

平成27(2015)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27年1月13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)

(1) 以下の問いに答えよ。

- (a) ベクトル場 $\boldsymbol{v} = (x^2z, -xy^3z^2, xy^2z)$ に対して, 地点 $A(1, 2, 3)$ における $\operatorname{div} \boldsymbol{v}$ および $\operatorname{rot} \boldsymbol{v}$ を求めよ。
- (b) スカラー関数 $f = 2x^2 + 3y^2 + 4z^2$ に対して, $\boldsymbol{\varphi} = \operatorname{grad} f$ とした場合について, $\operatorname{div} \boldsymbol{\varphi}$ と $\operatorname{rot} \boldsymbol{\varphi}$ をそれぞれ求めよ。

(2) 以下の問いに答えよ。

- (a) 関数 $f(x)$ の $(n-1)$ 階導関数 $f^{(n-1)}(x)$ が連続かつ n 階導関数 $f^{(n)}(x)$ が存在するものとする。このとき, 微小量 h に対して $f(x+h)$ と $f(x-h)$ をそれぞれ $f^{(4)}(x)$ までテイラー級数展開せよ。
- (b) 上記結果から展開の高次項を適切に打ち切ることにより, $f^{(1)}(x)$ と $f^{(2)}(x)$ を, $f(x+h)$ と $f(x-h)$ さらに必要があれば $f(x)$ も用いて近似せよ。

Question A1

(1) Answer the following questions.

- (a) Calculate $\operatorname{div} \mathbf{v}$ and $\operatorname{rot} \mathbf{v}$ for vector field $\mathbf{v} = (x^2z, -xy^3z^2, xy^2z)$ at point $\mathbf{A}(1, 2, 3)$.
- (b) Calculate $\operatorname{div} \boldsymbol{\varphi}$ and $\operatorname{rot} \boldsymbol{\varphi}$ for $\boldsymbol{\varphi} = \operatorname{grad} f$ where f is a scalar function of $f = 2x^2 + 3y^2 + 4z^2$.

(2) Answer the following questions.

- (a) Assume that the $(n-1)$ th-order derivative $f^{(n-1)}(x)$ of the function $f(x)$ is continuous and the n th-order derivative of the function $f(x)$ exists. Make the Taylor expansions of $f(x+h)$ and $f(x-h)$ up to $f^{(4)}(x)$ for small quantity h .
- (b) Make approximate expression of $f^{(1)}(x)$ and $f^{(2)}(x)$ using $f(x+h)$ and $f(x-h)$ as well as $f(x)$ if necessary by terminating the higher-order term of the above results.

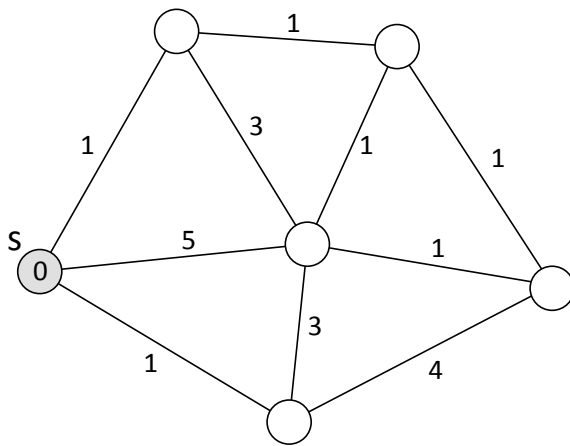
総合分析情報学 第2問 (Question A2)

頂点の集合 V と辺の集合 E から成るグラフ $G = (V, E)$ において、各辺 $e \in E$ の長さが非負数 $length(e)$ で定義されているものとする。

(1) 以下は、始点となる頂点 s から各頂点 v への最短距離 $d(v)$ を求めるアルゴリズムを疑似コードで記述したものである (ただし $s, v \in V$)。疑似コード中の (i) を埋めよ。複数行になってもよい。

```
各  $v \in V$  に対し,  $d(v) \leftarrow (v = s$  ならば  $0$ , それ以外は  $\infty$ )  
 $Q \leftarrow V$   
while ( $Q$  が空ではない)  
    (i)  
end
```

(2) 以下のグラフに (1) のアルゴリズムを適用し、頂点 s から各頂点への最短距離を求めよ (グラフを解答用紙に転記し、各頂点に最短距離を記入せよ)。



(3) 与えられたグラフ $G = (V, E)$ が木であるかどうかを判定するアルゴリズムを疑似コードで記述せよ。

Question A2

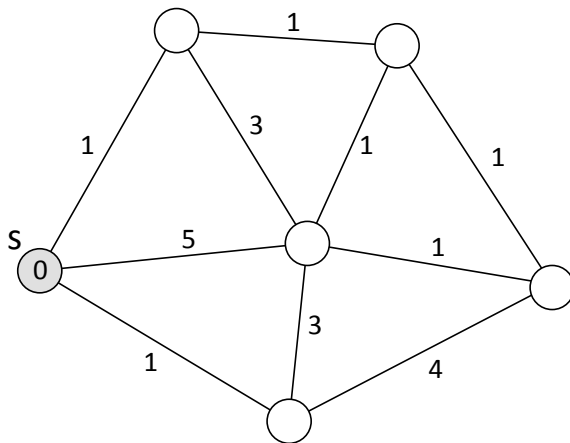
Let $G = (V, E)$ be a graph with a set of nodes V and a set of edges E . Each edge $e \in E$ has a non-negative value $length(e)$.

- (1) Below is an algorithm written as pseudo-code that calculates the shortest distance $d(v)$ for each node v from the given start node s ($s, v \in V$). Fill (i) in the pseudo-code. (i) may contain multiple lines.

```

for each  $v \in V$ ,  $d(v) \leftarrow (0 \text{ if } v = s, \text{ otherwise } \infty)$ 
 $Q \leftarrow V$ 
while ( $Q$  is not empty)
    (i)
end
    
```

- (2) Apply the algorithm described in (1) to the below graph, and calculate the shortest distance for each node from the node s . (Copy the graph to the answer sheet, and write the shortest distance on each node.)



- (3) Describe an algorithm as pseudo-code that determines whether a given graph $G = (V, E)$ is a tree or not.

総合分析情報学 第3問 (Question A3)

フィボナッチ数列とは，下記のように直前の項とその1つ前の項の和が次の項となるような数列である。

第1項	第2項	第3項	第4項	第5項	第6項	第7項	第8項	...	第 n 項
1	1	2	3	5	8	13	21	...	$F(n)$

- (1) フィボナッチ数列の第 n 項のフィボナッチ数 $F(n)$ を求める以下のC言語のサブルーチン fib(n) の (i) を埋めよ。複数行になってもよい。

```
int fib(int n) {  
      
}
```

- (2) 任意の正の整数 N は，それを超えない最大のフィボナッチ数 $F(n)$ と残りの数 M に分割できる。

$$N = F(n) + M$$

また M も，それを超えない最大のフィボナッチ数 $F(m)$ と残りの数 L に分割できる。

$$M = F(m) + L$$

これを繰り返して，与えられた正の整数 N をフィボナッチ数 $F(n), F(m), \dots$ に分割して整数配列 AF[] に格納する以下のC言語のサブルーチン fib_split(N) の (ii) を埋めよ。複数行になってもよい。なお，整数配列の Fb[0] から Fb[45] には，フィボナッチ数 $F(1)$ から $F(46)$ が格納されているとせよ。また N は $F(46)$ を超えないものとする。

```
int Fb[46]; /* F(1) から F(46) が格納済 */  
int AF[46]; /* F(n), F(m), ... を格納する配列 */  
int I = 0; /* 配列 AF のインデックス */  
int fib_split(int N) {  
      
}
```

Question A3

The Fibonacci sequence is a sequence of numbers as described below in which the next term is the sum of the last term and the previous term of it.

1 st term	2 nd term	3 rd term	4 th term	5 th term	6 th term	7 th term	8 th term	...	n^{th} term
1	1	2	3	5	8	13	21	...	$F(n)$

- (1) Fill (i) in the following subroutine `fib(n)` written by C language which obtains the Fibonacci number $F(n)$ that is the n -th term of the Fibonacci sequence. (i) may contain multiple lines.

```
int fib(int n) {
    (i)
}
```

- (2) For any positive integer N , it is possible to split it into the largest Fibonacci number $F(n)$ which does not exceed N and the remainder M .

$$N = F(n) + M$$

And as for M , it is also possible to split it into the largest Fibonacci number $F(m)$ which does not exceed M and the remainder L .

$$M = F(m) + L$$

Fill (ii) in the following subroutine `fib_split(N)` written by C language that splits a given positive integer N into the Fibonacci numbers $F(n), F(m), \dots$ by repeating the procedure above and stores them in an integer array `AF[]`. (ii) may contain multiple lines. Assume that the Fibonacci numbers from $F(1)$ to $F(46)$ are already stored in elements of an integer array `Fb` (from `Fb[0]` to `Fb[45]`). Assume that N does not exceed $F(46)$.

```
int Fb[46]; /* From F(1) to F(46) are already stored */
int AF[46]; /* Array in which F(n), F(m), ... will be stored */
int I = 0; /* Index of the array AF */
int fib_split(int N) {
    (ii)
}
```

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

(1) マルチコアアーキテクチャに関する以下の問いに答えよ。

(a) マルチコアアーキテクチャの定義と利点を説明せよ。

(b) プログラムの中で90%が並列処理可能であるとする。このプログラムを4コアのプロセッサで実行したときに、コアあたりの性能が同じシングルコアプロセッサで実行する場合と比べて、どの程度の性能向上が見込めるか論ぜよ。

(2) キャッシュメモリに関する以下の問いに答えよ。

キャッシュメモリのヒット率が95%であり、キャッシュメモリへのアクセス時間が5ナノ秒、メインメモリへのアクセス時間が60ナノ秒であるとする。なお、60ナノ秒は、キャッシュミスが起きた後に要する時間である。このとき、平均アクセス時間を求めよ。

Question A4

- (1) Answer the following questions on multi-core architecture.
 - (a) Answer the definition and advantages of multi-core architecture.
 - (b) Consider a program in which 90% of its code can be executed in parallel. Discuss the performance improvement when the program is executed on a 4-core processor, in comparison with the execution by a single core processor with the same performance per core.

- (2) Answer the following question on cache memory.

A cache system has a 95% hit ratio, an access time of 5 nsec on a cache hit and an access time of 60 nsec on a main memory access. 60 nsec is the necessary time after the cache miss. Answer the average access time.

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

多くのファイルシステムでは、空き領域の管理にビットマップ方式が用いられている。ビットマップ方式では、ハードディスクの空きブロックをビットマップ(ビットベクタ)で管理する。各ブロックを1ビットで表し、例えば、ブロックが空いていれば1、使用中であれば0とする。この方式について、以下の問いに答えよ。

- (1) 利用可能なディスク領域の大きさが M バイト、ファイルシステムのブロックサイズが B バイトのとき、必要となるビットマップテーブルの大きさをビット数で表せ。
- (2) 空き領域の管理の別な方式として、ディスクのすべての空きブロックをリストでつないで管理する連結リスト方式がある。連結リスト方式とビットマップ方式を比較し、それらの利点と欠点を述べよ。
- (3) ファイル領域の割り当て方式として、連続割り当て方式と索引割り当て方式がある。連続割り当て方式では、ファイルの領域を割り当てるのに、ディスク上の連続するブロックを割り当てる。索引割り当て方式では、ファイルの領域を割り当てるのに、任意の空きブロックを利用することができ、ファイルの各ブロックの位置は索引に登録される。これら2つの方式を比較し、それぞれの利点と欠点を述べよ。
- (4) ビットマップテーブルの先頭部分が 1001 1101 1000 0000 であったとする。ここで新たなファイルを作成し、6ブロックを使用したとすると、ビットマップがどうなるか答えよ。(3)の2つの割り当て方式のそれぞれに対して答えること。空きブロックは、常に先頭から順に使用するものとする。索引やその他の制御情報を格納するブロックは考えなくてよい。
- (5) ディスク上の空きブロックのビットマップが破損したとき、それを復旧する方法について述べよ。

Question A5

In many file systems, the bitmap scheme is used for free-space management. In the bitmap scheme free blocks in a hard disk are managed as a bitmap or bit vector. Each block is represented by 1 bit. For example, if the block is free, the bit is 1; if the block is allocated, the bit is 0. Answer the following questions about this scheme.

- (1) Assuming an available disk size of M bytes and a block size of B bytes, what does the size of the bitmap have to be? Give your answer in bits.
- (2) Another scheme for free-space management is the linked-list scheme in which all the free disk blocks are linked together. Compare the linked-list scheme and the bitmap scheme, and discuss their merits and demerits.
- (3) There are at least two file space allocation schemes: the contiguous allocation and the indexed allocation. The contiguous allocation requires that each file occupies a set of contiguous blocks on the disk. In the indexed allocation, any free block on the disk can be used for more space and each block of a file is pointed by the index. Compare the two schemes and discuss their merits and demerits.
- (4) The beginning of the free-space bitmap looks like: 1001 1101 1000 0000. The system always searches for free blocks starting at the lowest numbered block. It is not necessary to consider the blocks for indexes and other control information. Show the bitmap after a new file is created and six blocks are allocated for that file. Answer for each file allocation scheme described in (3).
- (5) Suppose that the free-space bit map on the disk is lost. Explain how the free-space bitmap can be reconstructed.

総合分析情報学 第6問 (Question A6)

インターネットに関する以下の問いに答えよ。

- (1) ネットワークの状態を調査するために用いられる以下のツール (a)(b) それぞれに関して, (i) 目的, 及び, (ii) その目的を達成する仕組みをプロトコル名を明記しながら説明せよ。
(a) ping (b) traceroute
- (2) 以下のプロトコル (a)~(e) それぞれに関して, (i) 目的, 及び, (ii) その目的を達成するための仕組みを説明せよ。
(a) ARP (b) DHCP (c) DNS (d) OSPF (e) BGP
- (3) 図 A6-1において 端末 *PC* からウェブサイト *W* (URLは `http://www.example.com`) 上のページにアクセスする場合の以下のステップの通信を, 交換されるパケット毎のレベルで詳細に説明せよ。ただし, 図 A6-1 に記載してあるアドレスは全て説明に使用せよ。
 - (a) *PC* が DHCP サーバ *DHCP* と通信をする
 - (b) *PC* が DNS サーバ *DNS* と通信をする
 - (c) ルータ群 R_1, \dots, R_g が通信をする
 - (d) ルータ R_g がインターネットと通信をする
 - (e) *PC* がルータ R_1 と通信をする
 - (f) *PC* がルータ R_1, \dots, R_n を通して *W* と通信をする

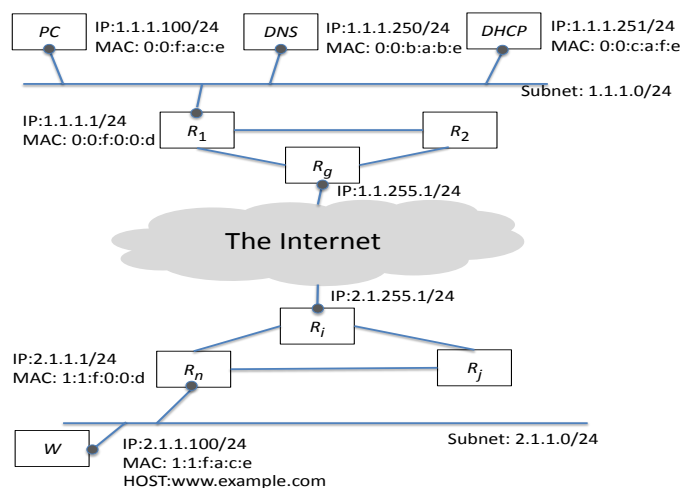


図 A6-1: ネットワークトポロジー

Question A6

Answer the following questions regarding the Internet.

- (1) Explain each of the following tools (a) and (b) to examine the status of a network in terms of (i) objectives and (ii) mechanisms that achieve the objectives explicitly including protocol names.

(a) `ping` (b) `tracert`

- (2) Explain each of the following protocols (a)~(e) in terms of (i) objectives and (ii) mechanisms that achieve the objectives.

(a) ARP (b) DHCP (c) DNS (d) OSPF (e) BGP

- (3) In Figure A6-1, explain the communication at each of the following steps at per-packet level, when terminal *PC* accesses a page at web site *W* (URL is `http://www.example.com`). Note that you have to use all the addresses denoted in Figure A6-1.

- (a) *PC* communicates with DHCP server *DHCP*
 (b) *PC* communicates with DNS server *DNS*
 (c) Routers R_1, \dots, R_g communicate with one another
 (d) Router R_g communicates with the Internet
 (e) *PC* communicates with R_1
 (f) *PC* communicates with *W* through R_1, \dots, R_n

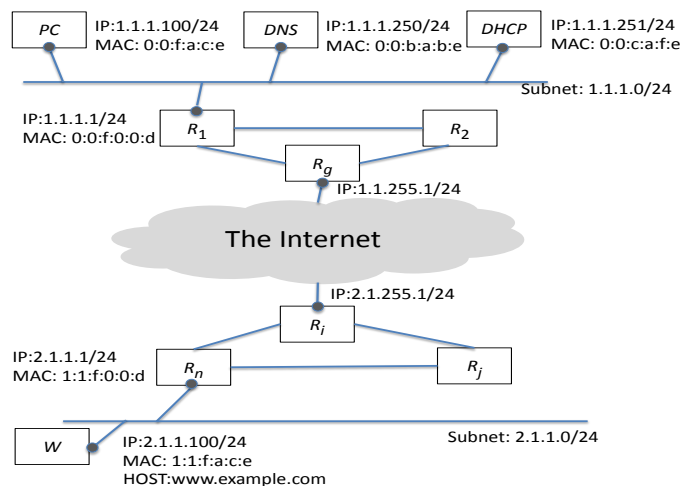


Figure A6-1: Network Topology

総合分析情報学 第7問 (Question A7)

(1) 順序回路に関する以下の問いに答えよ。

フリップフロップ F と G , 2つの入力 i と j , 1つの出力 o から構成される順序回路が , 出力値と次の状態を定義するブール代数の式で以下のように定義されている。

$$F(t+1) = \bar{i}F(t) + iG(t)$$

$$G(t+1) = \bar{i}j + iG(t)$$

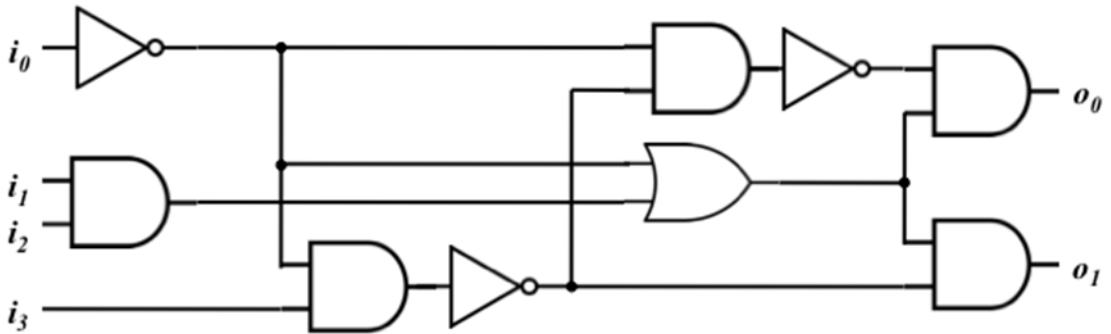
$$o = F(t)$$

(a) この順序回路のゲート回路図をかけ。

(b) この順序回路の状態遷移図をかけ。

(2) 組合せ回路に関する以下の問いに答えよ。

以下のゲート回路図で定義される4つの入力 i_0, i_1, i_2, i_3 をもつ関数として , ブール関数 o_0, o_1 を求めよ。



Question A7

- (1) Answer the following questions on sequential logic circuit.

A sequential logic circuit with two flip-flops F and G , two inputs i and j , and one output o is defined by the following Boolean algebra equations specifying the output value and the next state.

$$F(t+1) = \bar{i}F(t) + iG(t)$$

$$G(t+1) = \bar{i}j + iG(t)$$

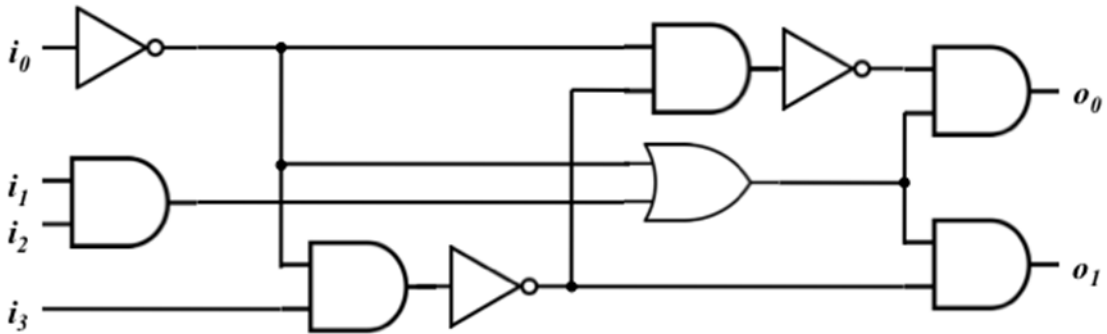
$$o = F(t)$$

- (a) Draw the logic gate diagram of the sequential circuit.

- (b) Derive the state diagram of the sequential circuit.

- (2) Answer the following question on combinational logic circuits.

Derive the Boolean functions for outputs o_0 and o_1 as a function of four inputs $i_0, i_1, i_2,$ and i_3 defined in the following logic gate diagram.



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) ~ (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) 位置情報サービス, 位置特定 (場所識別), 状況認識
- (b) ラスターデータ, ベクターデータ, 解像度
- (c) 地図投影法, 空間参照系, 歪み

(2) 空間情報と地理的現象に関して、以下の各問いに答えよ。

- (a) 私たちの日常生活において、距離が重要な役割を果たす (距離に影響を受ける) 空間現象・地理的現象の例を 1 つ挙げよ。
- (b) 上で挙げた例について、距離との関係をグラフにより概念的 (模式的) に表現し、そのグラフが意味するところを簡潔に説明せよ。
- (c) 空間現象・地理的現象の特徴について、以下の語句をすべて用いて簡潔に議論せよ。

【用いる語句】空間相互作用, 距離抵抗, 重力モデル, 空間行動

Question A8

- (1) Explain the following three sets of terms (a)~(c) concerning geospatial information, by clarifying the relationships between the terms within each set.
 - (a) location-based services, location identification, context awareness
 - (b) raster data, vector data, resolution
 - (c) map projections, spatial reference systems, distortion

- (2) Answer the following questions about spatial information and geographical phenomena.
 - (a) Give one example of a geospatial phenomenon in our daily lives that is affected by distance.
 - (b) For the example given above, show the relationship with distance conceptually or schematically as a graph, and concisely explain what it illustrates.
 - (c) Concisely discuss the characteristics of geospatial phenomena using all of the terms below.
<Terms to be used> spatial interaction, friction of distance, gravity model, spatial behavior

Entrance Examination
for Applied Computer Science Course,
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,
The University of Tokyo.
Academic Year 2015
(14:00-16:00, January 13th, 2015)

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 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	