

平成19（2007）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18年8月21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14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7問の問題が収録されている。この7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。このほかに計算用紙が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、計算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)

以下の性質を満たす確率過程  $X$  を考える。

- (a) 微小時間  $(t, t+\Delta t)$  に事象が 1 回発生する確率は  $\lambda \Delta t$  である。  
(ただし、 $\lambda$  は定数とする)
- (b) 微小時間  $(t, t+\Delta t)$  に事象が 2 回以上発生する確率は無視できる。
- (c) 事象の発生確率は時刻  $t$  に依存しない。

この確率過程  $X$  に従う事象が、時間  $(0, t)$  に  $n$  回起こる確率を  $P_n(t)$  とする。  
例えば、 $n=0$  では、上記の性質より、 $P_0(t+\Delta t) = P_0(t)(1-\lambda \Delta t)$  が成り立つ。  
このとき以下の問題に答えよ。

- (1)  $P_0(t)$  に関する微分方程式を解き、 $P_0(t)$  を  $\lambda$  と  $t$  で表せ。
- (2)  $P_n(t+\Delta t)$  を  $P_n(t)$ ,  $P_{n-1}(t)$ ,  $\lambda$ ,  $t$ ,  $\Delta t$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (3)  $P_1(t)$  に関する微分方程式を解き、 $P_1(t)$  を  $\lambda$  と  $t$  を用いて表せ。
- (4)  $P_n(t)$  に関する微分方程式を解き、 $P_n(t)$  を  $\lambda$  と  $t$  を用いて表せ。
- (5) この確率過程  $X$  の名称を答えよ。

### Question A1

Consider a probabilistic process  $X$  that satisfies the following assumptions,

- (a) The probability that an event occurs once in the small time interval  $(t, t + \Delta t)$  is  $\lambda \Delta t$ .  
( $\lambda$  is some constant)
- (b) The probability that an event occurs more than once in the small time interval  $(t, t + \Delta t)$  is negligible.
- (c) The above probability does not depend on time  $t$ .

Let  $P_n(t)$  be the probability that an event occurs  $n$  times in the time interval  $(0, t)$  following the probabilistic process  $X$ .

For example, when  $n=0$ ,  $P_0(t + \Delta t) = P_0(t)(1 - \lambda \Delta t)$  holds, according to the assumptions above.

Answer the following questions.

- (1) Solve a differential equation regarding  $P_0(t)$  and express  $P_0(t)$  using  $\lambda$  and  $t$ .
- (2) Express  $P_n(t + \Delta t)$  using necessary terms among  $P_n(t)$ ,  $P_{n-1}(t)$ ,  $\lambda$ ,  $t$ , and  $\Delta t$ .
- (3) Solve a differential equation regarding  $P_1(t)$  and express  $P_1(t)$  using  $\lambda$  and  $t$ .
- (4) Solve a differential equation regarding  $P_n(t)$  and express  $P_n(t)$  using  $\lambda$  and  $t$ .
- (5) Name this probabilistic process  $X$ .

総合分析情報学 第2問 (Question A2)

図1のような有向グラフが与えられているとし、以下の間に答えよ。

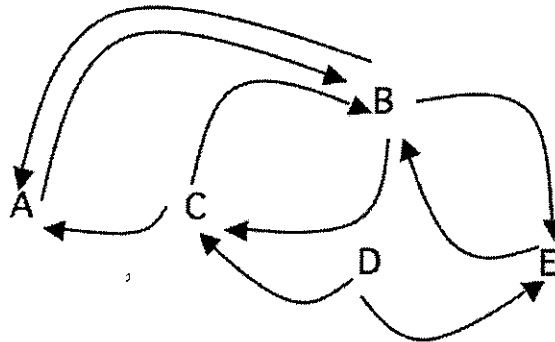


図1

- (1) ノードDからBまでの経路を「横型探索 (幅優先探索)」で求めた場合、深さ2の探索木を全て描け。
- (2) 同じくノードDからBまでの経路を「縦型探索」で求めた場合、深さが3になる場合の探索木を1つ描け。
- (3) 横型探索と縦型探索のアルゴリズムの概略をそれぞれ説明せよ。その際、以下の用語を必ず1度以上用いること。
  - スタック
  - 待ち行列
  - 開始ノード (スタートノード)
  - 目的ノード (ゴールノード)
- (4) 横型探索と縦型探索を比較して、それぞれの利点と欠点を述べよ。

Question A2

Given a directed graph depicted in Figure 1, answer the following questions.

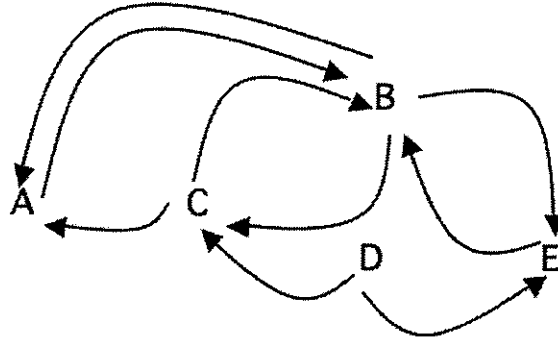


Figure 1

- (1) Draw all the search trees at depth 2 when breadth-first search is conducted to find all the paths from node D to B.
- (2) Draw a search tree at depth 3 when depth-first search is conducted to find a path from node D to B.
- (3) Sketch depth-first search algorithm and breadth-first search algorithm, using every term listed below at least once.
  - Stack
  - Queue
  - Start node
  - Goal node
- (4) Give advantages and disadvantages of depth-first search and breadth-first search, respectively.

総合分析情報学 第3問 (Question A3)

以下は、再帰アルゴリズムで実装された階乗を計算する関数である。

```
int factorial (int n)
{
    if ( n == 0 ) {
        return 1;
    } else {
        return n*factorial (n-1);
    }
}
```

- (1) nの値が大きいときにこの関数を実行すると、どのような問題点が考えられるか説明せよ。
- (2) 上記の関数factorialを、自己末尾再帰関数に書き直せ。なお自己末尾再帰関数とは、再帰呼出しが自分自身と他の演算の組み合わせになるのではなく、自分自身のみを呼び出すことで値が得られる関数をいう。
- (3) 自己末尾再帰関数は、中間変数とgoto文を用いることで、繰り返し実行アルゴリズムに変換することができる。二つの整数の最大公約数を求める以下の自己末尾再帰関数を、繰り返しアルゴリズムに変換せよ。

```
int gcd (int x, y) {
    if(y == 0) return x ;
    else return gcd (y, x%y);
}
```

### Question A3

The following program code shows a function that calculates the factorial number of integer implemented by a recursive algorithm.

```
int factorial (int n)
{
    if ( n == 0 ) {
        return 1;
    } else {
        return n*factorial (n-1);
    }
}
```

- (1) Explain what problems may occur if we execute this function with a large integer  $n$  as input.
- (2) Convert this factorial function into a self tail-recursion function. A “self tail-recursion function” means the function whose return value will be calculated by a call to only itself recursively, but not by combining a call to itself and operations with other parameters.
- (3) It is well known that we can translate self tail-recursion functions into iterative programs by introducing intermediate variables and goto command. Translate the following self tail-recursion functions for G.C.D. of two integers into iterative programs.

```
int gcd (int x, y){
    if(y == 0) return x ;
    else return gcd (y, x%y);
}
```

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

マシンレベルの分散並列処理アーキテクチャについて以下の問に答えよ。

- (1) 大きな粒度の並列処理を実現するために、独立した複数のコンピュータをコンピュータネットワーク上に分散配置して相互に協調させる方式を分散処理と呼ぶ。これらの分散されたコンピュータが相互にプロセス間通信を行うための以下の機構を説明せよ。
  - (a) 遠隔手続き呼び出し (Remote Procedure Call)
  - (b) 分散共有記憶 (Distributed Shared Memory)
- (2) クラスタリング (Clustering) とは、どのような並列処理アーキテクチャか、またその特長を説明せよ。
- (3) グリッド・コンピューティング (Grid Computing) とは、どのような分散処理アーキテクチャか、またその特長を説明せよ。



#### Question A4

Answer the following questions on machine-level distributed and/or parallel system architectures.

- (1) Distributed processing architecture is an approach to obtain coarse grain parallel processing in order to enable cooperation among multiple independent computers distributed over computer networks. Explain the following mechanisms that enable inter-process communication among multiple processes running on different distributed computers.
  - (a) Remote procedure call.
  - (b) Distributed shared memory.
- (2) Explain the parallel processing architecture called “clustering” and its features.
- (3) Explain the distributed processing architecture called “grid computing” and its features.

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

オペレーティングシステムにおけるスレッドについて以下の問いに答えよ。

- (1) スレッドを簡潔に定義せよ。
- (2) アトミック・オペレーションを簡潔に定義せよ。
- (3) 2つのスレッド  $T1$  と  $T2$  がそれぞれアトミック・オペレーション  $a, b, c, d, e$  を下記のように実行する場合、全ての可能な実行順序を記せ。
  - $T1 : \{a, b, c\}$
  - $T2 : \{d, e\}$
- (4) 複数のスレッドがあるリソース  $R$  に対し、同期・排他制御を行うための機構として、セマフォア (Semaphore) があるが、その機構を実現するために必要な2つのアトミック・オペレーション、 $P(S), V(S)$ を説明せよ。ただし、 $S$  はリソース  $R$  に関連づけられたセマフォアとする。
- (5) 8つのスレッド  $T1, T2, \dots, T8$  がある。それぞれのスレッド  $Ti$  はステートメント  $Si()$  を実行するが、 $Sj()$  に関連づけられたセマフォア  $Sj$  のオペレーション  $P(Sj), V(Sj)$  などを利用して同期・排他制御を行う ( $i, j=1, \dots, 8$ )。ステートメント  $Si$  間の実行順序に図2のような依存性がある場合、それぞれのスレッド  $Ti$  が実装する同期方法を  $Si(), P(Sj), V(Sj)$  などを用いて説明せよ ( $i, j=1, \dots, 8$ )。例えば、 $S1()$  は  $S2()$  と  $S3()$  より前に実行する必要があるが  $S2()$  と  $S3()$  は同時に実行可能である。また、 $S7()$  は、 $S4()$  と  $S5()$  が終了しないと実行できない。全てのセマフォアは初期化されていると仮定してよい。

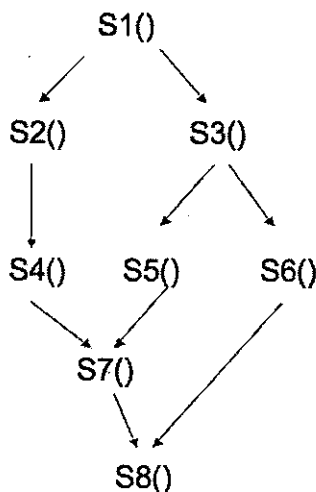


図2

Question A5

Answer the following questions regarding *thread* in operating systems.

- (1) Give a concise definition of *thread*.
- (2) Give a concise definition of *atomic operation*.
- (3) Suppose two threads  $T1$  and  $T2$  execute atomic operations  $a, b, c, d$  and  $e$  as follows. Show all the combinations of possible interleaved execution orders of the atomic operations.
  - $T1 : \{a, b, c\}$
  - $T2 : \{d, e\}$
- (4) *Semaphore* is one of the mechanisms to let multiple threads perform synchronization and exclusive control of resource  $R$ . Explain two atomic operations  $P(S)$  and  $V(S)$  that are necessary to achieve this mechanism. Note that  $S$  is a semaphore associated with the resource  $R$ .
- (5) Suppose there are eight threads,  $T1$  through  $T8$ . Each thread  $T_i$  executes a statement  $S_i()$  and uses semaphore operations  $P(S_j)$  and  $V(S_j)$  for synchronization and exclusive resource control, where  $S_j$  is the semaphore associated with  $S_j()$  ( $i, j = 1, \dots, 8$ ). When these threads observe the dependency in the execution order of the statements  $S_i()$  as depicted in Figure 2, explain how each thread  $T_i$  synchronizes with one another using  $S_i()$ ,  $P(S_j)$  and  $V(S_j)$  ( $i, j = 1, \dots, 8$ ). For example,  $S1$  must be executed before both  $S2$  and  $S3$ , but  $S2$  and  $S3$  execute concurrently.  $S7$  cannot execute before both  $S4$  and  $S5$  terminate. Assume all the semaphores are initialized appropriately.

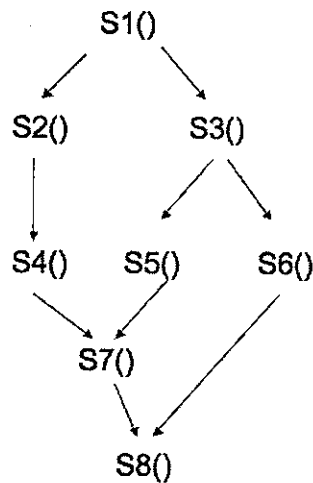


Figure 2

総合分析情報学 第6問 (Question A6)

図3に示されたダイアグラムは、インターネットにおける、あるプロトコル  $P$  によるクライアントとサーバの間の通信の様子を模式的に示している。

- (1) プロトコル  $P$  の名称を答えよ。
- (2) 一般にプロトコル  $P$  にフロー制御はあるか？また、ある場合はその方式について簡潔に述べよ。
- (3) 一般にプロトコル  $P$  に輻輳制御はあるか？また、ある場合はその方式について簡潔に述べよ。
- (4) 図3の (a) から (g) の空欄を適切な語句で埋めよ。
- (5) 図3に示された  $cwnd$  とは何を表しているか？
- (6) サーバからクライアントに送るデータが無限に多くあり、その間のリンクにおいてパケットロスが発生しうる場合、 $cwnd$  の時間変化をグラフに描き、何故そのようになるか簡潔に説明せよ。
- (7) インターネット上でパケットロスが発生する原因について、ルータの機構とデータ転送方式などに基づいて簡潔に説明せよ。

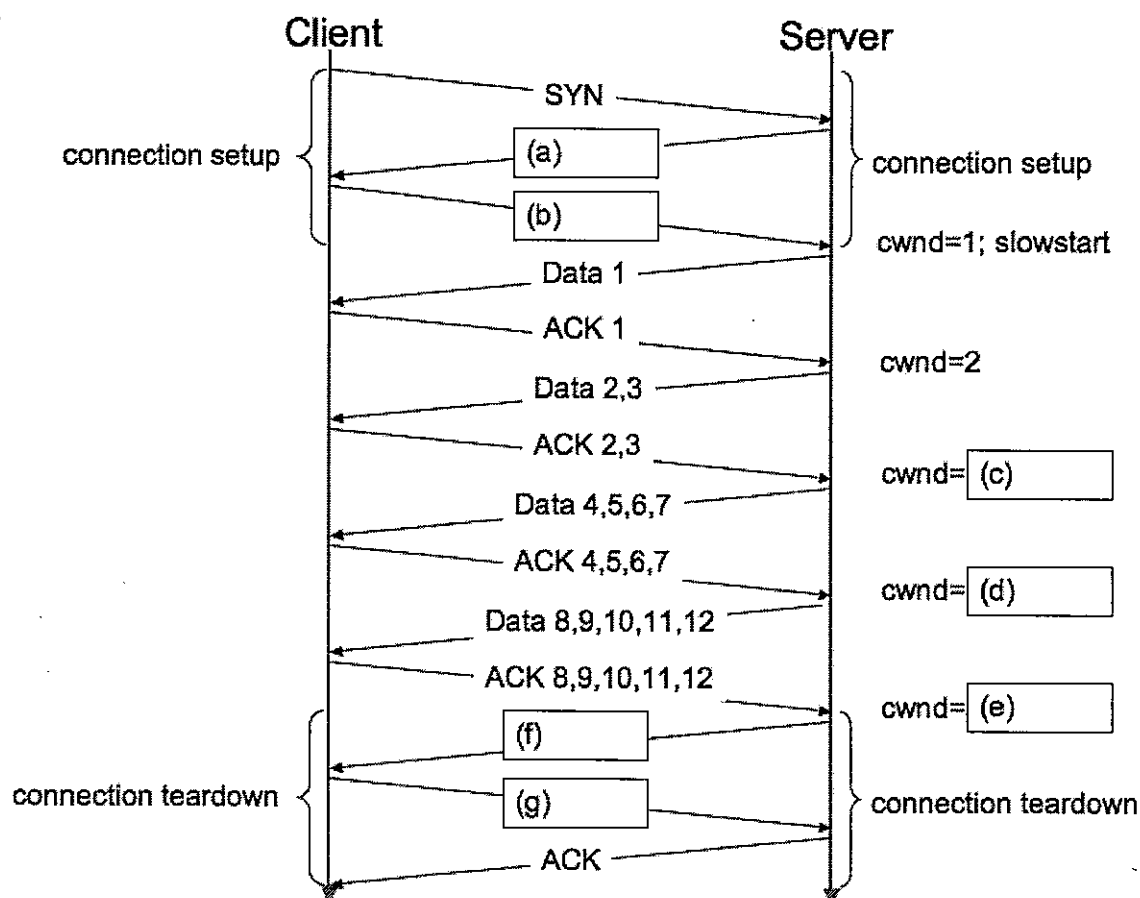


図3

Question A6

The following Figure 3 illustrates the communication protocol  $P$  between a server and a client in the Internet.

- (1) What is the name of the protocol  $P$ ?
- (2) Does the protocol  $P$  do flow control? If that is the case, briefly explain how it works.
- (3) Does the protocol  $P$  do congestion control? If that is the case, briefly explain how it works.
- (4) Fill the blanks (a)~(g) in Figure 3 appropriately
- (5) What does  $cwnd$  represent in Figure 3?
- (6) Suppose that there exist infinite amount of data to transfer along a link between the client and the server, and that packet loss may occur on the link, plot the transition of  $cwnd$  over time. Briefly explain why it changes over time as such.
- (7) Explain briefly how packet loss is caused in the Internet, based on the forwarding mechanism in a router and data transfer adopted in the Internet, etc.

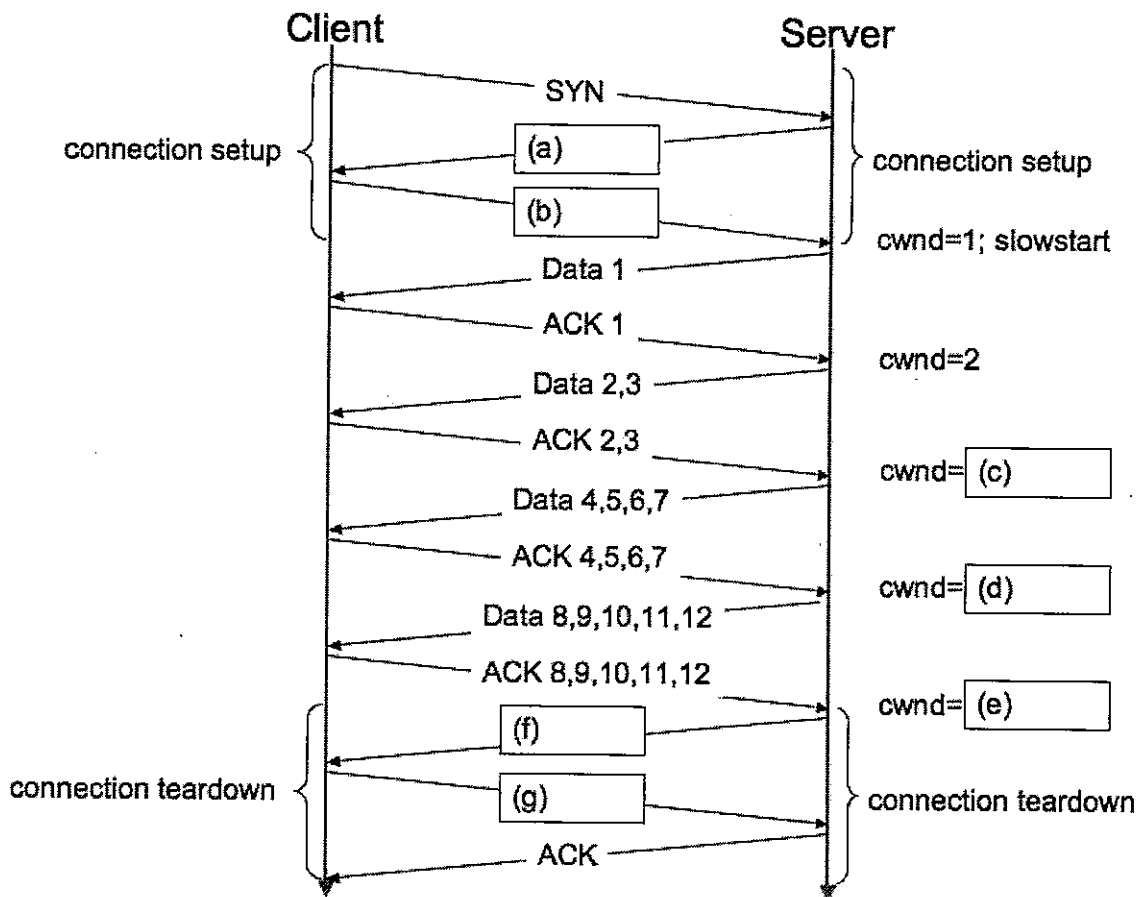


Figure 3

総合分析情報学 第7問 (Question A7)

- (1) 2系統の入力A0、A1と4系統の出力B0～B3を持つ、2ビットのデコーダーの真理値表を記せ。
- (2) (1)で作った真理値表に基づき、デコーダーの回路をANDゲートやORゲート、NOTゲートを用いて記せ。
- (3) 上記デコーダーを用いて、3系統のデータ入力D0、D1、Carry-inと、2系統のデータ出力E、Carry-outを持った、1ビットのALU回路を構成したい。ALU回路の命令は、A0とA1の2系統の入力があり、(2)で設計したデコーダーをもちいて、以下の表1の通りに、入力と出力の間の関係を制御したい。このような1ビットALU回路を設計せよ。

A0	A1	E	Carry-out
0	0	3ビットの入力 (D0, D1, Carry-in)からなる全加算器の和ビット	3ビットの入力 (D0, D1, Carry-in)からなる全加算器の繰り上がりビット
0	1	D0 AND D1	0
1	0	D0 OR D1	0
1	1	if (D0 == D1) 1 else 0	0

表1

Question A7

- (1) Describe a truth table of 2-bit decoder with two inputs A0 and A1, and four outputs B0~B3.
- (2) Design a 2 bit-decoder circuit by using AND-gates, OR-gates, and NOT-gates.
- (3) We would like to construct 1-bit ALU circuit using the above 2-bit decoder with three data inputs D0, D1, and Carry-in, and two data outputs W and Carry-out. The ALU is equipped with two-bit (A0 and A1) command inputs, which are decoded with the above 2-bit decoder circuit. In response to the command inputs, this ALU makes computation as shown in the following Table 1. Design this 1-bit ALU circuit.

A0	A1	E	Carry-out
0	0	Sum bit of a full-adder with 3 bit input: D0, D1, and Carry-in	$E = \text{Carry}(D0+D1+\text{Carry-in})$
0	1	D0 AND D1	0
1	0	D0 OR D1	0
1	1	If (D0 == D1) then 1 else 0	0

Table 1

Entrance Examination for Masters Program  
in Applied Computer Science Course,  
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,  
The University of Tokyo.  
Academic Year 2007  
(14:00-16:00, August 21, 2006)

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 fourteen pages. Report missing, misplaced, and imperfect pages to the instructor.
3. This booklet includes seven 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	