Japanese version shall be the authorized version; the English translation for reference only.

京都大学大学院情報学研究科
通信情報システム専攻　修士課程入学者選抜試験問題
（平成26年度10月期入学・平成27年度4月期入学）
Admissions for October 2014 and for April 2015
Entrance Examination for Master's Program
Department of Communications and Computer Engineering
Graduate School of Informatics, Kyoto University
平成26年8月6日　9:00 – 12:00
August 6, 2014　9:00 a.m. - 12:00 noon

専門基礎A
Problem Set A

注意 (NOTES)

1. 解答開始の合図があるまで中を見てはいけない。
2. これは「専門基礎A」の問題用紙で、表紙共に 15 枚 ある。解答開始の合図があった後、枚数を確かめ、落丁または不鮮明なものがあれば直ちに申し出ること。
3. 問題は9問(A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, A-9)ある。4問を選択して解答すること。答案用紙の問題番号欄に問題番号を記入すること。
4. 解答は問題ごとに答案用紙1枚を使うこと。答案用紙1枚に2問以上の解答もしくは1問の解答を2枚以上の答案用紙に書いた場合は無効にすることがある。なお、必要な場合「裏に続く」と明記した上で裏面を使用してもよい。
5. 答案用紙は4枚綴じたまま使用し、切り離さないこと。
6. 答案用紙の綴じ込みがはずれた場合は、直ちに申し出ること。
7. 解答は日本語または英語で行うこと。

1. Do not open the pages before a call for starting.
2. This is the **"Problem Set A"** in 15 pages including this front cover.
   After the call of starting, check all pages are in order and notify proctors (professors) immediately if missing pages or with unclear printings are found.
3. **Answer 4 of the following 9 questions;** A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, and A-9. State the Question Numbers you choose on the Answer Sheet.
4. Use one sheet for each question. If required, the reverse side may be used, stating "Over" at the end of the page. Note that in case two or more questions are answered in one sheet or two or more sheets are used for one question, they may be regarded as no answers.
5. Do not separate the pages of answer sheets; keep them bound.
6. Notify proctors (professors) immediately if the pages are separated for some reason.
7. Answer the questions either in Japanese or English.

専門基礎A
$\boxed{\text{A-1}}$, $\boxed{\text{A-2}}$, $\boxed{\text{A-3}}$, $\boxed{\text{A-4}}$, $\boxed{\text{A-5}}$, $\boxed{\text{A-6}}$, $\boxed{\text{A-7}}$, $\boxed{\text{A-8}}$, $\boxed{\text{A-9}}$ の9問から4問を選択して解答せよ。

Problem Set A
Choose and answer **4 questions** out of $\boxed{\text{A-1}}$, $\boxed{\text{A-2}}$, $\boxed{\text{A-3}}$, $\boxed{\text{A-4}}$, $\boxed{\text{A-5}}$, $\boxed{\text{A-6}}$, $\boxed{\text{A-7}}$, $\boxed{\text{A-8}}$, and $\boxed{\text{A-9}}$.

$\boxed{\text{A - 1}}$

下記のすべての問に答えよ．
Answer all the following questions.

(1) 積分 $J_{m,n} = \displaystyle\int_0^{\pi/2} \sin^m x \cdot \cos^n x \, dx$ (ただし m, n は0以上の整数) について次の問に答えよ．
Answer the following questions as to an integral $J_{m,n} = \displaystyle\int_0^{\pi/2} \sin^m x \cdot \cos^n x \, dx$, where m and n are nonnegative integers.

(a) $J_{m+2,n}$ を $J_{m,n}$ で表せ．また，$J_{m,n+2}$ を $J_{m,n}$ で表せ．
Express $J_{m+2,n}$ by $J_{m,n}$, and express $J_{m,n+2}$ by $J_{m,n}$.

(b) $J_{m,0} = J_{0,m}$ であることを示せ．
Show $J_{m,0} = J_{0,m}$ holds.

(c) $\mathrm{B}(m,n) = \displaystyle\int_0^1 t^{m-1}(1-t)^{n-1} \, dt$ とすると，$J_{m,n} = \dfrac{1}{2}\mathrm{B}\left(\dfrac{m+1}{2}, \dfrac{n+1}{2}\right)$ であることを示せ．
Let $\mathrm{B}(m,n) = \displaystyle\int_0^1 t^{m-1}(1-t)^{n-1} \, dt$. Show $J_{m,n} = \dfrac{1}{2}\mathrm{B}\left(\dfrac{m+1}{2}, \dfrac{n+1}{2}\right)$ holds.

(2) A, B, C はそれぞれ $k \times k$, $k \times \ell$, $\ell \times \ell$ 行列である．$O_{\ell k}$ は $\ell \times k$ 零行列とする．また A, C は正則行列であるとする．X_1, X_2, X_3, X_4 はそれぞれ $k \times k$, $k \times \ell$, $\ell \times k$, $\ell \times \ell$ 行列であり，以下の式が成り立つ．行列 X_1, X_2, X_3, X_4 を求めよ．
Let A, B, C be $k \times k$, $k \times \ell$, $\ell \times \ell$ matrices, respectively. Let $O_{\ell k}$ be an $\ell \times k$ zero matrix. Let A and C be regular matrices. Let X_1, X_2, X_3, X_4 be $k \times k$, $k \times \ell$, $\ell \times k$, $\ell \times \ell$ matrices, respectively. Find matrices X_1, X_2, X_3, X_4 when the following equality holds.

$$\begin{pmatrix} A & B \\ O_{\ell k} & C \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} X_1 & X_2 \\ X_3 & X_4 \end{pmatrix}$$

A-2

下記の問 (1), (2), (3) から 2 つを選んで答えよ.
Answer two of the following questions (1), (2), and (3).

(1) フーリエ変換に関する下記の問に答えよ. ただし, 関数 $f(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ は次式で定義される.
Answer the following questions related to a Fourier transform. Note that the Fourier transform of a function $f(t)$ is defined as

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\mathrm{e}^{-\mathrm{i}\omega t}\mathrm{d}t \qquad (\mathrm{i} = \sqrt{-1})$$

また, その逆変換は次式で与えられる.
The inverse Fourier transform is given by

$$f(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)\mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega t}\mathrm{d}\omega$$

(a) 次の関数 $f(t)$ のフーリエ変換を求めよ. ただし, $\alpha \neq 0$ である.
Find the Fourier transform of $f(t)$ defined in the following, where $\alpha \neq 0$.

$$f(t) = \begin{cases} \mathrm{e}^{-|\alpha| t} & (t > 0) \\ 0 & (t \leq 0) \end{cases}$$

(b) 問 (a) の結果を用いて, 次の関数 $g(t)$ のフーリエ変換を求めよ. ただし, $\alpha \neq 0$ である.
Find the Fourier transform of $g(t)$ defined in the following taking the result of Question (a) into account, where $\alpha \neq 0$.

$$g(t) = \frac{1}{t - \mathrm{i}\alpha}$$

(2) 下記の問に答えよ.
Answer the following questions.

(a) 下記の微分方程式の一般解を求めよ. ただし, $a \neq 0$ である.
Find the general solution of the following differential equation, where $a \neq 0$.

$$\frac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}x^2} + a^2 y = a^4 x^2$$

(b) 次の境界条件を満たす問 (a) の解を求めよ.
Find the solution of Question (a) which satisfies the following boundary conditions.

$$y\left(\frac{\pi}{2a}\right) = \frac{\pi^2}{4},\ y\left(\frac{\pi}{a}\right) = \pi^2$$

continued on next page
次 頁 へ 続 く

(3) 下記の問に答えよ．

Answer the following questions.

(a) 次の複素関数 $g(z)$ の全ての極と対応する留数を求めよ．ただし，$z \in \mathbb{C}$, $\omega > 0$, $\mathrm{i} = \sqrt{-1}$ である．$\mathbb{C}$ は複素数の集合を表す．

Find all the poles and the corresponding residues of the following complex function $g(z)$, where $z \in \mathbb{C}$, $\omega > 0$, $\mathrm{i} = \sqrt{-1}$. Note that $\mathbb{C}$ denotes the set of complex numbers.

$$g(z) = \frac{\mathrm{e}^{-\mathrm{i}\omega z}}{(z^2+1)^3}$$

(b) 問 (a) の結果を用いて，積分 $I(\omega)$ を求めよ．複素積分の積分路を図示せよ．$\omega > 0$ とする．

Evaluate the integral $I(\omega)$ taking the result of Question (a) into account, where $\omega > 0$. Draw the integral path for complex line integral.

$$I(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\mathrm{e}^{-\mathrm{i}\omega t}}{(t^2+1)^3}\,\mathrm{d}t$$

A - 3

以下のすべての問に答えよ。

Answer all the following questions.

(1) 真空中に置かれた半径 R の導体球が接地されており、その中心が原点と一致している。点電荷 q が x 軸上の $x = a$ $(a > R)$ に置かれている。

Consider a grounded conducting sphere in vacuum with a radius R and with its center at the origin. A point charge q is located on the x axis at $x = a$, where $a > R$.

(a) 点電荷の電気影像を求め、その位置を図示せよ。

Find the image of the point charge, and illustrate its location in a diagram.

(b) 球の外部の任意の点における電位を求めよ。

Find the potential everywhere outside the sphere.

(c) 導体球の表面に誘導される電荷密度を求めよ。

Find induced charge density on the surface of the sphere.

(d) 点電荷と導体球の間に働く力を求めよ。

Find force between the point charge and the sphere.

(e) 導体球が接地されていない場合に追加すべき電気影像を求めよ。

Find an additional image when the conducting sphere is not grounded.

(2) 電磁気学に関する次の用語を説明せよ。

Explain the meanings of the terms related to the electromagnetism shown below.

(a) ビオ・サバールの法則

Biot-Savart law

(b) 誘電分極

Dielectric polarization

(c) ストークスの定理

Stokes' theorem

A-4

下記のすべての問に答えよ．
English translation is given on the next page.

(1) 所望しない周波数の信号を除去するフィルタに関して以下の問に答えよ．

フィルタは入力信号 $f(t)$ と出力信号 $g(t)$ の間に次式の関係が成立する時に，無ひずみ伝送と定義される．

$$g(t) = kf(t - t_{\mathrm{d}})$$

ただし，k, t_{d} は定数である．

(a) 図 (a) に示す理想低域通過フィルタが無ひずみ伝送の条件を満足する時の伝達関数 $H(\omega)$ を導出せよ．ただし，ω は角周波数である．

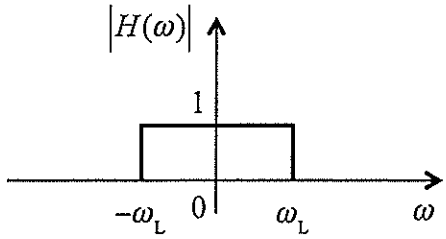


図 (a)

(b) $H(\omega)$ の逆フーリエ変換 $h(t)$ を導出せよ．

(c) $h(t)$ を図示し，実現可能なフィルタの条件について述べよ．

(2) 次に示す信号 $y(t)$ に関する以下の問に答えよ．

$$y(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} i[k]p(t - kT)\cos\omega t - \sum_{k=-\infty}^{\infty} q[k]p(t - kT)\sin\omega t$$

ここで，$p(t)$ は送信パルス波形，T はシンボル間隔，ω は搬送波の角周波数，$i[k] \in \{-1, 1\}, q[k] \in \{-1, 1\}$ はそれぞれ I チャネルと Q チャネルの情報系列とする．

(a) 信号 $y(t)$ の変調方式名を答えよ．

(b) 受信フィルタのインパルス応答を $h(t)$ とする．信号 $y(t)$ の同期検波出力を示せ．

(c) 整合フィルタ受信を行う場合の $p(t)$ と問 (b) の $h(t)$ との関係式を示せ．

continued on next page
次 頁 へ 続 く

Answer all the following questions.

(1) Answer the following questions related to a filter, which eliminates undesired frequency signals.

A filter has a distortionless transmission property when the filter possesses the following relation between an input signal $f(t)$ and an output signal $g(t)$:

$$g(t) = kf(t - t_{\mathrm{d}})$$

where k,t_{d} are constant values.

(a) Find the transfer function $H(\omega)$ of the ideal low-pass filter that is shown in Figure (a) when it possesses the distortionless transmission property.

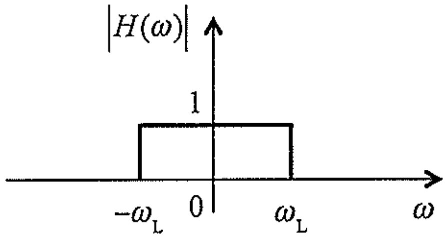


Figure (a)

(b) Find $h(t)$ which is the inverse Fourier transform of $H(\omega)$.

(c) Draw $h(t)$ and explain the conditions of the filter that can be realized.

(2) Answer the following questions related to the signal $y(t)$ shown below.

$$y(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} i[k]p(t - kT)\cos\omega t - \sum_{k=-\infty}^{\infty} q[k]p(t - kT)\sin\omega t$$

where $p(t)$ represents the transmit pulse shape, T is the symbol duration, ω is the carrier angular frequency, and $i[k] \in \{-1, 1\}$ and $q[k] \in \{-1, 1\}$ are the information sequences of I-channel and Q-channel, respectively.

(a) Answer the name of the modulation scheme of the signal $y(t)$.

(b) Assume $h(t)$ is the impulse response of the receive filter. Find the coherent detector output of the signal $y(t)$.

(c) Show the relation between $p(t)$ and $h(t)$ in Question (b) when matched filter reception is employed in the receiver.

A - 5

下記のすべての問に答えよ.

Answer all the following questions.

(1) 図(a)に示すように、内部インピーダンス$Z_S = R_S + jX_S$の電源と負荷$Z_L = R_L + jX_L$の間に2端子対回路(4端子回路)を接続する. 以下の問に答えよ.

As shown in Figure (a), insert two-port network (four-terminal network) between the voltage source with internal impedance $Z_S = R_S + jX_S$ and the load $Z_L = R_L + jX_L$. Answer the following questions.

(a) 2端子対回路網がインピーダンス整合を達成するための条件を述べよ.

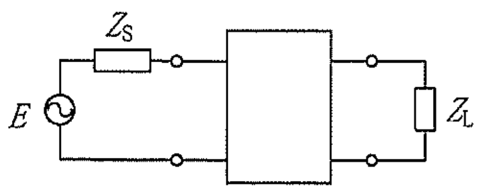
Describe conditions for the two-port network to achieve the impedance matching.

(b) 図(b)に示す回路について, インピーダンス整合が取れたときのLとCを求めよ. ただし$R_S > R_L$とする.

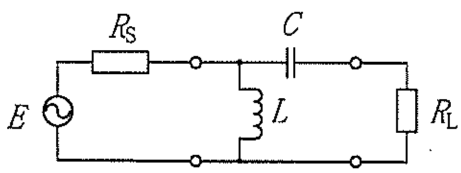
For the circuit of Figure (b), find L and C at the impedance matching. Note that $R_S > R_L$.

(c) $R_S = 53\ \Omega$, $R_L = 4\ \Omega$, 周波数が 1 GHz のとき, 問(b)のLとCの値を求めよ.

Find values of L and C of Question (b) when $R_S = 53\ \Omega$, $R_L = 4\ \Omega$, and the frequency is 1 GHz.



図(a)
Figure (a)



図(b)
Figure (b)

continued on next page
次 頁 へ 続 く

(2) 図(c)に示す理想的な演算増幅器を用いた回路について，以下の問に答えよ．

For the circuit with ideal operational amplifiers shown in Figure (c), answer the following questions.

(a) V_4/V_3とV_3/V_2を求めよ．

Find V_4/V_3 and V_3/V_2.

(b) V_2/V_1を求めよ．

Find V_2/V_1.

(c) V_3/V_1を求めよ．

Find V_3/V_1.

(d) V_4/V_1を求めよ．

Find V_4/V_1.

(e) この回路はバンドパスフィルタ，ローパスフィルタ，ハイパスフィルタとしての機能を全て備えている．V_2，V_3，V_4の機能を述べよ．

This circuit is functional as band-pass filter, low-pass filter, and high-pass filter. Explain functions of V_2, V_3, and V_4.

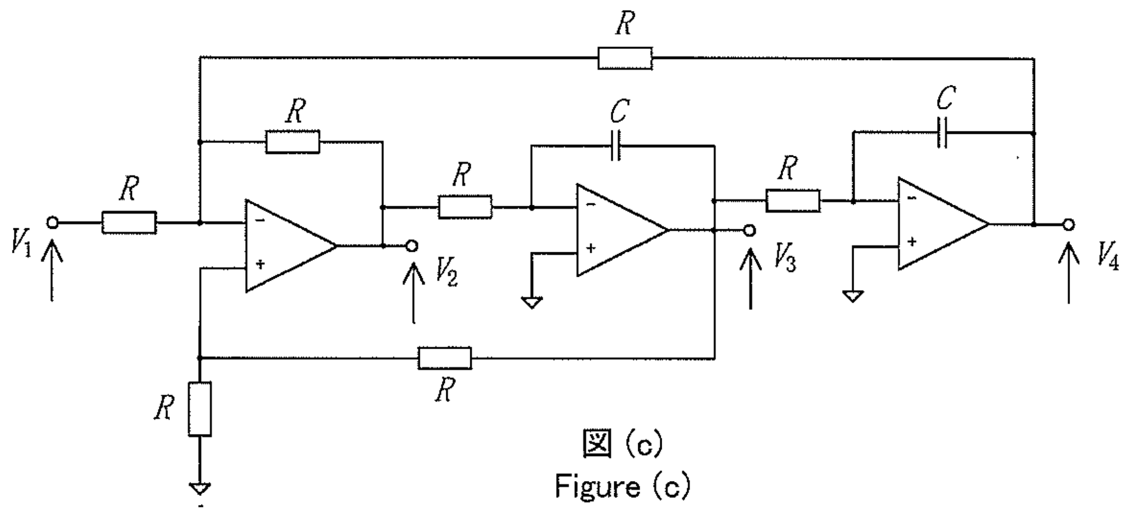


図 (c)

Figure (c)

A-6

下記のすべての問に答えよ．(English translation is given on the next page.)

(1) 以下の問に答えよ．

(a) 情報源，あて先，通信路符号器，通信路復号器，情報源符号器，情報源復号器，通信路で構成される通信系の一般モデルを考える．このモデルをブロック図で示せ．

(b) 定常情報源 S_A は情報源記号 A, B, C, D, E, F, G をそれぞれ確率 0.3, 0.3, 0.16, 0.1, 0.08, 0.04, 0.02 で出力する．この S_A を 2 元ハフマン符号化せよ．

(c) 問 (b) で作成した符号の平均符号長の値を求めよ．

(d) S_A の 1 次エントロピーの値を求めよ．ただし，$\log_2 3 = 1.58$，$\log_2 5 = 2.32$ とせよ．

(e) 定常情報源 S の情報源記号を $a_i (i = 1, 2, \cdots, M)$，$a_i$ の発生確率を p_i で表す．S を一意復号可能な 2 元符号で符号化した場合の平均符号長 L と 1 次エントロピー $H_1(S)$ の関係を示す式を導出せよ．ただし，次の補助定理を用いてよい．

$$\sum_{i=1}^{M} q_i \leq 1 \text{ のとき，} -\sum_{i=1}^{M} p_i \log_2 q_i \geq -\sum_{i=1}^{M} p_i \log_2 p_i$$

(2) 符号 C を，生成多項式が $G(x) = x^4 + x + 1$ である符号長 15 の 2 元巡回符号とする．以下の問に答えよ．

(a) 符号 C の符号語の数を求めよ．

(b) 符号 C の最小距離を求めよ．

(c) 符号 C により誤りを検出する方法を説明せよ．

(d) 多項式表現 $x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^2 + 1$ で表される符号は，符号 C の符号語か否か判定せよ．

(e) 符号 C を用いた際，何個の誤りを訂正できるか求めよ．

(f) ビット誤り率 p の，記憶のない 2 元対称通信路を介した符号 C を用いた伝送を考える．訂正可能な誤りは全て訂正する場合の，復号誤り率を求めよ．

(g) シフトレジスタを用いた $G(x)$ による割り算回路を図示せよ．

(h) 通信路符号化定理を述べよ．

continued on next page
次　頁　へ　続　く

Answer all the following questions.

(1) Answer the following questions.

(a) Consider a general communication system model, which consists of a source, a destination, an encoder and a decoder of channel coding, an encoder and a decoder of source coding, and a communication channel. Draw this model as a block diagram.

(b) A stationary information source S_A generates information symbols A, B, C, D, E, F, and G with the probabilities of 0.3, 0.3, 0.16, 0.1, 0.08, 0.04, and 0.02, respectively. Find a binary Huffman code for S_A.

(c) Find the value of the expected code length of the code found in Question (b).

(d) Find the value of the first-order entropy of S_A. Use $\log_2 3 = 1.58$ and $\log_2 5 = 2.32$.

(e) Consider a stationary information source S, which generates each information symbol $a_i (i = 1, 2, \cdots, M)$ with the probability p_i. L is the expected code length of a uniquely decodable code for S. $H_1(S)$ is the first-order entropy of S. Find the mathematical expression that represents the relation between L and $H_1(S)$. Use the following lemma:

$$-\sum_{i=1}^{M} p_i \log_2 q_i \geq -\sum_{i=1}^{M} p_i \log_2 p_i \quad \text{if} \quad \sum_{i=1}^{M} q_i \leq 1$$

(2) Let C be the binary cyclic code of length 15 that has generator polynomial $G(x) = x^4 + x + 1$. Answer the following questions.

(a) Find the number of codewords in C.

(b) Find the minimum distance of C.

(c) Explain how to detect errors with C.

(d) Decide whether $x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^2 + 1$ is a codeword polynomial of C or not.

(e) Find how many errors C can correct.

(f) Consider communications with C through a memoryless binary symmetric channel with crossover probability p. Evaluate the probability of decoding failure assuming that any correctable errors are corrected.

(g) Draw a division circuit by $G(x)$ using shift registers.

(h) Explain the channel coding theorem.

A - 7

English translation is on the next page.

文字列 x に対して，その途中（最初も含む）から始まって最後までの部分列を接尾辞と呼ぶ．例えば，$x = banana$ の時，x は $banana, anana, nana, ana, na, a$ の６個の接尾辞を持つ．接尾辞木とはこの様なすべての接尾辞を図 (a) の様な木によって表現したものである．

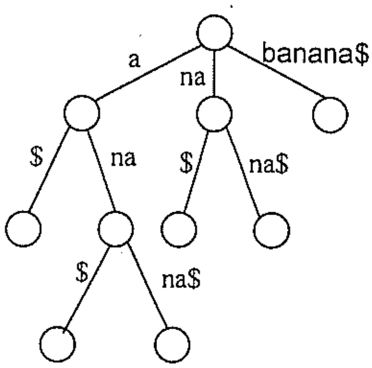


図 (a)　Figure (a)

以下の問いに答えよ．

（１）$x = mississippi$ に対する接尾辞木を作成せよ．

（２）接尾辞木のサイズをその頂点の数で表すとする．例えば図 (a) の接尾辞木のサイズは１０である．x の長さを n とするとき，x に対する接尾辞木の大きさを評価せよ．ただし x は文字として a, b, c のみを使うとする．n が決まればサイズは常に同じになるか？

（３）$x = banana$ を例にして，接尾辞木を出来るだけ高速に作成するアルゴリズムを説明せよ．(ヒント：下に示すように，列を左から見て行って，３番目の文字 n までは，単に３つの枝に列を書いていく．４番目の文字 a が来た時に ana の枝の途中に頂点を挿入する．)

$$
\begin{array}{llll}
b & ba & ban & bana \ \cdots . \\
 & a & an & ana \ \cdots \\
 & & n & na \ \cdots \\
 & & & a \ \cdots
\end{array}
$$

（４）列 x に別の列 y が部分列として現れるかどうかの判定問題に接尾辞木が利用できることを示せ（利用しない単純なやり方より有利になることを示せ）．

なお，質問は一切受け付けない．問題に不審のある場合はそのことを明記し，妥当な仮定を設定して解答すること．解答は細部にこだわりすぎるよりは，アイデアを分かりやすく説明することが重要である．ただ，説明が大雑把過ぎて基本的事項を誤解していると採点者が判断することが無いように注意すること．

continued on next page
次　頁　へ　続　く

For a string x of characters, a substring that starts in a middle (including the first character) of x and ends at its end is called a suffix of x. For example, for $x = banana$, it has six suffixes $banana, anana, nana, ana, na, a$. A suffix tree is a tree that includes all those suffixes as shown in Figure (a). Answer the following questions.

(1) Construct a suffix tree for $x = mississippi$.

(2) The size of a suffix tree is the number of its vertices. For instance, the size of the suffix tree of Figure (a) is ten. Discuss the size of a suffix tree for a string x of length n. Assume that x uses only a, b, c for its characters. Is the size always identical for a fixed n?

(3) Using $x = banana$ as example, describe your algorithm constructing a suffix tree quickly. (Hint: As shown below, you look at the string from left to right. Until the third character n, you just write the three strings on three edges. When the forth character comes, you insert a vertex in the middle of the edge ana.)

$$\begin{array}{ccccc} b & ba & ban & bana & \cdots \\ & a & an & ana & \cdots \\ & & n & na & \cdots \\ & & & a & \cdots \end{array}$$

(4) Show that suffix trees are useful for the problem to decide whether a string y appears in a string x as a substring (you should make a comparison to the case of the naive method).

Your questions about the problem will NOT be answered. If you think there is a flaw in the problem, first make it clear. Then make some reasonable assumption or correction and give your answer. Your answer should be easy to read, namely it is more important to make the basic idea clear rather than to go to too much detail. At the same time, if your answer is too sloppy, it would cause a doubt that you are making some fundamental misunderstanding or confusion.

A-8

以下の全ての設問に答えよ.
Answer all the questions below.

(1) 2進表現について, 以下の問に答えよ.
Answer the following questions on the binary number system.

(a) +51 および −51 を8ビットの2の補数表現で表せ.
Express +51 and −51 in the 8-bit two's complement representation.

(b) 8ビットの2の補数表現の2進数 00010001 および 11011110 を8ビット符号付き絶対値表現に変換せよ.
Convert 8-bit two's complement binary numbers 00010001 and 11011110 into the 8-bit sign-and-magnitude representation.

(c) 次の8ビットの2の補数表現の2進数体系での加算および減算の結果を示せ.
Show the results of the following additions and subtractions in the 8-bit two's complement binary number system.

(i) 01010101+10101010 (ii) 10101010+11001100
(iii) 10101010−10101011 (iv) 11001100−01010110

(d) 2の補数表現の2進数の符号拡張について説明せよ.
Explain sign-extension of a two's complement binary number.

(2) IEEE 754規格の単精度浮動小数点数について、次の問に答えよ.
Answer the following questions on IEEE 754 single-precision floating point numbers.

(a) 次の 10 進数を IEEE 754 規格の単精度2進浮動小数点表現に変換せよ.
Convert the following decimal number into IEEE 754 single-precision floating point representation.
−0.625

(b) 次の IEEE 754 規格の単精度浮動小数点数を 10 進表現に変換せよ.
Convert the following IEEE 754 single-precision floating point number into decimal representation.
0 10000001 01001000000000000000000

(3) コンピュータにおける「割込み」について説明せよ.
Explain 'interrupt' in a computer.

A-9

以下の全ての設問に答えよ.
Answer all the questions below.

(1) 以下の Scheme 手続き f について，問いに答えよ.
Answer the following questions about the Scheme procedure f defined below.

```
(define (f n g) (if (= n 0) 1 (* n (g (- n 1) g))))
```

(a) 式 `(f 10 (lambda (m g) m))` の値は何か答えよ.
Give the value of expression `(f 10 (lambda (m g) m))`.

(b) 式 `(f 6 f)` の値は何か，その理由とともに答えよ.
Give the value of expression `(f 6 f)` and explain why.

(2) 以下の用語を説明し，その上で，Scheme のメタサーキュラインタプリタ上で，手続きの適用がどのように実装されるか説明せよ.
Explain the following terms and how procedure applications are implemented in a meta-circular interpreter written in Scheme.

環境 (environment)　フレーム (frame)　束縛 (binding)　関数閉包 (function closure)

(3) 以下は，一連の Scheme 処理系への入力と処理系からの応答を示している (行頭の > は入力プロンプト，イタリック体は処理系からの返答である). この時，[(a)], [(b)], [(c)] に入る式を答えるとともに，ペアを表す箱とポインタを表す矢印を使って答えを説明せよ.
The following shows a sequence of inputs to and responses from a Scheme interpreter (">" is the input prompt and responses are in *italic*). Answer what should be in [(a)], [(b)], and [(c)]. Explain your answer using boxes representing pairs and arrows representing pointers.

```
> (define [ (a) ])
> x
((a b) (a b) (a b))
> (set-car! (cdar x) 'c)
> x
((a c) (a b) (a c))
> (set-cdr! [ (b) ] [ (c) ])
> x
((a c) (a d) (a c))
```