

平成26(2014)年度
東京大学大学院学際情報学府学際情報学専攻
(総合分析情報学コース)
入学試験問題
専門科目

(平成26年1月14日 14:00~16:00)

試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。開始の合図があるまで、下記の注意事項をよく読んでください。

(Please read the instructions on the backside.)

1. 本冊子は、総合分析情報学コースの受験者のためのものである。
2. 本冊子の本文は18ページである。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 本冊子には、計8問の問題が収録されている。この8問の中から4問を選択して解答すること。
4. 本冊子の問題には、日本語文と英語文があるが、日本語文が正式なもので、英語文はあくまでも参考である。両者に意味の違いがある場合は、日本語文を優先すること。
5. 解答用紙は4枚ある。選択した問題ごとに解答用紙1枚を使用すること。このほかにメモ用紙が1枚ある。なお、解答用紙のみが採点の対象となる。
6. 解答用紙の上方の欄に、選択した問題の番号及び受験番号を必ず記入すること。問題番号及び受験番号を記入していない答案は無効である。
7. 解答には必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用すること。
8. 解答は原則として日本語によるものとする。ただし、英語で解答しても採点の対象とする。
9. 試験開始後は、中途退場を認めない。
10. 本冊子、解答用紙、メモ用紙は持ち帰ってはならない。
11. 次の欄に受験番号と氏名を記入せよ。

受験番号	
氏名	

総合分析情報学 第1問 (Question A1)

以下の問いに答えよ。

- (1) 次の微分方程式の一般解を求めよ。

$$y'' + 4y' + 4y = e^{2x}$$

- (2) 上式を, $y(0) = \frac{1}{8}$, $y'(1) = -\frac{1}{8}$ として解け。

- (3) 放物面: $x^2 + y^2 = \alpha z$ と円柱面: $x^2 + y^2 - 2\alpha y = 0$ ($\alpha > 0$) で囲まれた部分の体積を求めよ。

- (4) 次の行列 A に対して, A^{10} を求めよ。

$$A = \begin{pmatrix} 11 & -6 & -2 \\ 20 & -11 & -4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Question A1

Answer the following questions.

- (1) Give a general solution of the following differential equation.

$$y'' + 4y' + 4y = e^{2x}$$

- (2) Solve the above differential equation with the conditions: $y(0) = \frac{1}{8}$, $y'(1) = -\frac{1}{8}$.

- (3) Calculate the volume enclosed by a paraboloid: $x^2 + y^2 = \alpha z$ and a cylindrical surface: $x^2 + y^2 - 2\alpha y = 0$ ($\alpha > 0$).

- (4) Calculate A^{10} for the following matrix A .

$$A = \begin{pmatrix} 11 & -6 & -2 \\ 20 & -11 & -4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

総合分析情報学 第 2 問 (Question A2)

バイナリデータの中の連続した値を圧縮する以下のアルゴリズムを考える。

入力データの中で、同じ値が K バイト連続しているときは、連続長を表す値 $F(K)$ とその値の計 2 バイトのデータに圧縮して出力する。そうでないときは、データ (N バイトとする) を、その長さを表す値 $G(N)$ の後にそのまま出力する。

ここで、 $F(K)$ は $0 \sim 127$ 、 $G(N)$ は $-128 \sim -1$ の整数値をとるものとする。また $G(N) = -N$ とし、 $F(K)$ が 127 より大きくなる場合と $G(N)$ が -128 より小さくなる場合は、 $F(K) = 127$ ($G(N) = -128$) のところでデータをいったん区切って出力する。

(例) 入力バイト列

```
c a a a a b b b b b b c a b a c a a a a b
```

出力バイト列

```
G(1) c F(4) a F(7) b G(5) c a b a c F(4) a G(1) b
```

以下の問いに答えよ。

- (1) 入力データの中に、同じ値が連続したバイト列が含まれない場合、このアルゴリズムにより出力されるデータの長さは、入力の長さより何パーセント減少または増加するか。有効数字 2 桁まで示せ。
- (2) このアルゴリズムでは、同じ値が p バイト以上連続した場合に圧縮が可能で、 p バイト未満の場合は圧縮しないでそのまま出力した方が良い。 p の値を答えよ。また、その理由を説明せよ。
- (3) このアルゴリズムを次のように疑似コードで記述したい。空欄 (A)、(B)、(C) の内容を疑似コードで記述せよ。

ここで、(2) の p を使って、 $F(K)$ の値は $K - p$ とする。関数 $\text{INPUT}(c)$ は入力データから c に 1 バイトを読み込み (戻り値は読み込んだ値)、入力データが終了すると EOF を返す。関数 $\text{OUTPUT}(c)$ は c の値 1 バイトを出力する。関数 $\text{OUTPUTS}(n, s)$ は、配列 $s[]$ の先頭から n バイトを出力する。配列 $s[]$ は、読み込んだバイト列を一時的に格納する変数で、格納に必要な長さが確保されているとする。

(K, N は整数変数, c, c0 はバイト変数, s[] はバイト変数配列, p は整数定数)

```
K = 0; /* 同じ値の連続バイト数 */
N = 0; /* 配列 s[] の index。 s[] に格納されているバイト数を示す */
While (INPUT(c) != EOF) { /* EOF が返されるまで以下を実行 */
    If (K == 0 && N == 0) { /* 初期状態 */
        s[N] = c; N = 1; /* 入力 c を s[] に格納 */
        c0 = c; K = 1; /* 直前の値 c0 に c を格納 */
        Continue; /* 次の入力へ */
    }
    If (c != c0) {
        (A)
    } Else {
        (B)
    }
}
(C)
```

Question A2

Consider the following algorithm to compress successive values in the binary data. When the same value is continuing for K bytes in the input data, 2 bytes of data are output for compression that consist of $F(K)$ which is representing run length and one byte of the value. Otherwise, the byte string of N bytes is output preceded by $G(N)$ which is representing the length of the string.

Here, $F(K)$ takes integer values from 0 to 127, and $G(N)$ takes integer values from -128 to -1 . $G(N) = -N$ and when $F(K)$ becomes larger than 127 or $G(N)$ becomes smaller than -128 , input string is separated at $F(K) = 127$ ($G(N) = -128$).

ex) Input byte string

c a a a a b b b b b b b c a b a c a a a a b

Output byte string

G(1) c F(4) a F(7) b G(5) c a b a c F(4) a G(1) b

Answer the following questions.

- (1) Suppose that there are no consecutive sequences of the same value in the input byte string. Answer the decreased or increased percentage (to two significant figures) of the length of the output byte string compare to the input when using this algorithm.
- (2) When using this algorithm, input can be compressed (using $F(K)$) when the same value is continuing for p bytes or more, and it is better to output without compression (using $G(N)$) when the same value is continuing for less than p bytes. Answer the value of p and explain the reason.
- (3) The following pseudo code describes this algorithm. Fill (A), (B), and (C). Here, $F(K)$ is set to $K - p$ using p in (2). The function INPUT(c) reads one byte data from input into c (the return value is its value) and return EOF when input is finished. The function OUTPUT(c) outputs the value of c (one byte data). The function OUTPUTS(n,s) outputs the first n bytes of array $s[]$. The array $s[]$ is for temporarily storing the input byte string and has enough length.

(K, N are integers, c and c0 are bytes, s[] is an array of bytes, p is a constant integer)

```
K = 0; /* The number of bytes of the same value */
N = 0; /* Index of array s[ ], the number of bytes stored in s[ ] */
While (INPUT(c) != EOF) { /* do the following until input is EOF */
    If (K == 0 && N == 0) { /* Initial state */
        s[N] = c; N = 1; /* store the input byte c into s[ ] */
        c0 = c; K = 1; /* store c into the previous value c0 */
        Continue; /* to the next input */
    }
    If (c != c0) {
        (A)
    } Else {
        (B)
    }
}
(C)
```

総合分析情報学 第3問 (Question A3)

(1) 以下はC言語で記述された関数である:

```
int T(int x, int y, int z) {
    if (x <= y) {
        return y;
    } else {
        return T(T(x - 1, y, z), T(y - 1, z, x), T(z - 1, x, y));
    }
}
```

- (a) $T(4, 1, 2)$ の戻り値を求めよ。その際に呼び出される全ての T を, その引数とともに実行順に記せ。
- (b) T と同じ値を返すが, 関数の呼び出し回数が少なくすむような $T2(\text{int } x, \text{int } y, \text{int } z)$ を記述せよ。
- (c) $T2(4, 1, 2)$ を実行する際に呼び出される全ての $T2$ を, その引数とともに実行順に記せ。
- (2) $\Phi = \{a, b\}$ を終端記号の集合, $L \subseteq \Phi^*$ を以下の文脈自由文法 (Context-Free Grammar (CFG)) によって記述された言語とする。

$$\begin{aligned} S &\rightarrow ABa \\ A &\rightarrow bB \\ B &\rightarrow aB \mid Ab \mid \epsilon \end{aligned}$$

文字列 ba は以下のように導出できるので L に属することがわかる。

$$S \rightarrow ABa \rightarrow bBBa \rightarrow ba$$

文字列 $bbbaaa$ が L に属することを, 上記のような導出と共に示せ。

Question A3

(1) Consider the following C program:

```
int T(int x, int y, int z) {
    if (x <= y) {
        return y;
    } else {
        return T(T(x - 1, y, z), T(y - 1, z, x), T(z - 1, x, y));
    }
}
```

- (a) Give the return value of $T(4, 1, 2)$. Write down all the function calls to T with parameters in the order of execution.
 - (b) Implement $T2(\text{int } x, \text{int } y, \text{int } z)$ that returns the same value of function T , but requiring the fewer numbers of function calls.
 - (c) On computing $T2(4, 1, 2)$, write down all the function calls to $T2$ with parameters in the order of execution.
- (2) Let $\Phi = \{a, b\}$ denote a set of terminal symbols (i.e., alphabet) and let $L \subseteq \Phi^*$ denote the language represented by the Context-Free Grammar (CFG) below:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow ABa \\ A &\rightarrow bB \\ B &\rightarrow aB \mid Ab \mid \epsilon \end{aligned}$$

The string ba belongs to L , as shown in the derivation below:

$$S \rightarrow ABa \rightarrow bBBa \rightarrow ba$$

Show that the string $bbbaaa$ belongs to L , by providing a derivation as above.

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

- (1) キャッシュメモリに関する以下の問いに答えよ。
 - (a) キャッシュメモリの書き込み方式である，ライトスルー方式とライトバック方式を比較して，それらの得失を述べよ。
 - (b) 仮想記憶の実現に用いられるキャッシュメモリである，TLB (Translation Lookaside Buffer) の機能と主要な構造を説明せよ。

- (2) パイプラインアーキテクチャに関する以下の問いに答えよ。
 - (a) プログラムに条件分岐が含まれていると，パイプラインがうまく動作しないのはなぜか説明せよ。
 - (b) 上記の問題を解決するための代表的な手法を説明せよ。
 - (c) パイプラインがうまく動作しない他の例をもう一つ挙げて，うまく動作しない理由とその代表的な解決方法を説明せよ。

Question A4

- (1) Answer the following questions on cache memory.
 - (a) Compare the two methods of cache memory write: write-through and write-back, and discuss their advantages and disadvantages.
 - (b) Explain functions and outline of organization of TLB (Translation Lookaside Buffer) which is a kind of cache memory used for the implementation of virtual memory.

- (2) Answer the following questions on pipeline architecture.
 - (a) Explain why pipeline does not work well in case that a program includes conditional branches.
 - (b) Explain the representative methods for solving the above problem.
 - (c) Show another example where pipeline does not work well, and explain the reason and solution of the example.

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

仮想記憶のページングに関する以下の問いに答えよ。

- (1) プロセスごとに固定したページ枠を割り当て、その中でページの置換えを行う局所ページ置換え方式と、主記憶中の全ページ枠をすべてのプロセスで利用しあう大域ページ置換え方式を比較し、両者の利害得失を論ぜよ。
- (2) ページ置換えアルゴリズムとしてLRUを適用するには近似が必要である。その理由と、参照ビットを用いた近似法を1つ挙げ、その概要を説明せよ。
- (3) ページ置換えアルゴリズムとしてFIFOを用いた場合、(2)と比較して、どのようなページが誤って置き換えられる可能性があるか。また、このような誤った置換えに対して、ディスクアクセスを引き起こさないようにするには、どのような対策が考えられるか述べよ。
- (4) 共有メモリ型マルチプロセッサシステムでは、参照ビットを操作するページ置換え方式が効率的に実現できない場合がある。それはどのような理由によるものか説明せよ。

Question A5

Answer the following questions about page replacement strategies.

- (1) Compare the local page replacement strategy in which a fixed number of pages are allocated to each process and the global page replacement strategy in which pages to be replaced are chosen from all available page frames in main memory, and discuss merits and demerits of these strategies.
- (2) LRU approximation algorithms are used in practical systems. Describe the reason why, and explain an example of LRU approximation algorithms which uses a reference bit.
- (3) What kind of pages can be wrongly replaced for FIFO replacement algorithm? What mechanisms can be used to avoid disk accesses for such a wrong replacement choice?
- (4) In shared-memory multiprocessor systems, the page replacement algorithm that manipulates a reference bit may cause performance degradation. Explain the reason.

総合分析情報学 第 6 問 (Question A6)

インターネットプロトコルについて以下の問いに答えよ。

- (1) インターネットプロトコルにおける 5 層のスタックの図を描き, それぞれ, (i) 何と何の間を接続するプロトコルであるか, (ii) どのようなサービスを実現するか, の 2 つを簡潔に説明せよ。
- (2) インターネットプロトコルにおける「カプセル化」とは何か? プロトコルスタックとパケットの図を用いて簡潔に説明せよ。
- (3) 以下の各プロトコルのうち 3 つを選んで, (i) 各略号が示すプロトコル名, (ii) どの層における, どのようなサービスを実現するために, (iii) どの層に実現されたプロトコルであるかを簡潔に説明せよ。
 - (a) BGP
 - (b) DHCP
 - (c) ARP
 - (d) OSPF
 - (e) RIP
 - (f) DNS
- (4) 第 2 層と第 3 層で使用されるネットワークインターフェースを識別するためのアドレスについて相違点がわかるように簡潔に説明せよ。また, なぜ, 一方のアドレスでは不十分であるのか説明せよ。
- (5) 第 4 層で使用されるプロトコルのうち世の中で一番利用率の高いプロトコルを挙げ, なぜ, そのプロトコルの利用率が高いかをアプリケーションの観点から述べよ。
- (6) 前問のプロトコルを用いて, エンドシステム A からエンドシステム B へデータ転送を行う際に, 5 層のスタックの各プロトコルにおいてどのような手順で通信が行われるか, できるだけ詳細に記述せよ。ただし, 適切な前提を仮定してよい。
- (7) 前問において, A と B の間の RTT (Round Trip Time) が 100 msec の場合に, 10 Gbps の帯域を実現する場合に生じると考えられる問題を述べよ。

Question A6

Answer the following questions regarding the Internet protocols.

- (1) Draw the sketch of 5 layers of the Internet protocol stacks, and for each layer, briefly explain (i) between what entities it is defined, and (ii) what service(s) it defines.
- (2) Explain what “encapsulation” means in the Internet protocols, drawing the sketch of protocol stacks and a packet layout.
- (3) Select three protocols from the following list and for each of them, briefly explain (i) what it stands for, (ii) what service(s) it defines for which layer (iii) which layer it is implemented.
 - (a) BGP
 - (b) DHCP
 - (c) ARP
 - (d) OSPF
 - (e) RIP
 - (f) DNS
- (4) Briefly explain the difference(s) in the addressing schemes for identifying network interfaces in Layer 2 and Layer 3. Also explain why either of the two addressing methods is not enough.
- (5) Among the protocols defined for Layer 4, give the one that most frequently used today and explain why it is used most from the applications point of view.
- (6) Explain in as much detail as possible how the data transfer between two endsystems A and B is achieved in each of the 5 layer protocol stacks, when A and B are using the protocol in the previous question. Assume appropriate conditions.
- (7) In the previous question, if the RTT (Round Trip Time) between A and B is 100 msec, give possible problems caused when they need to achieve 10 Gbps bandwidth.

総合分析情報学 第7問 (Question A7)

(1) 以下のブール式を簡約化せよ。なお，簡約化の計算過程を示せ。

(a) $F(x, y, z) = \Sigma(2, 3, 4, 5) = xy'z + xy'z' + x'yz + x'yz'$

(b) $G(w, x, y, z) = w'z + xz + x'y + wx'z$

(2) 論理回路に関する以下の問いに答えよ。

(a) 1 bit の全加算器を設計し，真理値表とゲート図を示せ。

(b) 2 入力，4 出力をもつデコーダを設計し，真理値表とゲート図を示せ。

(c) 4 入力，1 出力，2 入力制御をもつマルチプレクサを設計し，そのゲート図を示せ。

(d) 以下の表 A7-1 で示す 4 命令からなる 1 bit ALU を設計し，その論理回路の構成図を上記 (a), (c) で作成したユニットを使って示せ。その ALU は， X , Y , C_{in} (Carry-in) の 3 データ入力と Z , C_{out} (Carry-out) の 2 データ出力，2 bit の制御入力 (Control) をもつ。

表 A7-1: 1 bit ALU の 4 命令

Control 1	Control 0	演算
0	0	$X + Y + C_{in} \rightarrow Z, C_{out}$
0	1	$X \& Y \rightarrow Z$
1	0	$X \text{ or } Y \rightarrow Z$
1	1	$X \rightarrow Z$

Question A7

(1) Simplify the following Boolean expressions, showing the calculation processes.

(a) $F(x, y, z) = \Sigma(2, 3, 4, 5) = xy'z + xy'z' + x'yz + x'yz'$

(b) $G(w, x, y, z) = w'z + xz + x'y + wx'z$

(2) Answer the following questions on logic circuit.

(a) Design 1-bit full-adder, and show its truth table and logic gate diagram.

(b) Design a decoder with 2-bit input and 4-bit output, and show its truth table and logic gate diagram.

(c) Design a multiplexer with 4-bit data input, 1-bit data output, and 2-bit control input, and show its logic diagram.

(d) Design 1-bit ALU which has four operations specified in Table A7-1 below, and show its logic diagram using units designed above (a) and (c). The ALU has three data inputs: X , Y , and C_{in} (Carry-in), two data outputs: Z and C_{out} (Carry-out), and a 2-bit control input.

Table A7-1: Four operations of 1-bit ALU

Control 1	Control 0	Operation
0	0	$X + Y + C_{in} \rightarrow Z, C_{out}$
0	1	$X \& Y \rightarrow Z$
1	0	$X \text{ or } Y \rightarrow Z$
1	1	$X \rightarrow Z$

総合分析情報学 第 8 問 (Question A8)

- (1) 空間情報に関する以下の (a) から (c) の語句群それぞれについて、各語の意味を相互に関連させながら説明せよ。
- (a) 位置情報，空間（座標）参照系，位置特定
 - (b) 空間相互作用，重力モデル，ネットワーク距離
 - (c) 持続可能性，スマートシティ，情報技術
- (2) 地図と情報表現に関する以下の各問いに答えよ。
- (a) Aさんは、東京 23 区の人口についての主題図を作成したいと考えている。どのような主題図を作成すればよいか、各区の人口を表現する方法を明らかにしながら、具体的に述べよ。
 - (b) Bさんは、東京 23 区の人口密度についての主題図を作成したいと考えている。どのような主題図を作成すればよいか、各区の人口密度を表現する方法を明らかにしながら、具体的に述べよ。
 - (c) 東京 23 区の人口と人口密度を比較するために、上記で Aさんと Bさんが作成した 2つの主題図を重ね合わせたところ、背景に用いた地図にずれが見られた（互いに正確に重なり合わなかった）。その原因として考えられることを簡潔に議論せよ。ただし地図の縮尺は同じであるとする。

Question A8

- (1) Explain the following three sets of terms concerning geospatial information, by clarifying the relationships between the terms within each set.
 - (a) location information, spatial reference (coordinate) systems, location identification
 - (b) spatial interaction, gravity model, network distance
 - (c) sustainability, smart cities, information technology

- (2) Answer the following questions about maps and information presentation.
 - (a) Person A wants to create a thematic map of the population of the 23 wards of Tokyo. Give a concrete example of such a map by clarifying the method for representing the population of each ward.
 - (b) Person B wants to create a thematic map of the population density of the 23 wards of Tokyo. Give a concrete example of such a map by clarifying the method for representing the population density of each ward.
 - (c) When you overlaid the two thematic maps created by Persons A and B to compare the population and population density of the 23 wards, you found that the background maps did not match exactly. Discuss possible reasons for the discrepancy concisely, assuming that the map scale was the same.

Entrance Examination
for Applied Computer Science Course,
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,
The University of Tokyo.
Academic Year 2014
(14:00-16:00, January 14th, 2014)

Directions: Do not open this booklet before the examination begins.
Read the following instructions carefully.

1. This booklet is for the examinees in Applied Computer Science Course, Graduate School of Interdisciplinary Information Studies.
2. This booklet includes 18 pages. Report missing, misplaced, and imperfect pages to the instructor.
3. This booklet includes eight questions. Select any four questions and answer only those four.
4. Each question is described both in Japanese and in English. Use the Japanese version primarily; the English version is provided for the reference purpose only.
5. There are four answer sheets and a scratch paper. Use one answer sheet per question. A scratch paper is provided for calculation. Only the answer sheets will be considered valid.
6. Write a question number and your examinee's number in the designated boxes located at the top of each answer sheet. The answer missing a question number and/or an examinee's number will not be considered valid.
7. Use only black pencils (or black mechanical pencils).
8. Answer the questions in Japanese as a general rule, although you are also allowed to answer in English.
9. Do not leave the room until the examination is finished.
10. Do not take away this booklet, the answer sheets, and the scratch paper.
11. Write your examinee's number and your name in the designated boxes below.

Examinee's Number	
Name	