

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25年8月19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) 次の極限值を求めよ。

(a) 
$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x - \arcsin x}{x^3}$$

(b) 
$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left( \frac{x+1}{x-1} \right)^x$$

(2) 次の微分方程式を解け。

$$x^2 y'' - xy' + y = 2 \log x$$

(3)  $P^{-1}AP$  が対角行列となるような正則行列  $P$  を求めよ。

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ -6 & 11 & 2 \\ 6 & -15 & 0 \end{pmatrix}$$

## Question A1

Answer the following questions.

(1) Find the limits of (a) and (b).

(a) 
$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x - \arcsin x}{x^3}$$

(b) 
$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left( \frac{x+1}{x-1} \right)^x$$

(2) Solve the following differential equation.

$$x^2 y'' - xy' + y = 2 \log x$$

(3) Obtain a regular matrix  $P$  such that  $P^{-1}AP$  becomes a diagonal matrix.

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ -6 & 11 & 2 \\ 6 & -15 & 0 \end{pmatrix}$$

## 総合分析情報学 第2問 (Question A2)

$n$  個の要素からなる配列  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$  を考える。ある要素  $x$  が  $n/2$  回よりも多く配列  $A$  中出现するとき、それを配列  $A$  の過半数要素と定義する。たとえば 3 は配列  $\{1, 3, 2, 3, 3\}$  の過半数要素である。

- (1) 配列  $A$  が与えられたとき、それが過半数要素を持つかどうかを判定し、そうである場合その値を求めるできるだけ効率的なアルゴリズムを疑似コードで記述せよ。ただし、配列  $A$  は書き換えできないものとする。
- (2) 上で定義したアルゴリズムについて、使用するメモリー量のオーダーを要素数  $n$  で表せ。またその理由を示せ。
- (3) 上で定義したアルゴリズムについて、計算量のオーダーを要素数  $n$  で表せ。またその理由を示せ。

## Question A2

Consider an array of  $n$  elements,  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ . If an element  $x$  appears more than  $n/2$  times in  $A$ ,  $x$  is defined to be a *majority element* of  $A$ . For example, 3 is a majority element of  $\{1, 3, 2, 3, 3\}$ .

- (1) Describe an efficient algorithm in pseudo-code that determines whether  $A$  has a majority element or not, and if so, determines its value. Assume that  $A$  is a read-only array.
- (2) Evaluate the order of the amount of memory required for the algorithm in terms of the number of elements,  $n$ . Describe the reason.
- (3) Evaluate the order of the computational cost of the algorithm in terms of the number of elements,  $n$ . Describe the reason.

## 総合分析情報学 第3問 (Question A3)

以下の問いに答えよ。プログラムはすべてC言語で書かれているとする。

- (1) 配列  $x$  および2つの正整数  $n, m$  が以下のように初期化されているとする。

```
int x[] = { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 };
int n = 12;
int m = 9;
```

このとき、次の関数 `func1()` を、引数を `func1(n, x, m)` と与えて呼び出したあとの配列  $x$  の各要素の値を記述せよ。ただし関数 `gcd()` は2つの正整数の最大公約数を求める関数であり、このプログラムの外で定義されているとする。

```
void func1(int n, int *x, int m) {
    int g, i, j, k, t;
    g = gcd(m, n);
    for (i = 0; i < g; i++) {
        t = x[i];
        j = i;
        for (;;) {
            k = (j + m) % n;
            if (k == i) { break; }
            x[j] = x[k];
            j = k;
        }
        x[j] = t;
    }
}
```

- (2) 配列  $x$  および2つの正整数  $n, m$  が(1)と同様に初期化されているとする。次の関数 `func3()` を、引数を `func3(n, x, m)` と与えて呼び出したあとの配列  $x$  の各要素の値が、(1)の `func1(n, x, m)` を呼び出したあとと同じになるように、(i), (ii), (iii) をそれぞれ埋めよ。

```
void func2(int *x, int i, int j) {
    int t;
    while (i < j) {
        t = x[i]; x[i] = x[j]; x[j] = t;
        i++;
        j--;
    }
}

void func3(int n, int *x, int m) {
    func2(  );
    func2(  );
    func2(  );
}
```

## Question A3

Answer the following questions. All source codes are written in C language.

- (1) An array  $x$  and two positive integers  $n$  and  $m$  are initialized as follows:

```
int x[] = { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 };
int n = 12;
int m = 9;
```

Describe each element of the array  $x$  after the following function `func1()` is called with arguments as `func1(n, x, m)`. The function `gcd()` returns the greatest common divisor of two positive integers and is defined outside of this program.

```
void func1(int n, int *x, int m) {
    int g, i, j, k, t;
    g = gcd(m, n);
    for (i = 0; i < g; i++) {
        t = x[i];
        j = i;
        for (;;) {
            k = (j + m) % n;
            if (k == i) { break; }
            x[j] = x[k];
            j = k;
        }
        x[j] = t;
    }
}
```

- (2) An array  $x$  and two positive integers  $n$  and  $m$  are initialized as in (1). Fill the following (i), (ii), and (iii) so that all elements of the array  $x$  after `func3()` is called with arguments as `func3(n, x, m)` are the same as those after `func1(n, x, m)` is called as in (1).



```
void func2(int *x, int i, int j) {
    int t;
    while (i < j) {
        t = x[i]; x[i] = x[j]; x[j] = t;
        i++;
        j--;
    }
}

void func3(int n, int *x, int m) {
    func2(  );
    func2(  );
    func2(  );
}
```

## 総合分析情報学 第4問 (Question A4)

- (1) 命令実行中に次の命令をフェッチすることは、プロセッサの性能向上のためのパイプラインメカニズムの一つである。ところが、現在実行中の命令が分岐命令である場合、次の命令のフェッチが難しく、このメカニズムが適用できないことがある。この問題を解決するための手法を説明せよ。
- (2) 表 A4 に示す 3 階層の記憶システムをもったプロセッサに関する以下の問いに答えよ。

表 A4

階層 $i$	記憶容量 $S_i$ (ビット)	コスト $c_i$ (米ドル/ビット)	アクセス時間 $t_{Ai}$ (秒)	ヒット率 $H_i$
$M_1$ (キャッシュメモリ)	1024	0.1000	$10^{-8}$	0.9000
$M_2$ (主記憶)	$2^{16}$	0.0100	$10^{-6}$	0.9999
$M_3$ (二次記憶)	$2^{24}$	0.0001	$10^{-3}$	1.0000

- (a) 表 A4 で示された 3 階層の記憶システム全体における、1 ビットあたりのデータのコスト (米ドル) と、アクセス時間がどのようになるのか、計算過程を含めて説明せよ。
- (b) コスト削減のためにキャッシュをなくした場合、コストとアクセス時間の変化割合を、全ての途中計算過程とともに示せ。
- (c) プロセッサデザインにおいて、チップ面積が一定である場合、命令セットとキャッシュメモリの間にあるトレードオフの関係を議論せよ。

## Question A4

- (1) Fetching the next instruction in executing the current instruction is a kind of pipeline mechanisms for enhancing execution performance of processors. However, in executing a branch instruction, it is difficult to fetch the next instruction so that this technique cannot be used. Explain methods resolving this problem.
- (2) Answer the following questions on processors with three-level memory system specified in Table A4.

Table A4

Level $i$	Capacity $S_i$ (bit)	Cost $c_i$ (USD/bit)	Access time $t_{Ai}$ (sec)	Hit ratio $H_i$
$M_1$ (cache memory)	1024	0.1000	$10^{-8}$	0.9000
$M_2$ (main memory)	$2^{16}$	0.0100	$10^{-6}$	0.9999
$M_3$ (secondary memory)	$2^{24}$	0.0001	$10^{-3}$	1.0000

- (a) Answer the average cost per bit and the access time of the three-level memory system specified in Table A4 in total, showing all your calculations.
- (b) Suppose that the cache memory is eliminated from the system for cost-saving purpose. Determine the resulting percentage changes in the system's cost and access time, showing all your calculations.
- (c) Discuss the trade-off between instruction set and cache memory in a fixed chip area in designing processors.

## 総合分析情報学 第5問 (Question A5)

セマフォ  $s$  は、カウンタ  $s.count$  と待ち行列  $s.queue$  をもつデータ構造である。セマフォには、 $P$  命令と  $V$  命令という2つの命令が備わっている。ここでは、 $P$  命令の操作を以下のように定義する。

$P(s)$ :  $s.count$  が0より大きければ、 $s.count$  の値を1減らす。 $s.count$  が0以下ならば、呼び出しプロセスを待ち行列  $s.queue$  に入れ、休眠する。この操作をアトミックに(不可分に)実行する。

$V$  命令は、待ち行列で休眠しているプロセスを起こすのに用いられる。セマフォおよびプロセス間の同期に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 上記の  $P(s)$  の操作に対応する  $V(s)$  の操作を定義せよ。
- (2)  $P$  命令の操作をアトミックに(不可分に)実行しなければならない理由を述べよ。また、それを実現するためにどのような同期機構が適用できるか、例を1つ挙げよ。
- (3) あるコードを同時に2つ以上のプロセスが実行しないようにしたいとする。 $P$  命令と  $V$  命令を使ってこのような排他制御を実現する方法を述べよ。また、このときのセマフォのカウンタの初期値を述べよ。
- (4) 2つのプロセスの間でデータの受渡しを行うのに、共有メモリにデータを置きセマフォを使って同期をとる方式がある。この場合、一方のプロセスがデータを更新し、他方のプロセスは、データが更新されたことをセマフォの機構で知り、そのデータを読み出す。 $P$  命令と  $V$  命令を使ってこのような同期を実現する方法を述べよ。また、このときのセマフォのカウンタの初期値を述べよ。
- (5) 2つのプロセスの間でデータの受渡しを行うもう一つの方式は、メッセージパッシングでデータを実際にコピーして受け渡す方式である。メッセージパッシングの基本的な命令のセットを定義し、それらの操作を説明せよ。
- (6) (4) と (5) の2つの方式を比較し、それぞれの利点・欠点を述べよ。

## Question A5

Semaphore  $\mathbf{s}$  is a data structure that has a counter  $\mathbf{s.count}$  and a queue  $\mathbf{s.queue}$ . Semaphores are equipped with two primitives  $\mathbf{P}$  and  $\mathbf{V}$ . We define the operation of the  $\mathbf{P}$  primitive as follows:

$\mathbf{P}(\mathbf{s})$ : If  $\mathbf{s.count}$  is greater than 0, it decrements  $\mathbf{s.count}$ . Otherwise, the calling process puts itself to  $\mathbf{s.queue}$  and goes to sleep. The operation of  $\mathbf{P}(\mathbf{s})$  is atomic (indivisible).

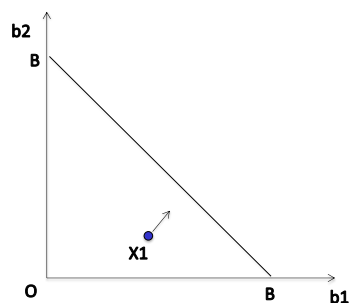
The  $\mathbf{V}$  primitive is used to wake up a sleeping process in the queue. Answer the following questions related to semaphores and process synchronization.

- (1) Define the operation of the  $\mathbf{V}(\mathbf{s})$  that corresponds to the operation of the above  $\mathbf{P}(\mathbf{s})$ .
- (2) Describe the reason why the  $\mathbf{P}$  primitive should be executed as an atomic (indivisible) operation. What synchronization mechanisms can be used for implementing this atomic operation? Explain giving an example.
- (3) Suppose that a piece of code must not be concurrently accessed by more than one process of execution. Describe a scheme to implement such exclusive control by using  $\mathbf{P}$  and  $\mathbf{V}$  primitives. In this scheme, what is the initial value of the semaphore counter?
- (4) When data is passed from one process to another via shared memory, semaphore can be used for synchronization between the two processes. In this case, one process updates data, and another process gets to know that data was updated by the mechanism of semaphore, and reads that data. Describe a scheme to implement such synchronization by using  $\mathbf{P}$  and  $\mathbf{V}$  primitives. In this scheme, what is the initial value of the semaphore counter?
- (5) Another way of passing data from one process to another is to use message passing in which data is actually copied. Define a set of basic primitives of message passing and explain their operations.
- (6) Compare the schemes of (4) and (5), and explain their merits and demerits.

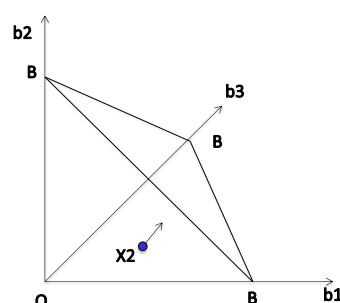
## 総合分析情報学 第6問 (Question A6)

TCP について以下の問いに答えよ。

- (1) TCP における輻輳制御を詳細に説明せよ。
- (2) AIMD とは何か説明せよ。
- (3) サーバとクライアントが TCP 通信を始めるときの接続確立と終了のメカニズムを説明せよ。
- (4) サーバとクライアントが  $N$  個の TCP 通信  $C_1, \dots, C_N$  を確立していると仮定する。このとき,  $C_1, \dots, C_N$  の公平性 (Fairness) とは何か説明せよ。
- (5)  $N = 2$  のとき  $C_1$  と  $C_2$  の輻輳制御ウィンドウサイズを  $b_1, b_2$  とし, サーバとクライアントの間の帯域を  $B$  とする。このとき  $b_1$  と  $b_2$  の時間変化はどのようになるか, 図 A6-1 にならって図示せよ。初期状態は点  $X_1$  であると仮定せよ。
- (6)  $N = 2$  のとき  $C_1$  と  $C_2$  の公平性は保たれるか, 図 A6-1 を用いて理由と共に答えよ。
- (7)  $N = 3$  のとき  $C_1, C_2, C_3$  の公平性は保たれるか, 図 A6-2 を用いて理由と共に答えよ。初期状態は  $X_2$  であるとせよ。
- (8)  $N = k$  のとき  $C_1, \dots, C_k$  ( $k > 3$ ) の公平性は保たれるか, 理由と共に答えよ。



図A6-1  
( $N=2$ )



図A6-2  
( $N=3$ )

## Question A6

Answer the following questions regarding TCP.

- (1) Explain TCP's congestion control in detail.
- (2) Explain what AIMD is.
- (3) Explain the connection establishment and tear-down in TCP between a server and a client.
- (4) Assume that a server and a client have established  $N$  TCP connections,  $C_1, \dots, C_N$ . Explain what "Fairness" among  $C_1, \dots, C_N$  means.
- (5) When  $N = 2$ , let the congestion window size of  $C_1$  and  $C_2$  be  $b_1$  and  $b_2$ , respectively. Also, let the available bandwidth between the server and the client be  $B$ . Illustrate how  $b_1$  and  $b_2$  change over time drawing a similar figure to Fig. A6-1. Assume the initial state is represented as point  $X_1$ .
- (6) When  $N = 2$ , is the fairness between  $C_1$  and  $C_2$  guaranteed? Explain the reason why or why not, using Fig. A6-1.
- (7) When  $N = 3$ , is the fairness among  $C_1, C_2$  and  $C_3$  guaranteed? Explain the reason why or why not, using Fig. A6-2. Assume the initial state is represented as point  $X_2$ .
- (8) When  $N = k$ , is the fairness among  $C_1, \dots, C_k$  ( $k > 3$ ) guaranteed? Explain the reason why or why not.

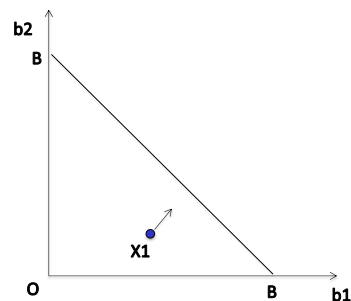


Fig. A6-1  
(N=2)

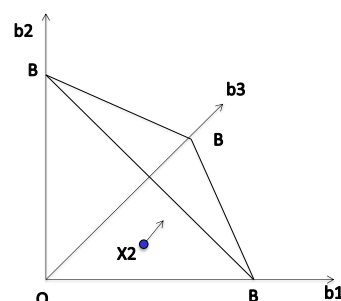


Fig. A6-2  
(N=3)

## 総合分析情報学 第7問 (Question A7)

- (1) ミーリー型順序機械と、ムーア型順序機械のそれぞれの定義を述べ、更に両者の違いを説明せよ。
- (2) 50円硬貨と100円硬貨を受け付け、合計200円以上を受け取ると飲料ボトルを販売する自動販売機の制御部の設計に関する以下の問いに答えよ。
  - (a) 上記制御部を実現する状態遷移図を作成せよ。
  - (b) 上記制御部を実現する状態遷移表を作成せよ。
  - (c) フリップフロップを用いた電子回路を用いて上記制御部を実現せよ。



## Question A7

- (1) Define “Mealy Machine” and “Moore Machine”, and explain the difference between them.
- (2) Answer the following questions on the controller design of an automatic vending machine, which accepts 50 yen coins and 100 yen coins, and provides a drink bottle only when it accepts more than or equal to 200 yen in total.
  - (a) Design a state transition diagram of the above controller.
  - (b) Design a state transition table of the above controller.
  - (c) Design a logic circuit using flip-flops that implements the above controller.

## 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 3 組の語句群について, それぞれの語句を簡潔に説明せよ。
  - (a) 位置情報, データ共有, プライバシー
  - (b) ナビゲーションシステム, 方向感覚, 位置誤差
  - (c) 少子高齢化, 都市の縮小, 用途混合
  
- (2) 場所の情報に関する以下の各問いに答えよ。
  - (a) あなたが思い付く場所を 1 つ選び, その位置 (どこにあるか) を示す (述べる) 方法を複数挙げよ。
  - (b) 上記のように位置を特定する方法 (位置の記述法) が複数あることの問題点を (i) 情報の管理 (ii) 情報の伝達 (iii) 情報の利用のそれぞれの観点から, 簡潔に議論せよ。

## Question A8

- (1) Explain the following three sets of terms (a)~(c) concerning geospatial information concisely.
  - (a) location information, data sharing, privacy
  - (b) navigation systems, sense of direction, positional errors
  - (c) declining birth rate and aging population, shrinking cities, mixed land use
  
- (2) Answer the following questions about locational information.
  - (a) Choose one place that you think of and give multiple ways of identifying or describing its location (i.e., where it is located).
  - (b) Discuss the problems of the existence of multiple ways of identifying the same location, from the perspectives of the (i) management, (ii) communication, and (iii) use of information concisely.

**Entrance Examination**  
**for Applied Computer Science Course,**  
**Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,**  
**The University of Tokyo.**  
**Academic Year 2014**  
**(14:00-16:00, August 19th, 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 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	