

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

令和2年度入学試験問題

【令和元年8月26日（月）、27日（火）】

数学 (Mathematics)

(7枚中の1)

解答上の注意 (Instructions):

- 問題用紙は、『始め』の合図があるまで開いてはならない。
Do not open this cover sheet until the start of examination is announced.
- 問題用紙は表紙を含め7枚、解答用紙は3枚つづり(1分野につき1枚)である。
You are given 7 problem sheets including this cover sheet, and 3 answer sheets (1 sheet for each field).
- 以下の6分野から3分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the following 6 fields and answer the 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.
- 解答は、日本語、英語のいずれかで記入すること。
Your answers must be written in Japanese or English.

数学 (Mathematics)

(7枚中の2)

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

1. 【線形代数 (Linear algebra) 分野】

数列 a_0, a_1, a_2, \dots は, $a_0 = 3, a_1 = 1, a_2 = 3$ および

$$a_n = a_{n-1} + a_{n-2} + 2a_{n-3} \quad (n = 3, 4, 5, \dots)$$

で定義される。

(1) a_3, a_4, a_5 を求めよ。

(2) 各 $n = 0, 1, 2, \dots$ について次が成立つような行列 T を答えよ。

$$\begin{pmatrix} a_{n+1} \\ a_{n+2} \\ a_{n+3} \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} a_n \\ a_{n+1} \\ a_{n+2} \end{pmatrix}$$

(3) T のすべての固有値とそれぞれに対応する固有ベクトルを求めよ。

(4) ベクトル $\begin{pmatrix} 3 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}$ を, 前問で求めた固有ベクトルの線形結合として表せ。

(5) a_n を求めよ。

Consider the sequence a_0, a_1, a_2, \dots defined by $a_0 = 3, a_1 = 1, a_2 = 3$ and

$$a_n = a_{n-1} + a_{n-2} + 2a_{n-3}, \quad n = 3, 4, 5, \dots$$

(1) Find a_3, a_4 and a_5 .

(2) Give the matrix T such that

$$\begin{pmatrix} a_{n+1} \\ a_{n+2} \\ a_{n+3} \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} a_n \\ a_{n+1} \\ a_{n+2} \end{pmatrix}$$

for all $n = 0, 1, 2, \dots$

(3) Find all eigenvalues of T and their corresponding eigenvectors.

(4) Express the vector $\begin{pmatrix} 3 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}$ as a linear combination of the eigenvectors obtained in the previous question.

(5) Find a_n .

数学 (Mathematics)

(7枚中の3)

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

$$(x^4 - 1) \frac{dy}{dx} = y^2 + 2x^3y - 3x^2$$

について以下の問いに答えよ。

- 与えられた微分方程式は、 $y_p(x) = ax^3$ の形の特殊解を持つ。 $y_p(x)$ を求めよ。ただし a は定数とする。
- 特殊解 $y_p(x)$ と関数 $u(x)$ を用いて $y = y_p + \frac{1}{u}$ とおき、一般解を求めよ。

Consider the differential equation

$$(x^4 - 1) \frac{dy}{dx} = y^2 + 2x^3y - 3x^2$$

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

- Find one of the particular solutions $y_p(x)$ of the form $y_p = ax^3$, where a is a constant.
- Obtain the general solution with the replacement $y = y_p + \frac{1}{u}$, where u is a function of 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事。
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 \mathbf{i} , \mathbf{j} , \mathbf{k} とする。次の各問に答えよ。

(1) 面 $z = x^2 + y^2$ と面 $z = \left(x - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(y - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2$ について、次の問いに答えよ。

(a) 点 $P\left(\frac{\sqrt{2}}{4}, \frac{\sqrt{2}}{4}, \frac{1}{4}\right)$ が、いずれの面にも含まれることを示せ。

(b) 点 P において、それぞれの面の法線のなす角を求めよ。

(2) ベクトル場 \mathbf{A} を $\mathbf{A} = x^2\mathbf{i} - y^2\mathbf{j} + z^2\mathbf{k}$ とする。 S を $x^2 + y^2 = 9$, $z = 0$, $z = 4$ で囲まれた円筒の表面とするとき、面積分

$$\iint_S \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} dS$$

を求めよ (ただし、 \mathbf{n} は S の外向き単位法線ベクトル)。

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

(1) Consider the surfaces $z = x^2 + y^2$ and $z = \left(x - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(y - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2$. Answer the following questions.

(a) Show the point $P\left(\frac{\sqrt{2}}{4}, \frac{\sqrt{2}}{4}, \frac{1}{4}\right)$ is included in both surfaces.

(b) Evaluate the angle between the normals to the surfaces at the point P .

(2) Let the vector field $\mathbf{A} = x^2\mathbf{i} - y^2\mathbf{j} + z^2\mathbf{k}$ and S be the surface of the cylinder bounded by $x^2 + y^2 = 9$, $z = 0$ and $z = 4$. Evaluate the following surface integral

$$\iint_S \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} dS,$$

where \mathbf{n} is the outward-pointing unit normal vector of S .

数学 (Mathematics)

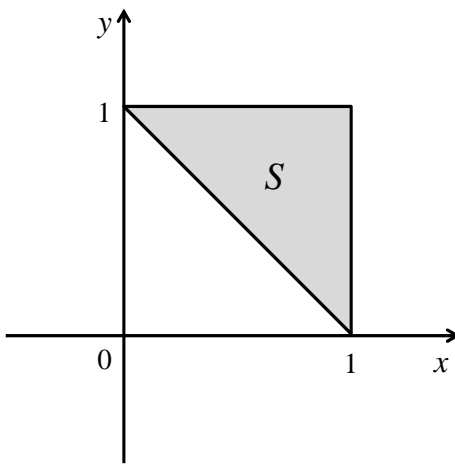
(7枚中の5)

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

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

図に示す z 平面における $x = 1, y = 1, y = 1 - x$ で囲まれた三角領域 S を考える。以下の変換で S が写像される w 平面の領域 S' を図示すると共に、 S' を囲む境界の方程式を示せ。ただし、 $z = x + iy, w = u + iv$ は複素数、 x, y, u, v は実数、 $i = \sqrt{-1}$ である。

- (1) $w = z + (1 - \sqrt{3}i)$
- (2) $w = 2e^{\frac{\pi i}{6}} z + (1 - \sqrt{3}i)$
- (3) $w = z^2$



Consider the triangle region S bounded by $x = 1, y = 1$ and $y = 1 - x$ in the z plane as shown in the figure. Illustrate the region S' in the w plane into which S is mapped under the following transformations and find the equations of the curves which enclose the region, where $z = x + iy$ and $w = u + iv$ are complex numbers, $x, y, u,$ and v are real numbers and $i = \sqrt{-1}$.

- (1) $w = z + (1 - \sqrt{3}i)$
- (2) $w = 2e^{\frac{\pi i}{6}} z + (1 - \sqrt{3}i)$
- (3) $w = z^2$

数学 (Mathematics)

(7枚中の6)

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

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

連続確率変数 X は区間 $[0, 1)$ 上の一様分布に従うものとする。 $Y = -\log \frac{(1-X)^2}{4}$ とする。ただし \log は自然対数とする。以下の各問に答えよ。

- (1) 実数 t に対し、 $Y \leq t$ の確率を求めよ。
- (2) Y の期待値と分散をそれぞれ求めよ。

Let X be a continuous random variable uniformly distributed over the interval $[0, 1)$. Let $Y = -\log \frac{(1-X)^2}{4}$ where \log denotes the natural logarithm. Answer the following questions.

- (1) Find the probability of $Y \leq t$ for a real t .
- (2) Find the expectation and the variance of Y , respectively.

数学 (Mathematics)

(7枚中の7)

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

6. 【記号論理学 (Symbolic logic) 分野】

(1) 以下の命題論理式をそれぞれ ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 で表す。

$$(p \rightarrow q) \wedge (p \wedge q \rightarrow r), \quad \neg(\neg(r \rightarrow s) \vee (\neg p \wedge r \wedge s)), \quad p \leftrightarrow r$$

ϕ_3 は $\phi_1 \wedge \phi_2$ の論理的帰結であることを resolution 法により示せ。

(2) 以下の述語論理式をそれぞれ ψ_1, ψ_2, ψ_3 で表す。

$$\forall x \forall y ((\neg P(x, y) \rightarrow P(y, x)) \wedge (Q(x, y) \rightarrow \neg Q(y, x))), \\ \forall x \forall y (P(x, y) \rightarrow Q(x, y)), \quad \forall x (\exists y Q(x, y) \wedge \forall y (Q(x, y) \rightarrow \neg P(y, x)))$$

以下の式は充足可能か否か、理由とともに答えよ。

(a) $\psi_1 \wedge \psi_2$

(b) $\psi_1 \wedge \psi_3$

(1) Let ϕ_1, ϕ_2 , and ϕ_3 denote the following propositional formulas, respectively:

$$(p \rightarrow q) \wedge (p \wedge q \rightarrow r), \quad \neg(\neg(r \rightarrow s) \vee (\neg p \wedge r \wedge s)), \quad p \leftrightarrow r.$$

Show by the resolution method that ϕ_3 is a logical consequence of $\phi_1 \wedge \phi_2$.

(2) Let ψ_1, ψ_2 , and ψ_3 denote the following predicate logic formulas, respectively:

$$\forall x \forall y ((\neg P(x, y) \rightarrow P(y, x)) \wedge (Q(x, y) \rightarrow \neg Q(y, x))), \\ \forall x \forall y (P(x, y) \rightarrow Q(x, y)), \quad \forall x (\exists y Q(x, y) \wedge \forall y (Q(x, y) \rightarrow \neg P(y, x))).$$

Determine whether each of the following formulas is satisfiable. Justify your answer.

(a) $\psi_1 \wedge \psi_2$

(b) $\psi_1 \wedge \psi_3$

専門科目 (Specialized subjects)

(1/29)

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 29 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 29 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。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	20
F	計算機アーキテクチャ	Computer architecture	26

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.

6. 解答は、日本語、英語のいずれかで記入すること。

Your answers must be written in Japanese or English.

令和2年度 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
 修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
 専門科目 (Specialized subjects)
 (2/29)

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.

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、電流 I_1 と電流 I_2 の位相差 $\arg\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = \frac{\pi}{4}$, $R = 1 \Omega$ である。

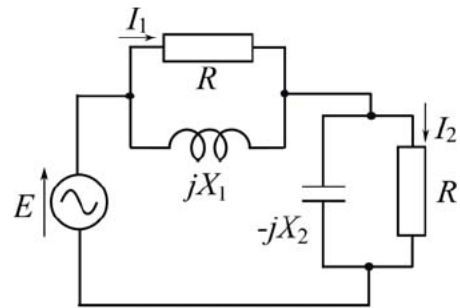


図1

- (1) X_1 と X_2 の間の関係式を示せ。
- (2) $\frac{|I_1|}{|I_2|} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$ であるとき、 X_1, X_2 の値を求めよ。

【問2】 図2の回路について、以下の問いに答えよ。

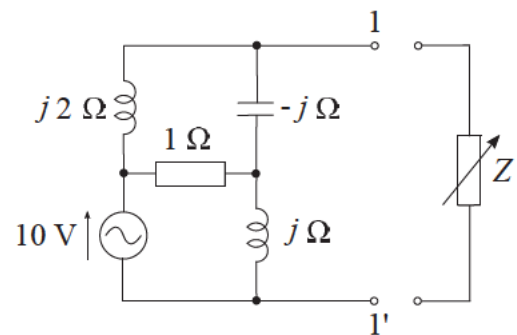


図2

- (1) 端子対 1-1' 間を、開放電圧 V_0 、内部インピーダンス Z_0 の等価回路と考えるとき、 V_0 と Z_0 を求めよ。
- (2) 端子対 1-1' 間に可変インピーダンス $Z = R + jX$ を接続したとする。Rにおける消費電力 P が最大となる Z を求め、その時の P の値を求めよ。

令和2年度 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
 修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
 専門科目 (Specialized subjects)
 (3/29)

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、電源電圧 E の角周波数を ω とする。

- (1) 閉路電流 I_1, I_2, I_3 を変数に用いて閉路方程式を立てよ。
- (2) 電源 E から右を見たインピーダンス Z を求めよ。

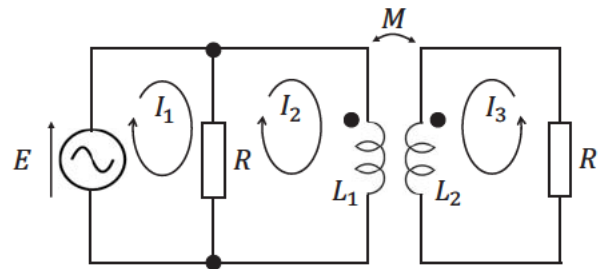


図3

【問4】 図4の回路について、以下の問いに答えよ。ただし、 $E = 1\text{ V}$, $R_1 = R_2 = 1\ \Omega$, $C = 1\text{ F}$, $L = 1\text{ H}$ とする。

- (1) スイッチ S を開いたまま回路が定常状態に達した後、時刻 $t = 0$ において S を閉じるとする。このとき、 $t > 0$ における電流 $i_1(t)$, $i_2(t)$ をそれぞれ求めよ。
- (2) スイッチ S を閉じたまま回路が定常状態に達した後、 $t = 0$ において S を開くとする。このとき、 $t > 0$ における電流 $i_1(t)$ を求めよ。
- (3) 上記(2)において、 $t = 0$ から定常状態に達するまでに抵抗 R_1, R_2 で消費されるエネルギーの合計 W を求めよ。

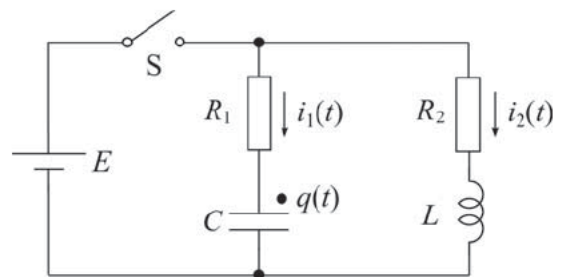


図4

令和2年度 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
 修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
 専門科目 (Specialized subjects)
 (4/29)

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.

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 $\arg\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = \frac{\pi}{4}$, and $R = 1 \Omega$. Answer the following questions.

- (1) Find the equation representing the relation between X_1 and X_2 .
- (2) Determine the values of X_1 and X_2 , when $\frac{|I_1|}{|I_2|} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$.

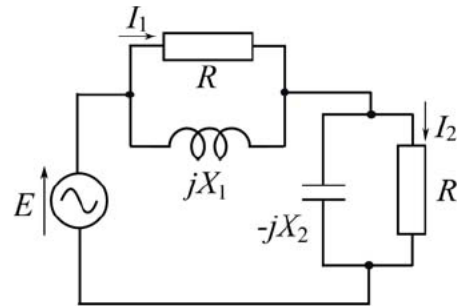


Fig. 1

【Q2】 Consider the circuit shown in Fig. 2. Answer the following questions.

- (1) When the one-port circuit with terminals 1-1' is equivalent to the voltage source with the open voltage V_0 and the internal impedance Z_0 , find V_0 and Z_0 .
- (2) Consider the variable impedance $Z = R + jX$ is connected between the terminals 1-1'. Find the value of Z when the power consumption P by the resistance R becomes maximum. And find the value of P under the condition.

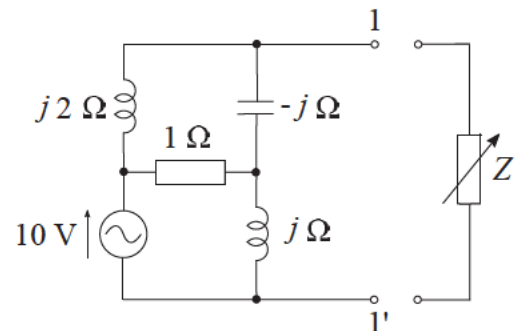


Fig. 2

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

- (1) Write the mesh equations using the mesh currents I_1 , I_2 and I_3 as variables.
- (2) Find the impedance Z seen from the source E .

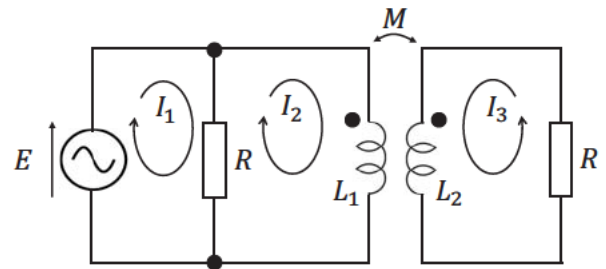


Fig. 3

【Q4】 Consider the circuit shown in Fig. 4 where $E = 1$ V, $R_1 = R_2 = 1$ Ω , $C = 1$ F, $L = 1$ H. Answer the following questions.

- (1) Assume the switch S is opened and the circuit is in steady state. Then, the switch S is closed at the time $t = 0$. Find the currents $i_1(t)$ and $i_2(t)$ for $t > 0$.
- (2) Assume the switch S is closed and the circuit is in steady state. Then, the switch S is opened at the time $t = 0$. Find the current $i_1(t)$ for $t > 0$.
- (3) In the above-mentioned condition (2), find the total energy W consumed by the resistances R_1 and R_2 from $t = 0$ to the steady state.

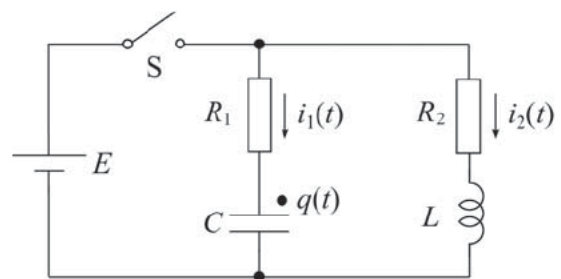


Fig. 4

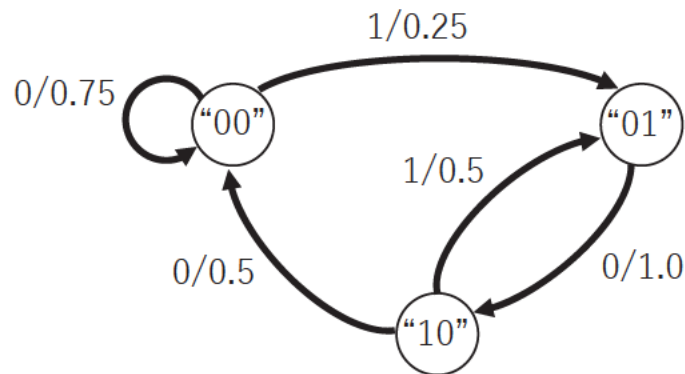
令和2年度 九州大学大学院システム情報科学府 情報学専攻
情報知能工学専攻
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(6/29)

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.

B. 【情報理論 (Information theory) 分野】

次の各問い (【問1】【問2】) に答えよ。

【問1】 下図は、定常2重マルコフ情報源 S の状態遷移図である。下記の設問に答えよ。



- (1) 上図の状態遷移図を元に、このマルコフ情報源 S の遷移確率行列 A を求めよ。ただし、状態 “00”, “10”, “01” の順に、行を記せ。
- (2) 時点0で状態 “00” にいたとして、時点2で状態 “10” にいる確率はいくらか答えよ。
- (3) 上記のマルコフ情報源 S の定常分布 $\vec{w} = (w_1, w_2, w_3)$ を求めよ。ただし、 w_i の添え字 $i = 1, 2, 3$ は状態 “00”, “10”, “01” にそれぞれ対応するものとする。
- (4) 定常2重マルコフ情報源 X_1, X_2, \dots のエントロピーレート $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} H(X_1, X_2, \dots, X_n)$ が $H(X_3|X_1, X_2)$ に一致することを示せ。ただし、 $H(X_3|X_1, X_2)$ は条件付きエントロピーである。
- (5) 上記のマルコフ情報源 S に対するエントロピーレート $H(S)$ を求めよ。

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(7/29)

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】 X, Y を $\{0, 1\}$ に値をとる確率変数とする。パラメータ $\alpha, \beta, \gamma \in [0, 1]$ に対し、

$$\begin{aligned} P(X = 0) &= \alpha, & P(X = 1) &= 1 - \alpha, \\ P(Y = 0|X = 0) &= \beta, & P(Y = 1|X = 0) &= 1 - \beta, \\ P(Y = 0|X = 1) &= \gamma, & P(Y = 1|X = 1) &= 1 - \gamma, \end{aligned}$$

とする。2値エントロピー関数を

$$h(p) = \begin{cases} -p \log p - (1-p) \log(1-p), & \text{for } 0 < p < 1, \\ 0, & \text{for } p = 0, 1 \end{cases}$$

とする。以下の問いに答えよ。

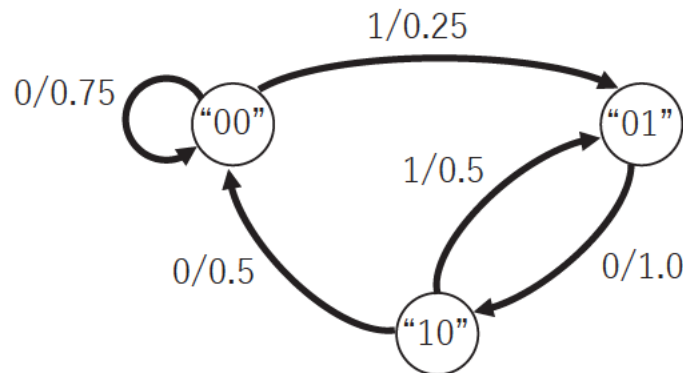
- (1) 条件付きエントロピー $H(Y|X)$ を2値エントロピー関数を用いて表現せよ。
- (2) $\beta = 1 - \gamma$ とする。このとき、相互情報量 $I(X; Y)$ を最大化する α を求めよ。また $I(X; Y)$ の最大値を2値エントロピー関数と α, β を用いて表現せよ。
- (3) α, β をある値に固定する。ただし、 $0 < \alpha < 1$ とする。相互情報量 $I(X; Y)$ を最小化する γ の値を α, β を用いて表せ。また、その最小値を示せ。
- (4) α, β をある値に固定する。ただし、 $0 < \alpha < 1, \beta > \frac{1}{2}$ とする。相互情報量 $I(X; Y)$ を最大化する γ の値を求めよ。

令和2年度 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
 修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
 専門科目 (Specialized subjects)
 (8/29)

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.

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

【Q1】 The figure shows the state transition diagram of the stationary second-order Markov information source S . Answer the following questions.



- (1) Show the state transition matrix A of the Markov information source S based on the above state diagram. Here, the rows must be “00”, “10”, and “01”.
- (2) Suppose that the state at time 0 was “00”. Show the probability that the state is “10” at time 2.
- (3) Find the stationary probability distribution $\vec{w} = (w_1, w_2, w_3)$ of the Markov information source S . Here, the indices $i = 1, 2, 3$ of w_i correspond to the states “00”, “10” and “01”, respectively.
- (4) Prove that the entropy rate $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} H(X_1, X_2, \dots, X_n)$ of a stationary second-order Markov information source X_1, X_2, \dots equals $H(X_3|X_1, X_2)$. Here, $H(X_3|X_1, X_2)$ denotes the conditional entropy.
- (5) Find the entropy rate $H(S)$ of the above stationary second-order Markov information source S .

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(9/29)

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.

【Q2】 Let X and Y be random variables taking values in $\{0, 1\}$. For parameters $\alpha, \beta, \gamma \in [0, 1]$, put

$$\begin{aligned} P(X = 0) &= \alpha, & P(X = 1) &= 1 - \alpha, \\ P(Y = 0|X = 0) &= \beta, & P(Y = 1|X = 0) &= 1 - \beta, \\ P(Y = 0|X = 1) &= \gamma, & P(Y = 1|X = 1) &= 1 - \gamma. \end{aligned}$$

Let the definition of the binary entropy function as

$$h(p) = \begin{cases} -p \log p - (1 - p) \log(1 - p), & \text{for } 0 < p < 1, \\ 0, & \text{for } p = 0, 1. \end{cases}$$

Answer the following questions.

- (1) Express the conditional entropy $H(Y|X)$ using the binary entropy function.
- (2) Set $\beta = 1 - \gamma$. Find the value of α that maximizes the mutual information $I(X; Y)$. Furthermore, express the maximum value of the $I(X; Y)$ using the binary entropy function.
- (3) Fix α and β to some values. Assume $0 < \alpha < 1$. Express γ that minimizes the mutual information $I(X; Y)$ using α and β . Find the minimum value of the $I(X; Y)$.
- (4) Fix α and β to some values and assume $0 < \alpha < 1$ and $\beta > \frac{1}{2}$. Find the value of γ that maximizes the mutual information $I(X; Y)$.

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(10/29)

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.

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】 決定性有限オートマトン $M_1 = (P, \Sigma, \delta_1, p_1, F_1)$ を考える。ただし、 $P, \Sigma, \delta_1, p_1, F_1$ はそれぞれ M_1 の状態集合、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。 $P = \{p_0, p_1, p_2, p_3\}$, $\Sigma = \{0, 1, 2, 3\}$, $F_1 = \{p_0\}$ であり、 $i = 1, 2, 3, 4$ に対し $\delta_1(p_i, a) = p_{(i+n(a)) \bmod 4}$ である。ここで $n(a)$ は記号 $a \in \Sigma$ に対応する整数であり、 $n(0) = 0$, $n(1) = 1$, $n(2) = 2$, $n(3) = 3$ である。非負の整数 x と正の整数 y に対し、 $x \bmod y$ は x を y で割ったときの余りを表す。たとえば $\delta_1(p_1, 3) = p_0$ となる。次の各問いに答えよ。

- (1) M_1 の状態遷移図を与えよ。
- (2) 決定性有限オートマトン $M_2 = (P, \Sigma, \delta_1, p_1, F_2)$ は、 M_1 と同じ状態集合、アルファベット、遷移関数、初期状態を持つ。 M_2 と等価な決定性有限オートマトンの最小状態数が2であるとき、最終状態の集合 $F_2 \subseteq P$ の例をひとつ与えよ。
- (3) Σ 上の文字列 u に対して、

$$Y(u) = \begin{cases} 1 & u \text{ が空文字列のとき} \\ Y(v) \times n(a) & u = va, v \in \Sigma^*, a \in \Sigma \text{ のとき} \end{cases}$$

とする。 $Y(u) \bmod 6 = 0$ かつ $Y(u) \neq 0$ となる u のみを受理する決定性有限オートマトン M_3 を考える。ただし、 M_3 の状態集合を $\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_6\}$ 、初期状態を q_1 、最終状態の集合を $\{q_6\}$ とする。また、各状態は次のような文字列に対応する。

- q_0 は $Y(u) = 0$ を満たす文字列 u に対応。
- q_1 は $Y(u) \bmod 2 \neq 0$ かつ $Y(u) \bmod 3 \neq 0$ を満たす文字列 u に対応。
- q_2 は $Y(u) \bmod 2 = 0$ かつ $Y(u) \bmod 6 \neq 0$ を満たす文字列 u に対応。
- q_3 は $Y(u) \bmod 3 = 0$ かつ $Y(u) \bmod 6 \neq 0$ を満たす文字列 u に対応。
- q_6 は $Y(u) \bmod 6 = 0$ かつ $Y(u) \neq 0$ を満たす文字列 u に対応。

M_3 の状態遷移図を与えよ。

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(11/29)

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】 アルファベット $\Sigma = \{a, b\}$ 上の文字列 w に対し、 w の長さを $|w|$ と表す。また、 $1 \leq i \leq |w|$ に対して $w[i]$ は w の i 番目の文字を表す。 w の逆文字列を w^R と表す。 $|x| = |y| \geq 1$ を満たす Σ 上の文字列 x と y に対して、 $d(x, y) = |\{i \mid 1 \leq i \leq |x|, x[i] \neq y[i]\}|$ とする。文字列 w に対し、 $w = xyz$ を満たす文字列 $x, z \in \Sigma^*$ が存在するとき、 y を w の部分文字列という。 $\#$ は Σ に含まれない文字とする。次の各言語を考える。

$$L_0 = \{w \mid w \in \Sigma^*, w = w^R\}$$

$$L_1 = \{xw^R \mid w \in \Sigma^*, x \in \Sigma\}$$

$$L_2 = \{uxvw \mid u, v, w \in \Sigma^*, uv = w^R, x \in \Sigma\}$$

$$L_3 = \{uv \mid u, v \in \Sigma^*, |u| = |v| \geq 1, d(u^R, v) \leq 1\}$$

$$L_4 = \{x\#w \mid x, w \in \Sigma^*, x^R \text{ は } w \text{ の部分文字列}\}$$

これらの言語はすべて文脈自由言語である。例えば、言語 L_0 は以下の生成規則を持つ文脈自由文法によって生成される。

$$S \rightarrow aSa \mid bSb \mid a \mid b \mid \varepsilon$$

ただし、 ε は空文字列を表す。

次の問いに答えよ。

- (1) 言語 L_1 を生成する文脈自由文法の生成規則を与えよ。ただし、非終端記号を S とし、開始記号を S とする。
- (2) 言語 L_2 を生成する文脈自由文法の生成規則を与えよ。ただし、非終端記号を S, T とし、開始記号を S とする。
- (3) 言語 L_3 を生成する文脈自由文法の生成規則を与えよ。ただし、非終端記号を S, T とし、開始記号を S とする。
- (4) 言語 L_4 を生成する文脈自由文法の生成規則を与えよ。ただし、非終端記号を S, T, X とし、開始記号を S とする。

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(12/29)

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.

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

【Q1】 Consider a deterministic finite automaton $M_1 = (P, \Sigma, \delta_1, p_1, F_1)$, where $P, \Sigma, \delta_1, p_1,$ and F_1 respectively represent the set of states, the alphabet, the transition function, the initial state, and the set of final states of M_1 . Here, $P = \{p_0, p_1, p_2, p_3\}$, $\Sigma = \{0, 1, 2, 3\}$, $F_1 = \{p_0\}$ and $\delta_1(p_i, a) = p_{(i+n(a)) \bmod 4}$ for $i = 1, 2, 3, 4$, where $n(a)$ represents the integer that corresponds to symbol $a \in \Sigma$, that is, $n(0) = 0$, $n(1) = 1$, $n(2) = 2$, $n(3) = 3$. For a non-negative integer x and a positive integer y , $x \bmod y$ represents the remainder when we divide x by y . Thus, for instance, $\delta_1(p_1, 3) = p_0$. Answer the following questions.

- (1) Give a transition diagram of M_1 .
- (2) A deterministic finite automaton $M_2 = (P, \Sigma, \delta_1, p_1, F_2)$ has the same set of states, alphabet, transition function, and initial state as M_1 . Give an example of $F_2 \subseteq P$ when the minimum number of the states of a deterministic finite automaton which is equivalent to M_2 is 2.
- (3) For a string u over Σ , let

$$Y(u) = \begin{cases} 1 & \text{if } u \text{ is the empty string,} \\ Y(v) \times n(a) & \text{if } u = va, v \in \Sigma^*, a \in \Sigma. \end{cases}$$

Consider a deterministic finite automaton M_3 which accepts only strings u such that $Y(u) \bmod 6 = 0$ and $Y(u) \neq 0$. Here, let $\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_6\}$, q_1 , and $\{q_6\}$ be the set of states, the initial state, and the set of final states of M_3 , respectively. Each state corresponds to the following strings:

- q_0 corresponds to strings u such that $Y(u) = 0$,
- q_1 corresponds to strings u such that $Y(u) \bmod 2 \neq 0$ and $Y(u) \bmod 3 \neq 0$,
- q_2 corresponds to strings u such that $Y(u) \bmod 2 = 0$ and $Y(u) \bmod 6 \neq 0$,
- q_3 corresponds to strings u such that $Y(u) \bmod 3 = 0$ and $Y(u) \bmod 6 \neq 0$,
- q_6 corresponds to strings u such that $Y(u) \bmod 6 = 0$ and $Y(u) \neq 0$.

Give a transition diagram of M_3 .

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(13/29)

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.

【Q2】 For a string w over the alphabet $\Sigma = \{a, b\}$, $|w|$ denotes the length of w . For $1 \leq i \leq |w|$, $w[i]$ denotes the i th symbol in w , and w^R denotes the reversed string of w . For any strings x and y over Σ such that $|x| = |y| \geq 1$, let $d(x, y) = |\{i \mid 1 \leq i \leq |x|, x[i] \neq y[i]\}|$. Let $\#$ be a symbol not in Σ . For a string w , if there are strings $x, z \in \Sigma^*$ such that $w = xyz$, then y is said to be a substring of w . Consider the following languages:

$$\begin{aligned} L_0 &= \{w \mid w \in \Sigma^*, w = w^R\}, \\ L_1 &= \{wxw^R \mid w \in \Sigma^*, x \in \Sigma\}, \\ L_2 &= \{uxvw \mid u, v, w \in \Sigma^*, uv = w^R, x \in \Sigma\}, \\ L_3 &= \{uv \mid u, v \in \Sigma^*, |u| = |v| \geq 1, d(u^R, v) \leq 1\}, \\ L_4 &= \{x\#w \mid x, w \in \Sigma^*, x^R \text{ is a substring of } w\}. \end{aligned}$$

All these languages are context-free languages. For example, the language L_0 is generated by the context-free grammar with the following production rules:

$$S \rightarrow aSa \mid bSb \mid a \mid b \mid \varepsilon,$$

where ε denotes the empty string.

Answer the following questions.

- (1) Give production rules of a context-free grammar which generates the language L_1 , with non-terminal symbol S and initial symbol S .
- (2) Give production rules of a context-free grammar which generates the language L_2 , with non-terminal symbols S, T and initial symbol S .
- (3) Give production rules of a context-free grammar which generates the language L_3 , with non-terminal symbols S, T and initial symbol S .
- (4) Give production rules of a context-free grammar which generates the language L_4 , with non-terminal symbols S, T, X and initial symbol S .

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(14/29)

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.

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。

【問1】 図1に示すように、誘電率 ϵ_0 の真空中に3個の半径 a の導体球 A, B, C が1辺の長さ L ($a \ll L$) の正三角形の頂点に配置されている。導体球 A の電荷は Q_1 、電位は V_0 、導体球 B の電荷は Q_2 、電位は 0、導体球 C の電荷は Q_3 、電位は 0 である。

- (1) 電位係数を用いて各球の電位を表せ。
- (2) 各電位係数を Q_1, Q_2, V_0 を用いて表せ。
- (3) 次に、3個の導体球の電位が全て V になるように各導体球の電荷を変化させた。この場合の各球の電荷を Q_1, Q_2, V_0, V を用いて表せ。
- (4) 次に、3個の導体球の電荷を全て Q_1 に変化させた。この場合の各球の電位を Q_1, Q_2, V_0 を用いて表せ。

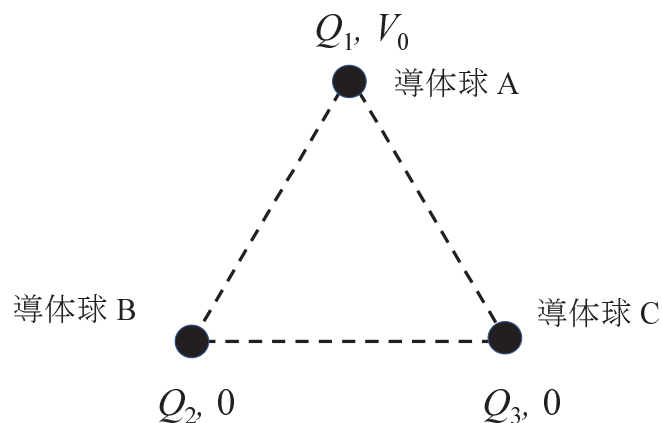


図1

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(15/29)

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】 以下の問いに答えよ。ただし、 $\pi = 3.14$ 、真空の誘電率 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m、素電荷 $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C とする。

- (1) 真空中に置かれた半径 a の導体球が電荷 Q で帯電している。この導体の電位と静電容量を求めよ。
- (2) 真空中に置かれた半径 2.00 nm の導体球の静電容量を求めよ。この導体球に電子1個の電荷 $-e$ を与えた場合の電位の変化と蓄積される静電エネルギーを求めよ。
- (3) 真空中に置かれた半径 2.00 m の導体球の静電容量を求めよ。この導体球に電子1個の電荷 $-e$ を与えた場合の電位の変化と蓄積される静電エネルギーを求めよ。
- (4) 半径 2.00 nm の導体球と半径 2.00 m の導体球のどちらが電位の基準に適しているか。また、その理由を述べよ。

令和2年度 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
 修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
 専門科目 (Specialized subjects)
 (16/29)

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3】 真空中に置いた半径 a 厚さ d の円筒状の薄い電極に電流を流した際に生じる磁界について考える。電極の長さは充分長く端の効果は無視出来るものとし、円筒の中心軸を z 軸にとり、図3に示すように z 軸に直交する xy 平面を考える。電極の厚さは半径に比べ充分薄く、電流は、紙面の表面から裏面に向かって電極内を一様に流れているとする。電流密度の大きさを J 、また、真空の透磁率を μ_0 とする。

- (1) 図3(a) 中の点 $P(0, \frac{1}{2}a)$, $Q(\frac{1}{2}a, 0)$, $R(0, \frac{3}{2}a)$ に生じる磁界ベクトルの成分をそれぞれ答えよ。
- (2) 図3(b)に示すように、円筒が y 軸と交わる位置に切り込みを入れ、微小幅 ΔW の線状のスリットを電極の全長にわたって長手方向に形成した。点 P , Q , R に生じる磁界ベクトルの成分をそれぞれ答えよ。ただし、電極を流れる電流密度の大きさは前問と同様 J のまま一定であるとする。

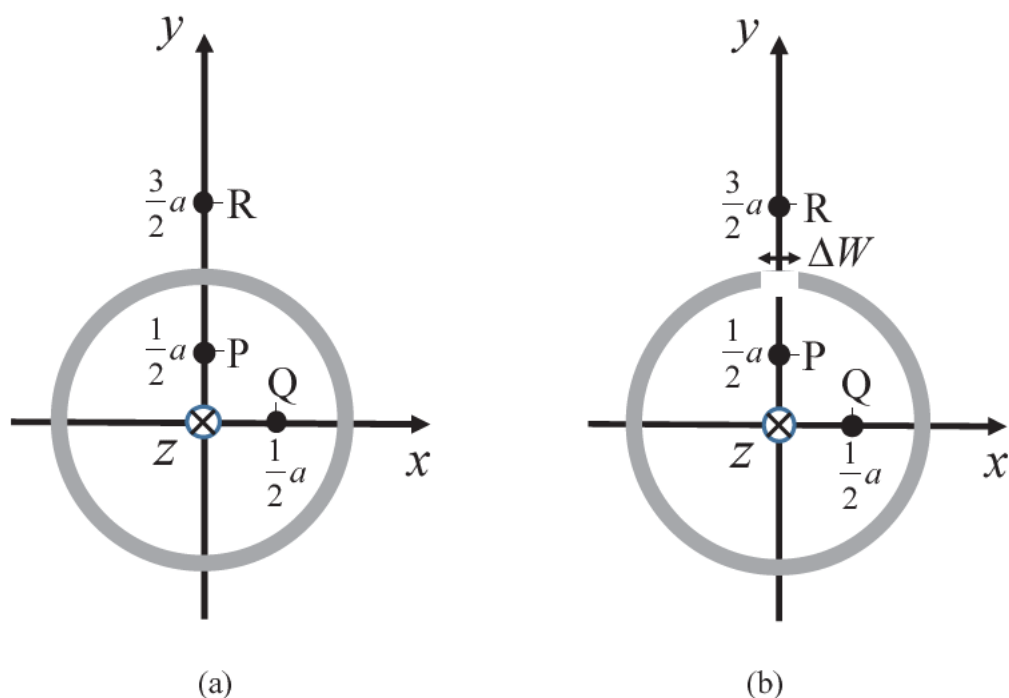


図3

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(17/29)

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.

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

【Q1】 As shown in Fig. 1, three spherical conductors A, B and C of radius a are placed at vertices of an equilateral triangle of a side length L ($a \ll L$) in vacuum with permittivity ϵ_0 . The electrical charges of the spherical conductors A, B and C are Q_1 , Q_2 , and Q_3 , respectively. The electrostatic potentials of the spherical conductors A, B and C are V_0 , 0 and 0, respectively.

- (1) Give the electrostatic potential of each sphere using coefficients of potential.
- (2) Give each coefficient of potential using Q_1 , Q_2 , V_0 .
- (3) Next, the charge of each conductor is changed so that all the potential of three spherical conductors become V . Give the charge of each conductor using Q_1 , Q_2 , V_0 , V .
- (4) Next, all the charges of three spherical conductors are changed to be Q_1 . Give the potential of each conductor using Q_1 , Q_2 , V_0 .

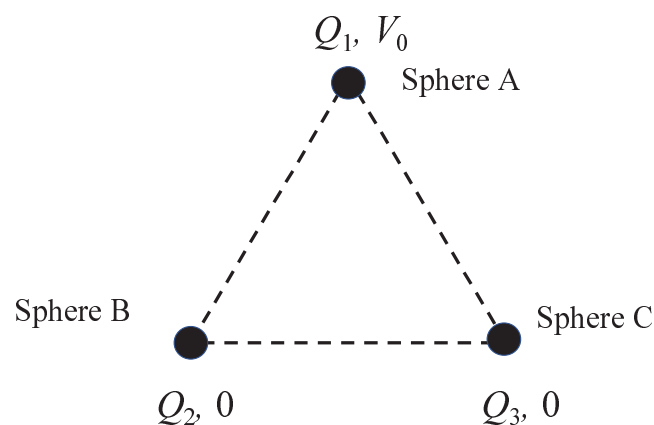


Fig. 1

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(18/29)

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.

【Q2】 Answer the following questions, where $\pi = 3.14$, permittivity of vacuum $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m, elementary charge $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C.

- (1) A spherical conductor of radius a placed in vacuum is charged with a charge Q . Give electrostatic potential and capacitance of this conductor.
- (2) Give capacitance of a spherical conductor of radius 2.00 nm. Give the change of potential and the stored electrostatic energy when the charge of an electron $-e$ is given to the conductor.
- (3) Give capacitance of a spherical conductor of radius 2.00 m. Give the change of potential and the stored electrostatic energy when the charge of an electron $-e$ is given to the conductor.
- (4) Which is more appropriate for the potential reference, either a spherical conductor of radius 2.00 nm or 2.00 m? And give the reason.

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 magnetic field produced when a current is applied to a thin cylindrical electrode with a radius a and a thickness d placed in a vacuum. Assume that the length of the cylindrical electrode is sufficiently long and the edge effect is negligible, and consider an xy plane orthogonal to the z -axis, as shown in Fig. 3, with the central axis of the cylinder taken as the z -axis. It is assumed that the thickness of the electrode is sufficiently thin compared to the radius, and the current flows uniformly in the electrode from the front surface to the back surface of the paper. Let J be the magnitude of the current density, and μ_0 be the magnetic permeability of the vacuum.

- (1) Answer the components of the magnetic field vectors that occur at points $P(0, \frac{1}{2}a)$, $Q(\frac{1}{2}a, 0)$, and $R(0, \frac{3}{2}a)$ in Fig. 3(a).
- (2) As shown in Fig 3 (b), a cut was made at a position where the cylinder intersected the y -axis, and a linear slit having a small width ΔW was formed in the longitudinal direction over the entire length of the electrode. Answer the components of the magnetic field vectors at points P, Q, and R, respectively. It is assumed that the magnitude of the current density flowing through the electrode remains constant at J as in the previous question.

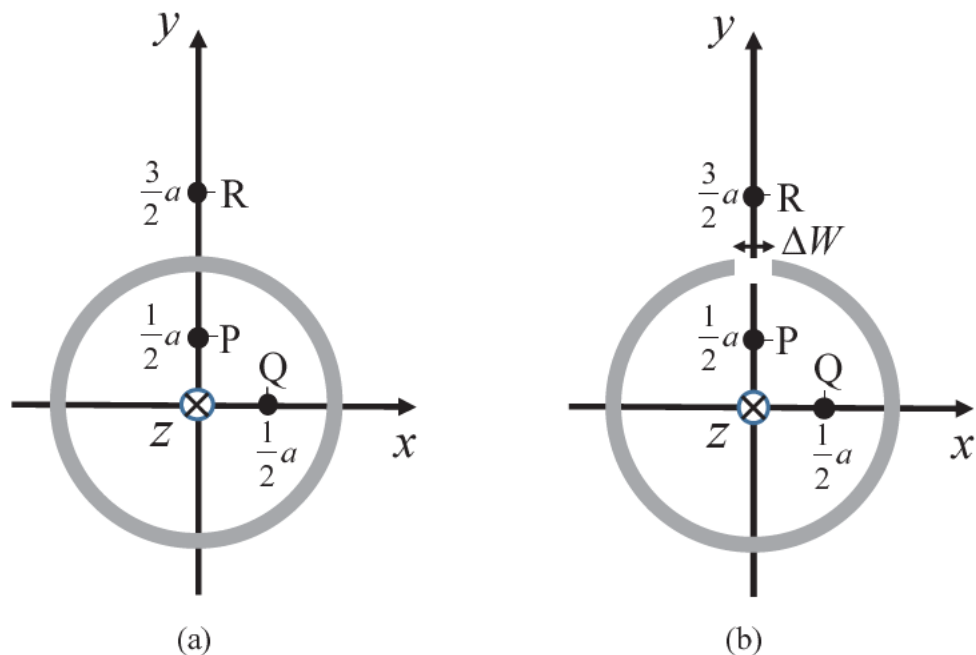


Fig. 3

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(20/29)

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.

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】 以下に示すアルゴリズムに関する各問いに答えよ。

アルゴリズム $ALG(G = (V, E), s)$

1: $A = \{s\}$.

2: $B = \{s\}$.

3: While $A \neq \emptyset$

4: Choose an element $v \in A$. $A = A \setminus \{v\}$.

5: For each w such that $(v, w) \in E$

6: If $w \notin B$ then

7: Append w to A and B .

8: Output B .

(1) 頂点集合 V , 辺集合 E の無向グラフ $G = (V, E)$ と頂点 $s \in V$ を入力として実行した時, このアルゴリズムが出力する B の内容を述べよ。

(2) A のデータ構造としてスタックを用いた場合, 以下の無向グラフ $G = (V, E)$ と $s \in V$ を入力としてこのアルゴリズムが出力する集合 B の要素を B に追加された順に答えよ。

$$V = \{s, t, u, v\}$$

$$E = \{(s, t), (s, u), (t, u), (t, v), (u, v)\}$$

(3) このアルゴリズムを用いて, 与えられたグラフ $G = (V, E)$ の頂点をある頂点 $s \in V$ から距離の近い順に調べたい。 A に用いるデータ構造を答え, その理由を述べよ。

(4) グラフ G と集合 A, B のデータ構造に注意しながら, このアルゴリズムの実行時間を答えよ。

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(21/29)

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】 次の各問いに答えよ。

- (1) 以下の関係 $Item(id, name, price)$, $User(uid, name, mail)$, $Transaction(item, uid, star)$, $Follow(fid, uid1, uid2, time)$ に対し、次の各問いに答えよ。

Item		
id	name	price
001	abc	150
002	def	120
003	ghi	230
004	jkl	180
005	mno	350
006	pqr	140
007	stu	150

User		
uid	name	mail
u01	A	s@a.com
u02	B	t@b.com
u03	C	u@c.com
u04	D	v@d.com
u05	E	w@e.com
u06	F	x@f.com
u07	G	y@g.com

Transaction		
item	uid	star
001	u01	3
001	u03	4
001	u06	5
002	u03	4
002	u05	5
002	u06	5
003	u02	2

Follow			
fid	uid1	uid2	time
f0001	u01	u03	20190801
f0002	u05	u06	20190810
f0003	u04	u03	20190810
f0004	u01	u02	20190811
f0005	u02	u01	20190813
f0006	u06	u05	20190817
f0007	u04	u02	20190820

- (a) 関係 Follow は $uid1$ のユーザが $uid2$ のユーザを時刻 $time$ にフォローしたという事実を集めた集合である。この関係の候補キーを全て答えよ。ただし、あるユーザがあるユーザをフォローできるのは高々一度だけであると仮定する。
- (b) 関係 Transaction は uid のユーザが id の商品を購入し、 $1\sim 5$ の値 $star$ で商品の評価したという事実を集めた集合である。 id が 002 である商品を買ったユーザの uid の集合を求める関係代数の演算を答えよ。
- (c) 関係 User はユーザ ID が uid を持つユーザ $name$ のメールアドレスが $mail$ であることを表す集合である。 id が 002 である商品を買ったユーザのメールアドレスの集合を求める関係代数の演算を答えよ。
- (d) id が 002 である商品を買ったユーザをフォローしているユーザの集合を求める関係代数の演算を答えよ。
- (e) 関係 Item は商品の識別子 id 、その名前 $name$ 、その価格 $price$ を集めた集合であり、この関係から以下のような結果を得る属性 $price$ と不等号を用いた関係

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(22/29)

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.

代数の演算を答えよ。

id	price
003	230
005	350

- (f) 関係RとFollowの自然結合 $(R[uid = uid1]Follow)[fid, uid1, uid2]$ で、以下のような結果が得られた。この時の関係Rを、関係Transactionと属性starを用いて答えよ。

fid	uid1	uid2
f0002	u05	u06
f0006	u06	u05

- (g) 関係FollowとRの商 $Follow[uid1, uid2] \div R$ で、以下のような結果が得られた。この時の関係Rを答えよ。

uid1
u01
u04

- (2) (a) 関係モデルにおけるスーパーキーの定義を答えよ。
(b) 関係モデルにおける候補キーの定義を答えよ。
(c) 関係モデルにおける主キーと候補キーの違いを答えよ。
(d) 関係モデルにおける任意の関係には候補キーがあることを証明せよ。ただし、関係モデルにおいては、関係内の要素は重複していないと仮定する。
(e) SQLにおけるdistinct演算子の役目を説明せよ。

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(23/29)

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.

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

【Q1】 Answer the following questions for the following algorithm.

Algorithm $ALG(G = (V, E), s)$

- 1: $A = \{s\}$.
- 2: $B = \{s\}$.
- 3: While $A \neq \emptyset$
- 4: Choose an element $v \in A$. $A = A \setminus \{v\}$.
- 5: For each w such that $(v, w) \in E$
- 6: If $w \notin B$ then
- 7: Append w to A and B .
- 8: Output B .

- (1) Explain what the output B is when we execute the algorithm for an undirected graph $G = (V, E)$ with vertex set V and edge set E , and $s \in V$.
- (2) If we use a stack for A , answer the elements of the output B according to the order they were added to B when executing the algorithm for the following undirected graph $G = (V, E)$ and $s \in V$.

$$V = \{s, t, u, v\}$$

$$E = \{(s, t), (s, u), (t, u), (t, v), (u, v)\}$$

- (3) We want to check the vertices of a given undirected graph $G = (V, E)$ in the increasing order of distance from $s \in V$. Answer an appropriate data structure for A and explain the reason.
- (4) Answer the execution time of the algorithm with considering data structures for G , A , and B .

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(24/29)

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.

【Q2】 Answer the following questions.

- (1) For the following relations $\text{Item}(\underline{\text{id}}, \text{name}, \text{price})$, $\text{User}(\underline{\text{uid}}, \text{name}, \text{mail})$, $\text{Follow}(\underline{\text{fid}}, \text{uid1}, \text{uid2}, \text{time})$, and $\text{Transaction}(\underline{\text{item}}, \underline{\text{uid}}, \text{star})$, answer the following questions.

Item		
id	name	price
001	abc	150
002	def	120
003	ghi	230
004	jkl	180
005	mno	350
006	pqr	140
007	stu	150

User		
uid	name	mail
u01	A	s@a.com
u02	B	t@b.com
u03	C	u@c.com
u04	D	v@d.com
u05	E	w@e.com
u06	F	x@f.com
u07	G	y@g.com

Transaction		
item	uid	star
001	u01	3
001	u03	4
001	u06	5
002	u03	4
002	u05	5
002	u06	5
003	u02	2

Follow			
fid	uid1	uid2	time
f0001	u01	u03	20190801
f0002	u05	u06	20190810
f0003	u04	u03	20190810
f0004	u01	u02	20190811
f0005	u02	u01	20190813
f0006	u06	u05	20190817
f0007	u04	u02	20190820

- (a) Relation Follow is a set of facts that a user of uid1 follows another user of uid2 at time of time . Answer all candidate keys, where we assume that a user can follow one user at most once.
- (b) Relation Transaction is a set of facts that a user of uid purchases an item of id and puts a score from 1 to 5 as star . Answer operations of the relational algebra to obtain the set of uids who purchase items whose ids are 002.
- (c) Relation User is a set of facts that a user whose ID is uid and name is name has a mail address mail . Answer operations of the relational algebra to obtain the set of mails of users who purchase items whose ids are 002.
- (d) Answer operations of the relational algebra to obtain the set of users following the users who purchase items whose ids are 002.
- (e) Relation Item is a set of items whose IDs are id , their names names , and their

令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(25/29)

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.

prices. Answer operations of the relational algebra to obtain the following result using attribute `price` and a sign of inequality.

id	price
003	230
005	350

(f) When the following result is obtained using the natural join

$(R[uid = uid1] \text{Follow})[fid, uid1, uid2]$ of two relations `R` and `Follow`, answer relation `R` using relation `Transaction` and attribute `star`.

fid	uid1	uid2
f0002	u05	u06
f0006	u06	u05

(g) When the following result is obtained using the division $\text{Follow}[uid1, uid2] \div R$ of two relations `Follow` and `R`, answer relation `R`.

uid1
u01
u04

- (2) (a) Answer the definition of super-keys of the relational algebra.
(b) Answer the definition of candidate keys of the relational algebra.
(c) Answer the difference between primary keys and candidate keys of the relational algebra.
(d) Prove any relation of the relational algebra has a candidate key, where we assume that a relation of the relational algebra does not have duplicate elements.
(e) Answer the role of `distinct` operation of SQL.

情報学専攻
情報知能工学専攻

令和2年度 九州大学大学院システム情報科学府
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)

専門科目 (Specialized subjects)
(26/29)

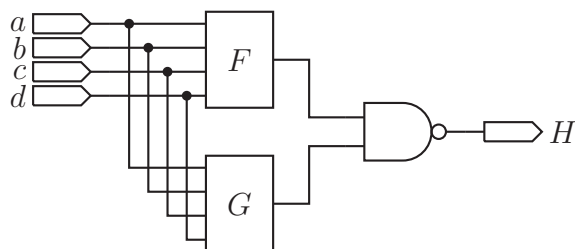
6分野から2分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙1部を用いよ。また、大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。
Select 2 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a set of answer sheets for each of the fields you selected and use a separate answer sheet for each question.

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】 論理関数 $H(a, b, c, d)$ を図で示されるように関数 $F(a, b, c, d)$, $G(a, b, c, d)$ および NAND ゲートを使って実現することを考える。関数 H および関数 G の真理値表が以下のように与えられる時、関数 F の最簡積和形を示せ。

a	b	c	d	H	G
0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	0
1	1	1	1	1	0



令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(27/29)

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。以下の各問いに答えよ。

- (1) プログラム実行時間は、「実行命令数」「平均CPI(Clock cycles Per Instruction)」「クロックサイクル時間」の積で近似できる。シングルサイクル・データパス方式(1命令の実行を1クロックサイクルで実行する方式)と比較した場合、パイプライン処理がプログラム実行時間に与える影響を説明せよ。
- (2) パイプライン式データパスで発生するRAW (Read After Write) ハザードを解消する代表的な実装として「パイプラインストール」と「データフォワードリング」がある。これらの実装法の利点と欠点を説明せよ。
- (3) 命令発行幅は1と仮定する。このパイプラインで達成できるIPC (Instructions Per Clock cycle) の上限を答えよ。

【問3】 16ビットのアドレス ($\text{adr}[15:0]$) を入力とする2ウェイ・セットアソシアティブキャッシュの設計について考える。バイトアドレッシング方式であり1語は4バイトとする。各キャッシュアクセスにおいて、 $\text{adr}[15:8]$ 、 $\text{adr}[7:4]$ ならびに $\text{adr}[3:0]$ は、それぞれ、タグフィールド、インデックスフィールド、オフセットフィールドとして参照される。以下の問いに答えよ。

- (1) キャッシュブロックサイズを答えよ。
- (2) キャッシュサイズを答えよ。
- (3) レベル1キャッシュと主記憶からなるメモリシステムを想定した場合、平均メモリアクセス時間 (AMAT: Average Memory Access Time) は下の式で表される。ここで、キャッシュヒット時間はキャッシュアクセス時間と同義と考えて良い。より高いキャッシュ連想度を採用することの利点と欠点をAMATを用いて説明せよ。

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

情報学専攻
情報知能工学専攻

令和2年度 九州大学大学院システム情報科学府
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)

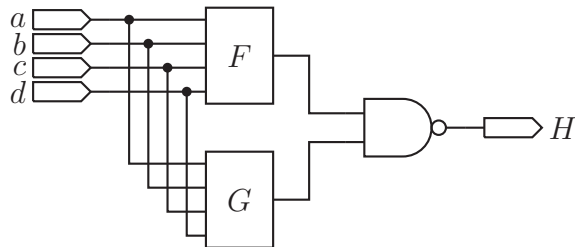
専門科目 (Specialized subjects)
(28/29)

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.

Answer the following questions (**【Q1】** ~ **【Q3】**).

【Q1】 Let $H(a, b, c, d)$ be a logic function. Consider that H is composed of another subfunctions $F(a, b, c, d)$, $G(a, b, c, d)$ and a NAND gate as shown in the figure below. When the truthtables of H and G are given below, show the minimum sum of products form of F .

a	b	c	d	H	G
0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	0
1	1	1	1	1	0



令和2年度 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
修士課程 入学試験問題 (実施日 令和元年8月26日)
専門科目 (Specialized subjects)
(29/29)

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.

【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). Answer the following questions.

- (1) Program execution time can be approximated by the product of three items, “instruction count”, “average CPI (Clock cycles Per Instruction)”, and “clock cycle time”. Explain the impact of pipelining on the program execution time by comparing with a single-cycle datapath implementation where each instruction is executed in a single clock cycle.
- (2) There are two implementations, called “pipeline stall” and “data forwarding”, to resolve RAW (Read After Write) hazards that occur in the pipelined datapath. Explain the advantages and disadvantages of these implementations.
- (3) Assume that the instruction issue width is one. Answer the upper limit of IPC (Instructions Per Clock cycle) that can be achieved by the pipelined datapath.

【Q3】 Consider designing a two-way set-associative cache memory that accepts a 16-bit address ($\text{adr}[15:0]$). Suppose a byte-addressing scheme and the word size is 4 bytes. On each cache access, $\text{adr}[15:8]$, $\text{adr}[7:4]$, and $\text{adr}[3:0]$ are referenced as a tag field, an index field, and an offset field, respectively. Answer the following questions.

- (1) Answer the cache block size.
- (2) Answer the cache size.
- (3) Assume a memory system which consists of the level-1 cache and main memory. AMAT (Average Memory Access Time) can be expressed by the following equation. Here, you can consider that the cache hit time is the same as the cache access time. Explain the advantages and disadvantages of applying higher cache associativity based on AMAT.

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