

平成28(2016)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8月17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) 次の極限值を求めよ。

$$(a) \quad \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{3x} - 4 - 3x}{1 - \cos x}$$

$$(b) \quad \lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{4} - 0} \frac{\tan 2x}{\tan(x + \frac{\pi}{4})}$$

(2) 次の連立微分方程式について, $X_1(t)$ を求めよ。 k_{12}, k_{21}, k_e は正の定数とする。

$$\frac{dX_1(t)}{dt} = -(k_e + k_{12}) \cdot X_1(t) + k_{21} \cdot X_2(t)$$

$$\frac{dX_2(t)}{dt} = k_{12} \cdot X_1(t) - k_{21} \cdot X_2(t)$$

ただし, $X_1(0) = A, X_2(0) = 0$ (A は正の定数) とする。

Question A1

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

$$(a) \quad \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{3x} - 4 - 3x}{1 - \cos x}$$

$$(b) \quad \lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{4} - 0} \frac{\tan 2x}{\tan(x + \frac{\pi}{4})}$$

(2) Consider the following simultaneous differential equations and derive $X_1(t)$.

k_{12} , k_{21} and k_e are positive constants.

$$\frac{dX_1(t)}{dt} = -(k_e + k_{12}) \cdot X_1(t) + k_{21} \cdot X_2(t)$$

$$\frac{dX_2(t)}{dt} = k_{12} \cdot X_1(t) - k_{21} \cdot X_2(t)$$

where $X_1(0) = A$ and $X_2(0) = 0$ (A is a positive constant).

総合分析情報学 第2問 (Question A2)

与えられた整数の列から部分集合を選ぶゲームを考える。ゲームの目的は選択した数の合計値を最大にすることである。ただし、隣接した数値は選択できないものとする。たとえば、 $1, 5, 2, -4, 6$ という数列が与えられたとき、 5 を選択すると、 5 に隣接している 1 や 2 を選択できなくなる。また 1 を選択すると、隣接している 5 を選択できなくなる。

- (1) 上記のルールに従い、 $3, 5, 7, 6, 2, 4$ からその合計値が最大となる部分集合を選択せよ。
- (2) n 個の整数列 x_1, x_2, \dots, x_n が与えられたとき、上記のルールに従い選択した部分集合の、最大合計値 S_n を求めるアルゴリズムを記述せよ。
- (3) (2) で記述したアルゴリズムの n に対する計算量を求めよ。

Question A2

Consider a game of selecting a subset from a given integer sequence. The goal is to maximize the total sum of selected numbers, but you cannot select numbers that are adjacent. For example, if you select 5 from the sequence 1, 5, 2, -4, 6, you cannot select 1 or 2 because these are adjacent to 5. Similarly, if you select 1, you cannot select 5.

- (1) Following the above rule, select a subset of numbers of maximum total sum from the sequence 3, 5, 7, 6, 2, 4.
- (2) Following the above rule, describe an algorithm that calculates the maximum total S_n of a subset from a given sequence of n integers x_1, x_2, \dots, x_n .
- (3) Calculate the computational cost of the above algorithm answered in (2) in terms of n .

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) 与えられた正の整数 n の階乗を求める以下の関数 `factorial(n)` の (a) を埋めよ。複数行になってもよい。

```
int factorial(int n) {  
    (a)  
}
```

- (2) 2つの正の整数 m と n の最大公約数を求める以下の関数 `GCD(m,n)` の (b) を埋めよ。複数行になってもよい。なお、 $m > n$ と仮定してよい。

```
int GCD(int m, int n) {  
    (b)  
}
```

- (3) n と b は正の整数とする。(i) 以下の関数 `F(n,b)` は、どのような値を返すか説明せよ。(ii) 関数 `F(n,b)` が正常動作するための b の最大値を説明せよ。(iii) 以下の (c) および (d) で呼び出したときの結果を示せ。

```
char* F(int n, int b){  
    static char outb[66] = {0};  
    int i = 64;  
    for(; n > 0 && i > 0 ; --i, n /= b)  
        outb[i] = "0123456789abcdefghijkl"[n % b];  
    return &outb[i+1];  
}
```

- (c) `printf("%s\n", F(428,16));` (d) `printf("%s\n", F(226,4));`

Question A3

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

- (1) Fill (a) in the following function `factorial(n)` which obtains the factorial of a given positive integer n . (a) may contain multiple lines.

```
int factorial(int n) {  
    (a)  
}
```

- (2) Fill (b) in the following function `GCD(m,n)` which obtains the greatest common divisor of given positive integers m and n . (b) may contain multiple lines. Assume that $m > n$ holds.

```
int GCD(int m, int n) {  
    (b)  
}
```

- (3) n and b are positive integers. (i) Explain the return value of the following function `F(n,b)`. (ii) Explain the maximum value of b for the normal execution of the function `F(n,b)`. (iii) Answer the results when the function `F(n,b)` is called as (c) and (d), respectively.

```
char* F(int n, int b){  
    static char outb[66] = {0};  
    int i = 64;  
    for(; n > 0 && i > 0 ; --i, n /= b)  
        outb[i] = "0123456789abcdefghijkl"[n % b];  
    return &outb[i+1];  
}
```

(c) `printf("%s\n", F(428,16));` (d) `printf("%s\n", F(226,4));`

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

(1) メモリ管理アーキテクチャに関する以下の問いに答えよ。

以下の図は、時刻 t における 1024 語のメインメモリの割当状態を示している。

メモリ領域アドレス	割当状況
000 ~ 199	空き
200 ~ 249	割当済 (割当ブロック 1)
250 ~ 399	空き
400 ~ 449	割当済 (割当ブロック 2)
450 ~ 549	空き
550 ~ 699	割当済 (割当ブロック 3)
700 ~ 884	空き
885 ~ 999	割当済 (割当ブロック 4)
1000 ~ 1024	空き

以下の表は、時刻 t 以後におけるメモリブロックの割当てと解放の要求の流れを表している。

時刻	$t+1$	$t+2$	$t+3$	$t+4$	$t+5$
割当要求されたメモリブロックのサイズ	135	25		170	100
解放要求された割当ブロック番号			2		

このすべての要求を、(a) ベストフィットアルゴリズム (Best-Fit Algorithm) で処理した場合と、(b) ファーストフィットアルゴリズム (First-Fit Algorithm) で処理した場合における、メモリの割当状態の変化を説明せよ。ただし、ファーストフィットアルゴリズムでは、メモリアドレスの小さい方から検索されるものとする。

(2) コンピュータ・アーキテクチャに関する以下の用語を説明せよ。

(a) マイクロプログラム (Microprogram)

(b) バス (Bus)

(c) メモリマップド I/O (Memory Mapped I/O)

Question A4

- (1) Answer the following questions on memory management architecture.

The following figure shows the status of 1024 words main memory allocation at time t .

Region Memory Address	Allocation Status
000~199	Free
200~249	Allocated (Allocation Block 1)
250~399	Free
400~449	Allocated (Allocation Block 2)
450~549	Free
550~699	Allocated (Allocation Block 3)
700~884	Free
885~999	Allocated (Allocation Block 4)
1000~1024	Free

The following table shows a sequence of memory block allocation and deallocation requests after time t .

Time	$t + 1$	$t + 2$	$t + 3$	$t + 4$	$t + 5$
Block size of memory allocation request	135	25		170	100
Allocation block number of memory free request			2		

Explain update sequence of memory block allocation status during all these requests has been served using (a) the best-fit algorithm and (b) the first-fit algorithm. Assume that, in the first-fit algorithm, memory blocks are searched in ascending address sequence.

- (2) Explain the following technical terms on computer architecture.
- (a) Microprogram
 - (b) Bus
 - (c) Memory Mapped I/O

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

ページングによる仮想記憶に関する以下の問いに答えよ。

- (1) デマンドページングは、主記憶に存在しないページを参照したときに、オンデマンドでページをフェッチする方式で、無駄なページ転送が行われぬという利点をもつ。しかし、現実のオペレーティングシステムでは、デマンドページングと合わせてプリページングが用いられることが多い。プリページングの方式の例を1つ挙げ、その方式のデマンドページングに対する利点を述べよ。
- (2) ページテーブルを n 段 ($n \geq 2$) で構成する方式では、仮想アドレスを n 段のページテーブルを順に検索して物理アドレスに変換する。 $n = 3$ の場合について、その方式の概略を図に示して説明せよ。
- (3) (2) のような、ページテーブルを n 段で構成する方式の利点を、ページテーブルを1段で構成する方式と比較して述べよ。
- (4) (2) のような、ページテーブルを n 段で構成する方式において、すべてのページテーブルがメモリに存在するとし、常にそれらを介してアドレス変換を行うとする。ページフォールトが起こらないとすると、ページアクセス（必要とされるページへのアクセス）に、メモリアクセスが何回必要か。
- (5) (4) のような問題に対して、現実の計算機では、メモリアクセスの回数を減らすのに、アドレス変換バッファ (TLB) が用いられている。アドレス変換バッファを介したページアクセスに 100 ナノ秒、ページテーブルを介したページアクセスに 200 ナノ秒、ページフォールト発生時のページアクセスに 10 ミリ秒を要するとする。ページアクセスの 90% がアドレス変換バッファを介して行われるとすると、1回のページアクセスに要する平均時間を 150 ナノ秒以下にするには、ページフォールト率をどこまで下げなくてはならないか。

Question A5

Answer the following questions on the virtual memory paging.

- (1) Demand paging is a paging policy in which a page is fetched into memory only when it is needed. Demand paging has an advantage that it does not fetch the pages that are never accessed. However, prepaging (anticipatory paging) is often used in addition to demand paging in the real operating systems. Describe an example of prepaging policies and describe its advantages against demand paging.
- (2) In the paging system with n -level page tables ($n \geq 2$), a virtual address is translated to a physical address by successively looking up n -level page tables. Illustrate the outline of this paging scheme for $n = 3$.
- (3) Describe the advantages of the paging system with n -level page tables described in (2) compared with the paging system with a 1-level page table.
- (4) In the paging system with n -level page tables described in (2), we assume that all the page tables are in memory and that address translation is always done through these page tables. If no page fault occurs, how many times of memory accesses are required for each page access (access to a desired page instance)?
- (5) To reduce the number of actual memory accesses, the address translation lookaside buffer (TLB) is used in real computer systems. Assume (a) a page access through TLB takes 100 nanoseconds, (b) a page access through page tables takes 200 nanoseconds, and (c) a page access in a page fault takes 10 milliseconds. If the hit ratio of TLB is 90%, to reduce the average page access time below 150 nanoseconds, to what extent should we reduce the page fault rate?

総合分析情報学 第6問 (Question A6)

TCP (Transmission Control Protocol) について以下の問いに答えよ。

- (1) 輻輳制御を説明せよ。
- (2) Cumulative ACK と Duplicate ACK を説明せよ。
- (3) シークエンス番号が必要な理由を説明せよ。
- (4) インターネットにおいてパケットロスと遅延が起こる原因を説明し, TCP がどのように信頼性の高い通信を実現しているか説明せよ。
- (5) パケット再送を行うためのタイムアウトの値の決め方について, 以下の語句を全て用いて説明し, 何故そのようにしているのか理由を述べよ。

EWMA, Deviation, Premature Timeout, Round Trip Time (RTT)

- (6) Fast Retransmit を説明せよ。
- (7) Fast Recovery を説明せよ。
- (8) プライベートアドレスを持つ端末が NAT を経由してグローバルアドレスを持つサーバと TCP セッションによる通信をしているとき, アドレス変換がどのように実現されるか, 例を挙げて説明せよ。
- (9) TCP のセッションによる帯域は以下の式 (1) で近似できる。ただし, 帯域を B , 最大セグメント長を MSS , パケットロスを L , 往復遅延時間 (RTT) を RTT とする。このとき, 現在利用されている TCP が, 現代のインターネットの利用実態に合っていない場合があることを示し, どのような改善をすれば良いか提案をせよ。

$$B = \frac{1.22 \cdot MSS}{RTT \cdot \sqrt{L}} \quad (1)$$

Question A6

Answer the following questions regarding TCP (Transmission Control Protocol).

- (1) Explain congestion control.
- (2) Explain Cumulative ACK and Duplicate ACK.
- (3) Explain why sequence number is necessary.
- (4) Explain what causes packet loss and delay and how TCP achieves reliable data transmission.
- (5) Explain how the timeout for packet retransmission is determined using all the following terminologies, and the reason why it is determined this way.
EWMA, Deviation, Premature Timeout, Round Trip Time (RTT)
- (6) Explain Fast Retransmit.
- (7) Explain Fast Recovery.
- (8) When an end host with private address communicates with a server with global address through TCP session via NAT, explain how address translation is achieved giving an example.
- (9) Bandwidth achieved by a TCP session is approximated by the following equation (1). Note that B is bandwidth, MSS is maximum segment size, L is packet loss, and RTT is round trip time. Explain the case where the current TCP is not appropriate for contemporary usage of the Internet and propose how you could improve it.

$$B = \frac{1.22 \cdot MSS}{RTT \cdot \sqrt{L}} \quad (1)$$

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。

1ビットずつ入力される信号を3ビット毎に区切り, その中に偶数個の“1”を含むときに, 出力“1”を生じる順序回路を設計したい。ただし, 0個は偶数とする。

(a) この順序回路の状態遷移図を示せ。可能であれば簡約化せよ。

(b) 状態を2進数表現した上で, この順序回路の状態遷移表を示せ。

(c) フリップフロップとANDゲート, ORゲート, NOTゲートを用いて, この順序回路を設計せよ。

(2) ブール代数式に関する以下の問いに答えよ。ただし, X' は not X を表しているものとする。

(a) 次の式を証明せよ。

$$AC + A'B + BC = AC + A'B$$

(b) 次の式を簡約化せよ。簡約化の過程も示せ。

$$ABC + A'BC' + AB'C' + A'B'C'$$

(c) 次の式を簡約化せよ。簡約化の過程も示せ。

$$AB + C(AB + C')$$

Question A7

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

Assume that we are designing a sequential logic circuit which has an input of sequential bit signals one-bit by one-bit, separates them into three bits unit, and outputs “1” only when even number of input “1”s are included in the three bits. Here, zero is considered as even.

- (a) Show state transition diagram of this sequential logic circuit. If possible, simplify the diagram.
- (b) Show state transition table of the sequential logic circuit in which circuit statuses are represented in binary numbers.
- (c) Design the sequential logic circuit using Flip-Flops, “AND” gates, “OR” gates, and “NOT” gates.
- (2) Answer the following questions on Boolean algebra formulas. Here, X' means “not X ”.

- (a) Prove the following equation.

$$AC + A'B + BC = AC + A'B$$

- (b) Simplify the following formula, showing the simplification process.

$$ABC + A'BC' + AB'C' + A'B'C'$$

- (c) Simplify the following formula, showing the simplification process.

$$AB + C(AB + C')$$

総合分析情報学 第8問 (Question A8)

- (1) 空間情報・地理データに関する以下の(a)から(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, 空間参照系, 空間言語
 - (b) 空間分布, 空間的自己相関, 距離
 - (c) 都市の縮小, コンパクトシティー, 空閑地
- (2) 地理的現象と空間分析に関する以下の各問いに答えよ。
- (a) 「わかりやすい都市」および「心地よい都市」という表現が用いられることがあるが、あなたが考えるそれぞれの定義を述べ、そのような都市を作るための方法を(i) 物的な環境, (ii) 居住者の心理, (iii) 情報技術の応用という3つの観点から簡潔に論ぜよ。
- (b) ある研究者が、以下の3点に関する分析を行いたいと考えている：(i) 井戸水の利用と感染症の関係, (ii) 鉄道駅からの距離と地価の関係, (iii) 犯罪の発生地点の分布状況。それぞれの分析のために考えられる方法について、空間分析という視点から、以下の語句を用いて簡潔に説明せよ。語句は各分析に1語対応させ、3語すべて用いること。
- 【用いる語句】オーバーレイ, バッファリング, カーネル密度推定。

Question A8

- (1) Explain the following three sets of terms concerning geospatial information, by clarifying the relationships between the terms within each set.
 - (a) locational information, spatial frames of reference, spatial language
 - (b) spatial distributions, spatial autocorrelation, distance
 - (c) city shrinkage, compact cities, vacant land
- (2) Answer the following questions about geographic phenomena and spatial analysis.
 - (a) Define the terms “legible cities” and “comfortable cities,” and concisely discuss methods for creating those cities from the perspective of (i) physical environments, (ii) the psychology of residents, and (iii) the application of information technology.
 - (b) Suppose that a researcher wants to examine (i) the relationship between the use of well water and an infectious disease, (ii) the relationship between the distance from a railway station and land prices, and (iii) the distribution of crime. Concisely discuss possible methods for the three analyses, using the following terms concerning spatial analysis. Use all three terms by allocating one term to each of the three analyses.
<Terms to be used:> overlay, buffering, kernel density estimation.

Entrance Examination
for Applied Computer Science Course,
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,
The University of Tokyo.
Academic Year 2016
(14:00-16:00, August 17th, 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	