

平成25（2013）年度  
東京大学大学院学際情報学府学際情報学専攻  
修士課程（総合分析情報学コース）  
入学試験問題  
専門科目

（平成25年1月15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16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.

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{2x + xy^2}{2y + x^2y}$$

- (2) 上で求められた一般解から,  $y(1) = 3$  を満たす特解を求めよ.

- (3) 次の行列の固有値を求めよ.

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

- (4) 上の行列  $A$  に対して  $P^{-1}AP$  が対角行列となるような適当な正則行列  $P$  を求めよ.

- (5) 関数  $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$  について,  $1/r$  の勾配  $\nabla 1/r$  を求めよ.

## Question A1

Answer the following questions.

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

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{2x + xy^2}{2y + x^2y}$$

- (2) Calculate the particular solution that satisfies  $y(1) = 3$  of the general solution calculated above.
- (3) Calculate the eigenvalues of the following matrix.

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

- (4) Give a suitable regular matrix  $P$  for the above matrix  $A$  so that  $P^{-1}AP$  may be a diagonal matrix.
- (5) Calculate the gradient  $\nabla 1/r$  of  $1/r$  for the function  $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ .

## 総合分析情報学 第2問 (Question A2)

頂点集合  $V$ , 辺集合  $E$ , 辺の長さを表す重み関数  $c: E \rightarrow R$  の3項組で表現されるグラフ  $G = (V, E, c)$  と  $V$  の1頂点  $s$  が与えられたとき,  $s$  からほかのすべての頂点への最短経路の長さ (以下, 最短距離) を求めるダイクストラのアルゴリズムについて, 以下の3つの問いに答えよ. ダイクストラのアルゴリズムの疑似コードは以下の通りである. なお, 各辺  $(u, v)$  の重み  $c(u, v)$  は2次元配列で与えられているものとし, 辺が存在しないところの重みは無量大  $\infty$  とする.

```

for (各頂点  $v \in V$ )  $D[v] = \infty$ .
 $X = \emptyset, D[s] = 0$ .
while ( $X \neq V$ ) {
     $V - X$  の中で  $D$  の値が最小の頂点を  $u$  とする.
     $X = X \cup \{u\}$  とする.
    for (頂点  $u$  に接する各辺  $(u, v)$  s.t.  $v \in V - X$ )
         $D[v] = \min(D[v], D[u] + c(u, v))$ .
}

```

- (1) 図 A2 にあるグラフに対してダイクストラのアルゴリズムを適用した際の, 1回目の動作が, 表 A2 に示されている. ここで,  $s$  から  $d$  までのアルファベットは各頂点を,  $\odot$  は  $X$  の要素であることを,  $\times$  は  $V - X$  の要素であることを,  $\ominus$  はその繰り返りで  $X$  の要素になったことを示している. このとき, 2回目以降, すべての点の最短距離が得られるまでの動作の様子を表 A2 と同様な形式で示せ.

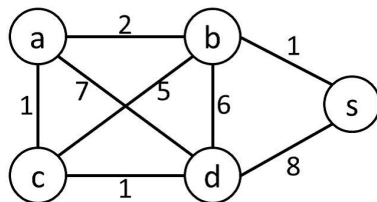


図 A2

回数	変数	$s$	$a$	$b$	$c$	$d$
1回目	$X$	$\odot$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$
	$D$	0	$\infty$	1	$\infty$	8

表 A2

- (2) 上に提示した疑似コードにおいて, 頂点  $s$  からの最短距離だけでなく最短経路も求めるには, どのようにしたら良いか説明せよ (言葉で説明すれば良い). また, 図 A2 にあるグラフにおいて, 頂点  $s$  から頂点  $d$  へ至る最短経路を示せ.
- (3) グラフ  $G$  は隣接行列で表現されているものとする. このとき, 頂点の数を  $n$ , 辺の数を  $m$  として, ダイクストラのアルゴリズムの時間計算量を求めよ. ただし,  $X$  と  $D$  の初期化にかかる時間計算量は無視して良い.

## Question A2

Given  $G = (V, E, c)$  and a source vertex  $s$  in  $V$  where  $V$  denotes a vertex set,  $E$  denotes an edge set,  $c$  denotes a weighting function  $c : E \rightarrow R$  representing the length of the edge, answer the following three questions about the Dijkstra's algorithm that finds the lowest weight (the shortest distance, in what follows) between the source vertex  $s$  and every other vertex. The pseudocode of the algorithm is shown below. The weight  $c(u, v)$  for each edge  $(u, v)$  is assumed to be given in the form of two-dimensional array and, if there is no edge between two vertices, the weight is set to be  $\infty$ .

```

for (each vertex  $v \in V$ )  $D[v] = \infty$ .
 $X = \emptyset, D[s] = 0$ .
while ( $X \neq V$ ) {
     $u =$  the vertex with the smallest value of  $D$  in  $V - X$ .
     $X = X \cup \{u\}$ .
    for (each edge  $(u, v)$  s.t.  $v \in V - X$  which is tangent at the vertex  $u$ )
         $D[v] = \min(D[v], D[u] + c(u, v))$ .
}

```

- (1) The processing in the first step is shown in Table A2 when the Dijkstra's algorithm is applied to the graph shown in Figure A2. Here, the alphabets  $s, a, b, c, d$  denote vertices,  $\odot$  shows that a vertex is an element of  $X$ ,  $\times$  shows that a vertex is an element of  $V - X$ , and  $\odot$  shows that a vertex becomes an element of  $X$  in this step. Show, in the same way as in Table A2, all the processing of the algorithm from the second step to the last step that finds the shortest distance from the source vertex  $s$  to every other vertex.

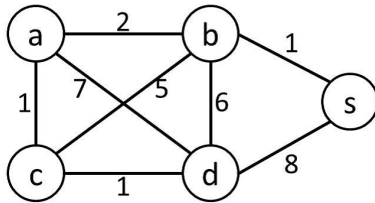


Figure A2

Step	Variables	$s$	$a$	$b$	$c$	$d$
First	$X$	$\odot$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$
	$D$	0	$\infty$	1	$\infty$	8

Table A2

- (2) Explain how you can modify the above pseudocode in order to find not only the shortest distance from the source vertex  $s$  but also the shortest path from  $s$  (describe in words). Also, show the shortest path from the vertex  $s$  to the vertex  $d$  in the graph shown in Figure A2.
- (3) The graph  $G$  is assumed to be given in the form of adjacency matrix. Calculate the time complexity of the Dijkstra's algorithm when the number of vertices is  $n$  and the number of edges is  $m$ . Here, you can ignore the time complexity needed for initializing  $X$  and  $D$ .

### 総合分析情報学 第3問 (Question A3)

関数  $f(x) = a(x - b)^2 + c$  を考える.  $a, b, c$  は実数定数で,  $a > 0$  かつ  $c < 0$  であるとする.  $f(x)$  の  $x = x_0$  における接線  $g(x)$  は,  $f'(x) = 2a(x - b)$  とすると  $g(x) = f'(x_0)(x - x_0) + f(x_0)$  となる. このとき, 以下の問いに答えよ.

- (1) 以下のアルゴリズムを実現する C プログラムの関数 `double func(double x0)` を示せ. ただし `x0` には  $b$  以外の任意の実数が入力されるとする. また定数  $a, b, c$  はこの関数の外側で定義されているとしてよい.
  - (a)  $x$  の現在の値を  $x_0$  とする.
  - (b) 現在の  $x$  における  $f(x)$  の接線の  $x$  切片を求め, それを新たな現在の  $x$  の値とする.
  - (c)  $x$  の値が十分収束するまで (b) を繰り返し, 最終的な  $x$  の値を返す.
- (2) 関数 `func` は何を計算しているか説明せよ.

## Question A3

Consider the function  $f(x) = a(x - b)^2 + c$ , where  $a, b, c$  are real constants,  $a > 0$ , and  $c < 0$ . The tangent line to the function  $f(x)$  at  $x = x_0$ ,  $g(x)$ , is  $g(x) = f'(x_0)(x - x_0) + f(x_0)$ , where  $f'(x) = 2a(x - b)$ . Answer the following questions.

- (1) Write a function `double func(double x0)` in C programming language that represents the following algorithm. Input `x0` is a real number and is not equal to  $b$ . Constants  $a, b, c$  are defined outside this function.
  - (a) Set the current value of  $x$  to  $x_0$ .
  - (b) Calculate the  $x$ -intercept of the tangent line to  $f(x)$  at the current value of  $x$ , and replace the value of  $x$  with the  $x$ -intercept.
  - (c) Repeat (b) until  $x$  converges sufficiently, and return the final value of  $x$ .
- (2) Explain what this function `func()` calculates.

## 総合分析情報学 第4問 (Question A4)

- (1) デッドロックに関する以下の問いに答えよ。
  - (a) デッドロックとは何か説明せよ。
  - (b) デッドロックはどのような場合に起こるか具体的な例を挙げて説明せよ。
  - (c) デッドロックを回避するための手法を1つ挙げ説明せよ。
- (2) コンピュータの資源に対する以下のアクセス制御方式がどのようなものか説明せよ。
  - (a) DAC: Discretionary Access Control
  - (b) MAC: Mandatory Access Control
- (3) タスクやスレッド間の通信方式の一つにメッセージパッシングがある。同期型メッセージパッシングと、非同期型メッセージパッシングの動作の違いを説明せよ。



## Question A4

- (1) Answer the following questions regarding deadlock.
  - (a) Define deadlock.
  - (b) Explain a possible case of deadlock with a concrete example.
  - (c) Explain an example of deadlock avoidance techniques.
- (2) Explain the following access control mechanisms for computer resources.
  - (a) DAC: Discretionary Access Control
  - (b) MAC: Mandatory Access Control
- (3) Message passing is a well-known communication method among tasks and/or threads. Message passing can be classified into two types: synchronous message passing and asynchronous message passing. Explain the difference of behaviors between both types.

## 総合分析情報学 第5問 (Question A5)

- (1) データ表現に関する以下の問いに答えよ。
  - (a) 浮動小数点数のコンピュータ上での表現の概要をビット列の図を使って説明せよ。
  - (b) Little Endian と Big Endian のアーキテクチャにおいて、多バイト長の整数（例えば、16bit 整数や 32bit 整数）がそれぞれどのように実現されるか、その違いがわかるように説明せよ。
- (2) キャッシュメモリに関する以下のメカニズムを説明せよ。
  - (a) ダイレクトマップ方式
  - (b) フルアソシアティブ方式
  - (c) セットアソシアティブ方式

## Question A5

- (1) Answer the following questions about data expressions.
  - (a) Explain the typical binary format of floating point numbers in computers, using a figure of a bit sequence of the numbers.
  - (b) Explain the difference of multi-byte integer implementation (such as 16-bit integer and 32-bit integer) between the little endian architectures and the big endian architectures.
- (2) Explain the following terminologies on cache memory.
  - (a) Direct mapped cache
  - (b) Full associative cache
  - (c) Set associative cache

## 総合分析情報学 第6問 (Question A6)

ネットワークプロトコルにおける堅牢な通信のための手法について以下の問いに答えよ。

- (1) Checksum とは何か，目的と計算方法を説明せよ。
- (2) TCP と UDP において用いられる Checksum の相違点について述べよ。
- (3) ACK と NACK の目的を説明し，これら 2 つの相違点を説明せよ。
- (4) TCP では ACK と NACK のどちらか一方，あるいは両方が用いられるかどうか明確にし，その理由を説明せよ。
- (5) CRC とは何か説明せよ。
- (6) Parity Check とは何か説明せよ。
- (7) 通信におけるエラー訂正の方法について簡単に述べよ。

## Question A6

Answer the following questions regarding robust communication in networking protocols.

- (1) What is Checksum? Explain its objectives and a calculation method.
- (2) Explain the difference between Checksums used for TCP and UDP.
- (3) Explain the objectives of ACK and NACK and clarify the difference between these.
- (4) In TCP, explain whether either ACK or NACK is used, or both are used, and tell the reason.
- (5) Explain what CRC is.
- (6) Explain what Parity Check is.
- (7) Briefly explain the error corrections in communications.

## 総合分析情報学 第7問 (Question A7)

順序回路に関する以下の問いに答えよ。

- (1) A, B, Carry-in の3入力と, Sum と Carry-out の2出力を備えた全加算器 (Full Adder) の真理値表とゲート回路図を示せ.
- (2) A, B, Borrow-in の3入力と, Sub と Borrow-out の2出力を備えた全減算器 (Full Subtractor) の真理値表を作成せよ.
- (3) (2) の真理値表を参考にして, 全減算器のゲート回路図を示せ.
- (4) C0, C1 の2ビットの制御入力により, A0~A3 の4入力から, 1つを選択して出力するマルチプレクサ (Multiplexer) を設計せよ.
- (5) AND 演算, OR 演算, 足し算, 引き算の各機能を備える, 1ビット演算装置 (ALU: Arithmetic Logic Unit) を設計せよ.

## Question A7

Answer the following questions on sequential logic circuits.

- (1) Show a truth-table and design a gate circuit of Full Adder that has 3 inputs of A, B, and Carry-in, and 2 outputs of Sum and Carry-out.
- (2) Show a truth-table of Full Subtractor that has 3 inputs of A, B, and Borrow-in, and 2 outputs of Sub and Borrow-out.
- (3) Design a gate circuit of Full Subtractor by taking into account the truth-table shown in (2).
- (4) Design Multiplexer that selects 1 output from 4 inputs of  $A_0, \dots, A_3$  with 2-bit control inputs of  $C_0$  and  $C_1$ .
- (5) Design 1-bit ALU (Arithmetic Logic Unit) that has AND, OR, Add, and Subtract functions.

## 総合分析情報学 第8問 (Question A8)

空間情報科学に関連する以下の(1)から(3)の語句のペアについて、それぞれ両者の相違や関連性が明確になるように説明せよ。

- (1) ボロノイ分割, バッファリング
- (2) 集計データ, 可変単位地区問題 (modifiable areal unit problem; MAUP)
- (3) グローバル解析, ローカル解析



## Question A8

Explain the following three pairs of terms related to spatial information science, while clarifying their differences and/or relationships.

- (1) Voronoi tessellation, buffering
- (2) Aggregate data, modifiable areal unit problem (MAUP)
- (3) Global analysis, local analysis

**Entrance Examination for Master's Program  
in Applied Computer Science Course,  
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,  
The University of Tokyo.  
Academic Year 2013  
(14:00-16:00, January 15th, 2013)**

**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 16 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 scratch paper. Use one answer sheet per question. 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.

<b>Examinee's Number</b>	
<b>Name</b>	