation process of M , in which M reads the input “ $aaab$ ” and leads to a final state.
- (3) Explain the computation process of M' , in which M' reads the input “ $aabb$ ” and empties its pushdown stack.
- (4) Describe the language which is accepted by M' by final state and empty stack.

専門科目 (Special subjects)
 (24 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.

4. 【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。

【問 1】真空中で半径 b の導体球が電荷 Q を有している。次の問に答えよ。ただし、真空の誘電率は ϵ_0 とする。

- (1) 静電容量を求めよ。
- (2) 導体球の中心から距離 r ($r > b$) の位置における電界のエネルギー密度を求めよ。
- (3) 空間に蓄えられている電界の全エネルギーを求めよ。
- (4) 電荷 q を有する導体球に無限遠から微量な電荷 dq を運んでくる仕事はいくらか。この結果を利用して、導体球の電荷を 0 から Q まで増やすのに必要な仕事を求めよ。

【問 2】図 1 に示すような半径 a 、単位長さ当たりの巻数 n の無限長ソレノイドコイルがある。またソレノイドコイルの内部には、半径が b の無限長円柱鉄心と半径が c で巻数が N_2 の円形コイルが同軸に配置されている。ソレノイドコイルと円形コイルに流す電流をそれぞれ I_1 、 I_2 とする。また、円柱鉄心の透磁率を μ_2 、その他の領域の透磁率を μ_1 とする。

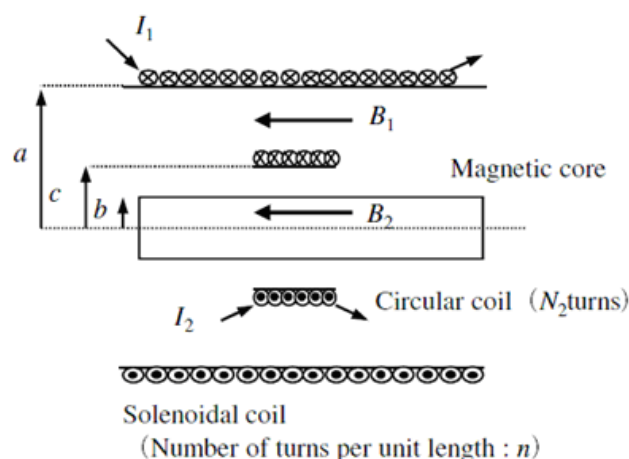


図 1

- (1) $I_1 = I_0$, $I_2 = 0$ の時、鉄心内部の磁束密度 B_2 と磁界の強さ H_2 、及び鉄心外部の B_1 , H_1 を求めよ。
- (2) 上記の場合、ソレノイドコイルの単位長さ当たりに蓄えられる磁気エネルギー U_m 、およびソレノイドコイルの単位長さ当たりの自己インダクタンス L を求めよ。

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.

(3) ソレノイドコイルと円形コイルの間の相互インダクタンス M を求めよ．

(4) $I_1 = I_{10} \sin(\omega t)$, $I_2 = I_{20} \sin(\omega t)$ の電流を流したとき，円形コイルの両端の電圧は $V_2 = 0$ となった．この結果より，円形コイルの自己インダクタンス L_2 を求めよ．

【問 3】図 2 に示すように，半径が a , b で長さが共に L の薄い円筒状導体が同軸に配置され，その間は抵抗率 ρ の物質で満たされている．内外導体の左端間に電圧 V_0 の電池を接続したとき次の問に答えよ．ただし，円筒状導体の抵抗，導体と物質間の接触抵抗および端効果は無視してよい．

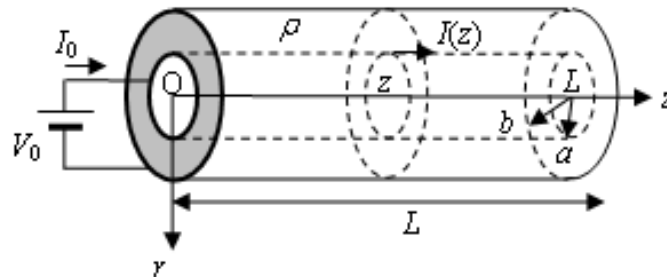


図 2

(1) 内外導体間の抵抗 R を求めよ．

(2) 内外導体間の電流密度 J を求めよ．

(3) 内導体を流れている電流 I を座標 z の関数として求めよ．

(4) 内外導体間の座標 (r, z) における電界の半径方向成分 E_r と磁界の円周方向成分 H_θ の大きさを示せ．

(5) 座標 z の断面 ($0 < z < L$) を単位時間あたりに通過する電磁エネルギーを求めよ．

専門科目 (Special subjects)
 (24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.

Select two out of the three questions 【Q1】～【Q3】 and write the number of the selected question on the answer sheet.

【Q1】 A spherical conductor with a radius of b has an electric charge Q in vacuum. The permittivity of the vacuum is ϵ_0 . Answer the following questions.

- (1) Give the capacitance.
- (2) Give the energy density of the electric field at a distance r from the sphere's center.
- (3) Give the total energy of the electric field of the whole space.
- (4) When the spherical conductor has a charge q , give the work to carry a trace of charge dq from the infinite distance to the spherical conductor. Using this result, give the work to increase the charge on the spherical conductor from 0 to Q .

【Q2】 As shown in Fig. 1, there is an infinite solenoidal coil with a radius of a and number of turns per unit length n . Inside the solenoidal coil, a cylindrical magnetic core with a radius of b and a circular coil with a radius of c and number of turns N_2 are coaxially placed. Currents I_1 and I_2 are supplied to the solenoidal coil and the circular coil, respectively. The permeability of the magnetic core is μ_2 , while the permeability outside the core is μ_1 . Answer the following questions.

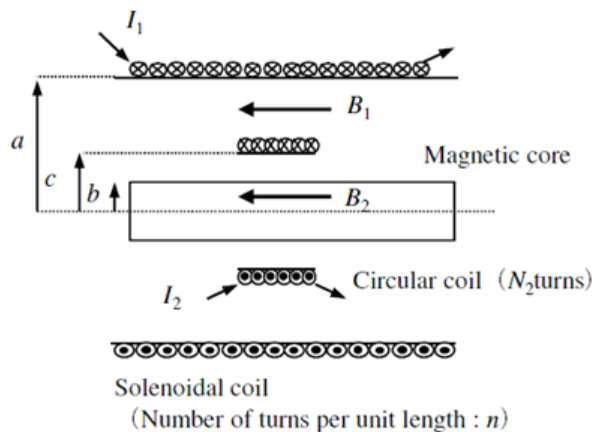


Fig. 1

- (1) The currents $I_1 = I_{10}$ and $I_2 = 0$ are supplied. Give the magnetic flux density B_2 and the magnetic field strength H_2 inside the magnetic core. Also, give B_1 and H_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.

outside the magnetic core.

- (2) In the above case, give the magnetic energy U_m per unit length stored in the solenoidal coil. Also, give the self inductance L per unit length of the solenoidal coil.
- (3) Give the mutual inductance M between the solenoidal coil and the circular coil.
- (4) When the currents $I_1 = I_{10} \sin(\omega t)$ and $I_2 = I_{20} \sin(\omega t)$ are supplied, the voltage across the circular coil becomes zero. Using this result, give the self inductance L_2 of the circular coil.

【Q3】 As shown in Fig. 2, a battery with a voltage V_0 is connected to the left ends of two thin cylindrical coaxial conductors with a radius of a and b and a common length L . A space between the coaxial cylinders is filled up by a material with a resistivity of ρ . Answer the following questions, provided the resistance of the conductors, the contact resistance between the conductors and the material, and the edge effects can be neglected.

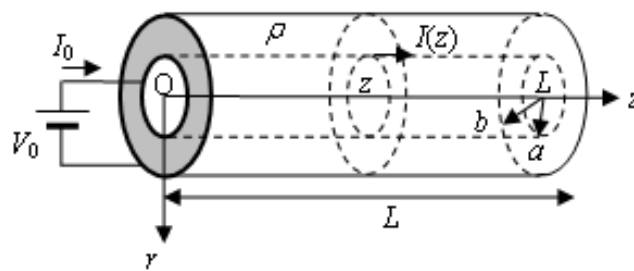


Fig. 2

- (1) Give the resistance between the coaxial conductors.
- (2) Give the current density J in the material between the coaxial conductors.
- (3) Give the current $I(z)$ in the inner conductor at the coordinate z .
- (4) Give the radial component of the electric field E_r and the azimuthal component of the magnetic field H_θ between the coaxial conductors at the coordinate z .
- (5) Give the electromagnetic power that flows through the cross-section at the coordinate z .

専門科目 (Special subjects)

(24 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.

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

次の各問 (【問 1】【問 2】) に答えよ。

【問 1】整数キーの集合 $I = \{4, 8, 10, 22, 49, 73\}$ を格納するハッシュ表を考える。 $h(k) = k \bmod 8$ として、以下の方法でキー k を、サイズが 8 のハッシュ表 (0 から 7 までのスロットを持つ) に格納することを考える。

1. $i \leftarrow h(k)$, $j \leftarrow 0$ とする。
 2. スロット i が空いていれば、 k をスロット i に格納して終了する。そうでなければ、 $j \leftarrow j + 1$ とする。
 3. $j = 8$ なら終了する。そうでなければ、 $i \leftarrow (i + j) \bmod 8$ として 2 に戻る。
- (1) I の要素を小さい順に挿入した後のハッシュ表を書け。その際、この方法が通常の線形探査の手続きとは異なることに注意せよ ($h(k)$ から順に空きスロットを探査するわけではない)。
- (2) この方法を用いた場合、ハッシュ表に空きスロットがある場合に、必ずキーを格納できることが保証できるだろうか? 保証できる場合はその理由を、保証できない場合は反例を示せ。

【問 2】リレーショナルデータベースに、次に示す PRODUCTS テーブルが格納されている。次の各問に答えよ。

PRODUCTS テーブル

<i>name</i>	<i>color</i>	<i>scientific_name</i>	<i>type</i>
apple	red	Malus pumila	fruit
banana	yellow	Musa acuminata	fruit
carrot	red	Daucus carota sativus	vegetable
potato	red	Solanum tuberosum	vegetable
potato	yellow ocher	Solanum tuberosum	vegetable

- (1) PRODUCTS テーブルは、3 つのテーブル $A(name, color)$ と $B(name, scientific_name)$ と $C(name, type)$ に分解することができる。分解結果を示せ。

専門科目 (Special subjects)

(24 枚中の 16)

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

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

但し, X_1, X_2, \dots, X_m がテーブル $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ の属性集合 $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ の部分集合であり, $X_1 \cup X_2 \cup \dots \cup X_m = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ なる条件を満たすとき, 射影 $R[X_1], R[X_2], \dots, R[X_m]$ を R テーブルの分解という。

(2) C テーブルの主キーを示せ。

(3) C テーブルの自明でない関数従属性を列挙せよ。

但し, R テーブルの属性集合の任意の部分集合 X, Y について, R から任意に選んだ 2 つの行の X の値が等しければ, Y の値が等しいということが必ず成り立つとき, R に関数従属性 $X \rightarrow Y$ が存在するという。

(4) B テーブルの自明でない関数従属性を列挙せよ。

(5) PRODUCTS テーブルの自明でない関数従属性を列挙せよ。

(6) A, B, C テーブルの自然結合 $A * B * C$ を示せ。

但し, 2 つのテーブル $R(C_1, C_2, \dots, C_k, A_1, A_2, \dots, A_n)$ と $S(C_1, C_2, \dots, C_k, B_1, B_2, \dots, B_m)$ の自然結合 $R * S$ は, 結合演算と射影演算を使って次のように定義される。

$R * S =$

$(R[C_1 = C_1, C_2 = C_2, \dots, C_k = C_k]S)[R.C_1, R.C_2, \dots, R.C_k, A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_m]$

(7) PRODUCTS テーブルは, 2 つのテーブル $D(color, name, scientific_name)$ と $E(color, type)$ に分解できる。それらの自然結合 $D * E$ を示せ。

専門科目 (Special subjects)
(24 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.

Answer the following questions (【Q1】【Q2】).

【Q1】 Let us consider a hash table to store a set of integer keys $I = \{4, 8, 10, 22, 49, 73\}$. Assume we are trying to insert the keys into a hash table whose size is 8 (which has slots from 0 to 7), using a hash function $h(k) = k \bmod 8$ by the following procedure.

1. Let $i \leftarrow h(k)$, $j \leftarrow 0$.
2. If slot i is empty, store k to slot i and terminate. Otherwise, let $j \leftarrow j + 1$.
3. If $j = 8$, then terminate. Otherwise, let $i \leftarrow (i + j) \bmod 8$ and go to 2.

- (1) Show the state of the hash table after inserting the elements of I in the increasing order. Pay attention that this procedure is not the same as linear probing, in which the probe sequence is $h(k), h(k) + 1, h(k) + 2, \dots$
- (2) By using this procedure, can we guarantee that we can store an item as long as the hash table has at least one empty slot? Answer yes/no, and describe the reason if your answer is yes, or show a counter example if your answer is no.

【Q2】 The following table **PRODUCTS** is stored in a relational database. Answer the following questions.

Table **PRODUCTS**

<i>name</i>	<i>color</i>	<i>scientific_name</i>	<i>type</i>
apple	red	Malus pumila	fruit
banana	yellow	Musa acuminata	fruit
carrot	red	Daucus carota sativus	vegetable
potato	red	Solanum tuberosum	vegetable
potato	yellow ocher	Solanum tuberosum	vegetable

- (1) Table **PRODUCTS** can be decomposed into three tables $A(name, color)$, $B(name, scientific_name)$ and $C(name, type)$.

Answer the decomposition result.

Let $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ be a table, and let X_1, X_2, \dots, X_m be arbitrary subsets of the set of attributes of R . Then we say that m projections $R[X_1], R[X_2], \dots, R[X_m]$ are a decomposition of R , if and only if $X_1 \cup X_2 \cup \dots \cup X_m = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ holds.

専 門 科 目 (Special subjects)
(24 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.

(2) Answer the primary key of table C .

(3) List the non-trivial functional dependencies of table C .

Let R be a table, and let X and Y be arbitrary subsets of the set of attributes of R . Then we say that Y is functionally dependent on X (denoted by $X \rightarrow Y$), if and only if whenever two rows of R agree on their X value, they also agree on their Y value.

(4) List the non-trivial functional dependencies of table B .

(5) List the non-trivial functional dependencies of table **PRODUCTS**.

(6) Answer the result of natural join $A * B * C$ of three tables A, B and C .

Natural join $R * S$ of two tables $R(C_1, C_2, \dots, C_k, A_1, A_2, \dots, A_n)$ and $S(C_1, C_2, \dots, C_k, B_1, B_2, \dots, B_m)$ is defined as follows by using the join and projection of the two.

$R * S =$

$(R[C_1 = C_1, C_2 = C_2, \dots, C_k = C_k]S)[R.C_1, R.C_2, \dots, R.C_k, A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_m]$

(7) Table **PRODUCTS** can be decomposed into two tables $D(color, name, scientific_name)$ and $E(color, type)$. Answer the result of natural join $D * E$ of two tables D and E .

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

専 門 科 目 (Special subjects)

(24 枚中の 20)

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

Select 2 fields out of the 6 fields and answer the 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】以下の命令セット仕様を有するプロセッサを対象に下記の C プログラムをコンパイルし、その結果であるアセンブリプログラムを示せ。

ー 命令セット仕様

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

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

C プログラム：

```
for (i = 0, j = 15; i < j; i++, j--) {  
    tmp = a[i] * 2;  
    a[i] = a[j] * 2;  
    a[j] = tmp;  
}
```

専 門 科 目 (Special subjects)
 (24 枚中の 21)

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

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

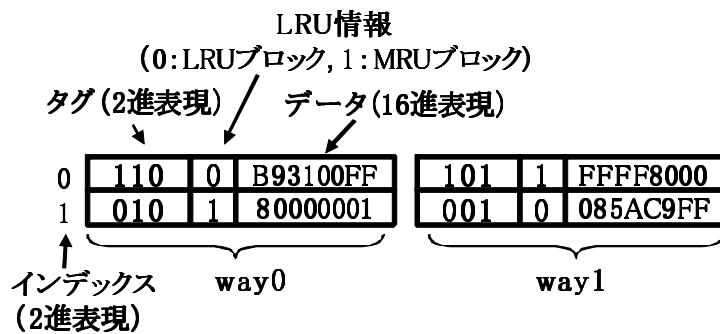
ただし，各変数および定数は以下のようにレジスタに割り付けられているものと仮定する．

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

【問 4】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とする．

1100 \Rightarrow 0011 \Rightarrow 0001 \Rightarrow 1010 \Rightarrow 0101 \Rightarrow 0011 \Rightarrow 1110 \Rightarrow 1010

ブロックサイズが 4 バイト (1 語)，キャッシュ・サイズが 16 バイトの 2 ウェイ・セットアソシティブ・キャッシュにおけるヒット率を求めよ．なお，ブロック置換は LRU (Least Recently Used) であり，キャッシュの初期状態は以下の図で与えられるものとする．



キャッシュの初期状態 (全てのデータは有効)

[illegible]

専門科目 (Special subjects)

(24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.

【Q3】 Targeting a processor with the following ISA (instruction set architecture), compile the C source program below. A result of the compilation should be represented in an assembly program.

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

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

C source program:

```
for (i = 0, j = 15; i < j; i++, j--) {  
    tmp = a[i] * 2;  
    a[i] = a[j] * 2;  
    a[j] = tmp;  
}
```

専 門 科 目 (Special subjects)
 (24 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.

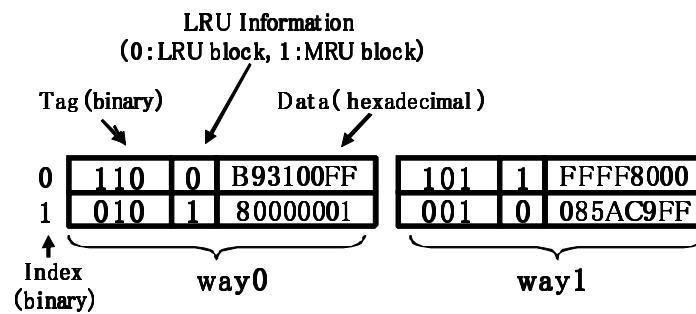
Assume the following register assignment:

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

【Q4】 Suppose we have the following sequence of address references given as word addresses (represented in the binary numeral system).

1100 \Rightarrow 0011 \Rightarrow 0001 \Rightarrow 1010 \Rightarrow 0101 \Rightarrow 0011 \Rightarrow 1110 \Rightarrow 1010

Find the hit rate for a two-way set-associative cache with a block size of 4 bytes (one word) and a cache size of 16 bytes. Assume that the block replacement policy is LRU (Least Recently Used) and the initial state of the cache is given by the following figure.



Initial State of the Cache (all entries are valid)