

平成21(2009)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20年8月25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)

以下の設問に答えよ.

(1)  $U = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 4x - \sin x}{x}$  を求めよ.

(2)  $V = \int_0^{\frac{\pi}{2}} x^2 \cos x \, dx$  を求めよ.

(3) 関数  $y = \ln \sqrt{x^2 + 1} + \frac{5}{x^2 + 1}$  の最小値を求めよ. ただし,  $x > 0$  とする.

### Question A1

Answer the following questions.

(1) Find the value of  $U = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 4x - \sin x}{x}$ .

(2) Find the value of  $V = \int_0^{\frac{\pi}{2}} x^2 \cos x \, dx$ .

(3) Find the minimum value of the function,  $y = \ln \sqrt{x^2 + 1} + \frac{5}{x^2 + 1}$ , where  $x > 0$ .

総合分析情報学 第2問 (Question A2)

フィボナッチ数とは、以下で定義される数である。

$$F_0 = 0,$$

$$F_1 = 1,$$

$$F_{n+2} = F_n + F_{n+1} \quad (n \geq 0).$$

以下の設問に答えよ。

- (1)  $F_5$  を求めよ。
- (2) 以下のフィボナッチ数の計算アルゴリズムの計算量（オーダー）を求めよ。

```
int fib(int n) {  
    if (n == 0) return 0;  
    if (n == 1) return 1;  
    return fib(n-1) + fib(n-2);  
}
```

- (3) (2) よりも効率のよいフィボナッチ数計算アルゴリズムを示せ。またその計算量を求めよ。

## Question A2

The Fibonacci numbers are a series of numbers defined by the following equations.

$$F_0 = 0,$$

$$F_1 = 1,$$

$$F_{n+2} = F_n + F_{n+1} \quad (n \geq 0).$$

Answer the following questions.

- (1) Calculate  $F_5$ .
- (2) Explain the time complexity (order) of the following calculation algorithm of Fibonacci numbers.

```
int fib(int n) {  
    if (n == 0) return 0;  
    if (n == 1) return 1;  
    return fib(n-1) + fib(n-2);  
}
```

- (3) Describe a more efficient (faster) algorithm to calculate Fibonacci numbers than the one shown in (2). Also discuss its time complexity.

総合分析情報学 第3問 (Question A3)

- (1) コンピュータシステムのメモリーは記憶階層をとるのが一般的である。  
何故、記憶階層が用いられるか理由を述べよ。
- (2) 1次キャッシュメモリー, 2次キャッシュメモリー, 半導体主記憶, 磁気ディスク2次記憶の4レベルからなる記憶階層システムがある。  
アクセス時間は順に1 ns, 10 ns, 70 ns, 1 msで, 1次キャッシュヒット率は85%, 2次キャッシュヒット率は90%, 主記憶のヒット率は95%とする。この記憶階層システムの平均アクセス時間を求めよ。
- (3) アドレスマッピングおよび書き込み方式の観点からキャッシュを分類せよ。

### Question A3

- (1) Memory sub-system in computer is usually organized hierarchically. Describe the reason why the hierarchical organization is employed.
- (2) Suppose we have a 4-level hierarchically organized memory sub-system that consists of a level-1 cache memory, a level-2 cache memory, a semiconductor main storage, and a magnetic disk secondary storage. They have 1 ns, 10 ns, 70 ns, and 1 ms of access time, respectively. Assume the level-1 cache hit ratio is 85% and the level-2 cache hit ratio is 90 % and the main storage hit ratio is 95%. Give average access time of this memory sub-system.
- (3) Classify cache mechanisms from the viewpoint of address mapping and writing strategy.

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

プログラミング言語における以下の設問に答えよ。

- (1) プログラム言語における末尾再帰 (tail recursion) とは何か, 簡潔に説明せよ.
- (2) 以下のプログラムを非再帰化せよ.

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



## Question A4

Answer the following questions regarding programming languages.

- (1) Briefly explain what “tail recursion” means in programming languages.
- (2) Write a program equivalent to the following one without recursive calls.

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

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

多重プロセスにおける以下の設問に答えよ。

- (1) 多重プロセスの実行においてデッドロック (deadlock) とはどのような状況を指すのか，簡潔に説明せよ。

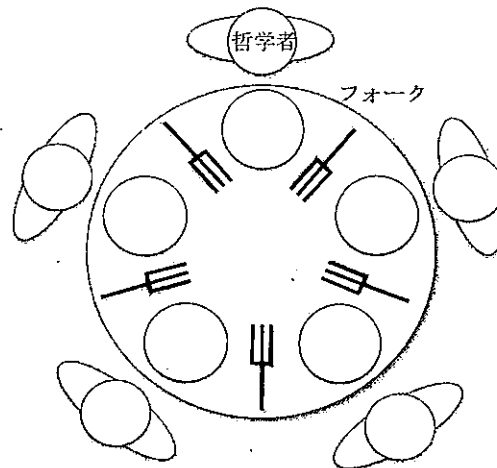


図 A5-1

図 A5-1 のような『哲学者の食事問題』，すなわち 5 人の哲学者がテーブルを囲み，瞑想あるいは食事をする状況を考える。フォークは各哲学者の間に置かれている。食事をするためには，哲学者は各々から見て左右のフォークを手にとる必要がある。各哲学者はそれぞれ以下の作業を繰り返しているとする：

- 瞑想する
- 左のフォークを取る
- 右のフォークを取る
- 食事をする
- 左のフォークを置く
- 右のフォークを置く

- (2) 上の状況でデッドロックが発生するのはどのような場合か，説明せよ。
- (3) 上の状況でデッドロックを回避するためには，どのような方法が考えられるか，説明せよ。

## Question A5

Answer the following questions regarding multi-process computing.

(1) Briefly explain the meaning of “deadlock” in multi-process computing.

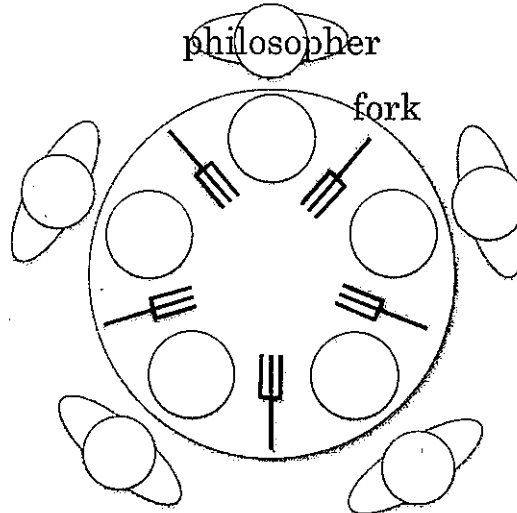


Figure A5-1

Figure A5-1 shows the “dining philosophers problem”, where five philosophers sitting at a table performing two things: eat or think. A fork is placed in between philosophers as shown in the picture. To start eating, each philosopher takes one fork to his/her left and one fork to his/her right. Each philosopher repeats the following process:

**Think**

**Take the left fork**

**Take the right fork**

**Eat**

**Put the left fork**

**Put the right fork**

(2) Explain how the deadlock situation occurs in the problem above.

(3) Explain the method to avoid the deadlock situation in the problem above.

総合分析情報学 第6問 (Question A6)

現在のインターネットで使用されているトランスポートプロトコルであるTCPに関して以下の問いに答えよ。

- (1) 現在のインターネットで使用されている他のトランスポートプロトコルを一つ挙げよ。また、そのプロトコルと比較して、TCPの特徴を5つ簡潔に説明せよ。
- (2) 以下は、現在のTCPによる通信の特徴を近似する方程式である。  
 $x, a, b$ , および,  $c$  はパケットのサイズ, パケットロス, 帯域, 遅延時間, のいずれかをあらわしている。それぞれが何を表しているか答え, 簡潔な根拠と共に記せ。ただし,  $k$  は定数であるとする。

$$x = \frac{k \cdot a}{b \cdot \sqrt{c}}$$

- (3) 現在のインターネットには、高帯域の通信を行うことができる様々な物理層・リンク層の伝送技術が使用されている。代表的なものを3つ挙げ、簡潔に説明せよ。また、それぞれの伝送技術が達成し得る伝送速度を記せ。
- (4) 前問で挙げた伝送速度を達成する物理層の伝送技術の1つを最大限利用し、現在のTCPを用いて高帯域の通信を行う場合における効率について議論せよ。もし、現在のTCPを用いた場合に効率上問題があると考えられる場合、その根拠をできるだけ具体的に示すと共に、現在のTCPにおける何を改善すべきか論ぜよ。

## Question A6

Answer the following questions regarding the transport protocol TCP in the Internet.

- (1) Give another transport protocol than TCP used in the Internet. Briefly describe five characteristics of TCP compared with the other transport protocol.
- (2) The following equation approximates the characteristics of a TCP communication in the Internet.  $x$ ,  $a$ ,  $b$ , and  $c$  represent one of the quantities among packet size, packet loss, bandwidth, and latency, respectively. Answer which quantity each of them represents and briefly describe the ground for your answer. Note that  $k$  is a constant.

$$x = \frac{k \cdot a}{b \cdot \sqrt{c}}$$

- (3) The Internet implements various transmission technologies at physical and link layer that enable high-bandwidth communications. Give three examples of such technologies and briefly explain them. Also answer the bandwidth of each technology can achieve.
- (4) Discuss the efficiency of TCP in the highest-bandwidth communication scenario that one of the transmission technologies in the previous question could possibly achieve. If you think the current TCP is inefficient in such a scenario, explain the reason as concrete as possible and describe what needs to be improved in the current TCP.

総合分析情報学 第7問 (Question A7)

- (1) 各々4ビットの入力  $X_0, X_1, X_2, X_3$  と入力  $Y_0, Y_1, Y_2, Y_3$  を比較し, 各々1ビットの  $X > Y$ ,  $X < Y$ ,  $X = Y$  の判定出力を持つマグニチュード・コンパレータ (絶対値比較器) を設計せよ. まず, 真理値表を求め, AND ゲート, OR ゲート, NOT ゲートを用いて論理回路を設計せよ.
- (2) (1) の回路を拡張し, 下位の桁からの各々1ビットの  $X > Y$ ,  $X < Y$ ,  $X = Y$  を入力とすることができる, 4 ビット単位で拡張可能なマグニチュード・コンパレータを設計せよ.
- (3) (2) で設計した回路を  $\frac{n}{4}$  個並べた  $n$  ビットのマグニチュード・コンパレータにおいて信号遅延時間はどうなるか考察せよ.

### Question A7

- (1) Design a magnitude comparator that compares each 4-bit input  $X_0, X_1, X_2, X_3$  with another 4-bit input  $Y_0, Y_1, Y_2, Y_3$ , and that has each 1-bit decision output  $X > Y$ ,  $X < Y$ , and  $X = Y$ . First, draw the truth table of this comparator, and then design the logic circuit by using AND, OR and NOT gates.
- (2) Enhance the magnitude comparator of (1) so that we can extend comparison by 4 bits at a time by cascading 1-bit outputs  $X > Y$ ,  $X < Y$ , and  $X = Y$  from another comparator as inputs.
- (3) Analyze the signal delay in the  $n$ -bit magnitude comparator cascading  $\frac{n}{4}$  number of comparators designed in (2).

総合分析情報学 第8問 (Question A8)

- (1) 空間データとは、場所に関するあるいは場所に関連付けられた情報であり、位置（場所）データと属性データに分けて考えることができる。これら2種類のデータについて以下の問いに答えよ。
- (a) 場所の位置を特定するためには、何らかの枠組み（空間参照系）の中で位置を記述する必要がある。位置を特定・記述する代表的な方法を2つ挙げ、それらの特徴について簡潔に述べよ。
  - (b) 属性データについては、その尺度水準に着目して、一般的に4つの種類に分類することができる。これら4つの尺度の名称と特徴について述べ、それぞれの尺度の代表的な具体例を挙げよ。
- (2) 空間情報の代表的な表現手段である地図について以下の問いに答えよ。
- (a) 地図作成に際しては様々な地図投影法が用いられるが、投影により必然的にある種の性質（情報）に歪みが生じる。その歪みの原因について簡潔に述べ、代表的な歪みの種類を2つ挙げよ。
  - (b) 空間データに関する基本的な概念である「スケール」について、地図で表現された情報を題材に、「縮尺」、「情報の詳細さ」、「地図に描かれた範囲」の3点の関係を説明しながら簡潔に論じよ。
  - (c) 位置把握あるいは経路案内（ナビゲーション）のために地図を使う場合、利用者の理解のしやすさに影響を与えると考えられる要素について述べ、利用者が使いやすい空間情報の提示方法について簡潔に議論せよ。



## Question A8

- (1) Spatial data are information about or linked to places, and can be classified into locational data and attribute data. Answer the following questions about these two classes of data.
  - (a) To identify the locations of places, one needs to describe them in a certain frame of reference (or spatial reference system). Give two major methods of identifying or describing locations, and briefly discuss their characteristics.
  - (b) Attribute data can generally be classified into four types in terms of the level of measurement. Name the four scales of measurement and describe their characteristics. And give one concrete example of each scale.
  
- (2) Answer the following questions about maps, a major method of presenting spatial information.
  - (a) In making maps, various kinds of map projections are used, and they necessarily distort certain properties of the information about the Earth. Briefly explain the reason for distortion, and give two major properties that are distorted in map projections.
  - (b) Concisely discuss the concept of scale, which is a fundamental concept for spatial information, by explaining the relationship among the scale of a map (representative fractions), the level of spatial detail, and a spatial extent (or area) covered by a map.
  - (c) When maps are used for spatial orientation or route navigation, describe factors that may affect the user's understanding of the maps, and concisely discuss good methods or formats for presenting spatial information that are easy for the user to use.

Entrance Examination for Masters Program  
in Applied Computer Science Course,  
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,  
The University of Tokyo.  
Academic Year 2009  
(14:00-16:00, August 25th, 2008)

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 sixteen 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	