

平成23（2011）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23年1月29日 10：00～12：00）

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(1)~(4)の問いに答えなさい。

(1) 以下の関数の極値を求めよ。

$$f(x, y) = x^4 + y^4 - 2x^2 - 4xy - 2y^2$$

(2) 以下の微分方程式をそれぞれ解け。

(a) $2xye^y dx + (y + 1)x^2 e^y dy = 0$

(b) $3x^2 y'' - xy' + y = 0, x > 0$

(3) 以下の連立微分方程式を解け。

$$\frac{dx}{y^2 - z^2} = \frac{dy}{y - 2z} = \frac{dz}{z - 2y}$$

(4) 以下に示す2つの円柱 (a), (b) の共通部分の体積を求めよ。

(a) $x^2 + y^2 \leq r^2 \ (r > 0)$

(b) $x^2 + z^2 \leq r^2 \ (r > 0)$

Question A1

- (1) Find the extremal value(s) of the following function.

$$f(x, y) = x^4 + y^4 - 2x^2 - 4xy - 2y^2$$

- (2) Solve the following differential equations.

(a) $2xye^y dx + (y + 1)x^2 e^y dy = 0$

(b) $3x^2 y'' - xy' + y = 0, x > 0$

- (3) Solve the following simultaneous differential equations.

$$\frac{dx}{y^2 - z^2} = \frac{dy}{y - 2z} = \frac{dz}{z - 2y}$$

- (4) Calculate the volume that is common to the two cylinders, (a) and (b).

(a) $x^2 + y^2 \leq r^2 \quad (r > 0)$

(b) $x^2 + z^2 \leq r^2 \quad (r > 0)$

総合分析情報学 第2問 (Question A2)

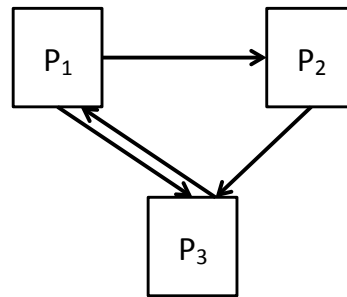
ページランク (PageRank) とは、Web の検索のために、相互にリンク関係がある各ページの重み係数 (ページランク) を求めるアルゴリズムで、以下のように定義されている。

$$R_i = \sum_{k \in \Lambda_i} \frac{R_k}{N_k} \quad \sum_{i \in \Phi} R_i = 1$$

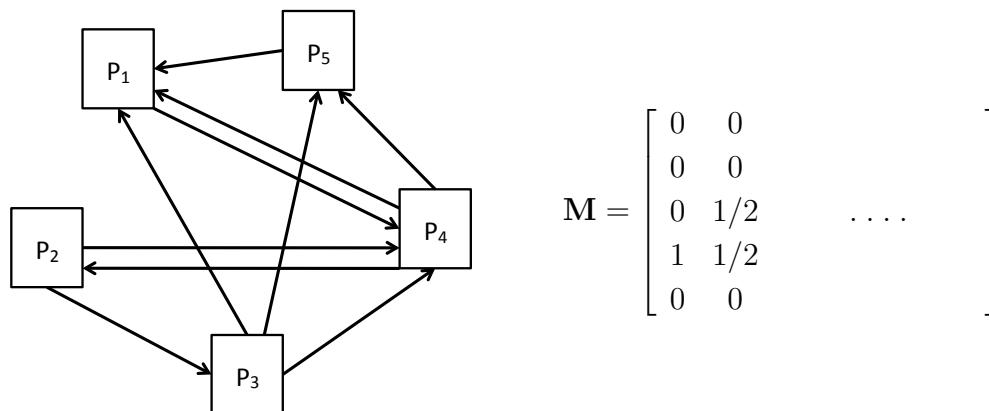
ここで、 R_i はページ i のページランク、 N_i はページ i が持つ他ページへのリンクの総数、 Λ_i はページ i へのリンクを持つページの集合、 Φ は全ページの集合とする。あるページから別のページへのリンク数は高々ひとつとする。

以下の問いに答えよ。

- (1) 以下の図の各ページのページランクを求めよ。



- (2) M は下図に対応する隣接行列である。各列の合計が 1 であるように正規化されていることに注意して、 M を完成させよ。



$$M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & & & \\ 0 & 0 & & & \\ 0 & 1/2 & & & \\ 1 & 1/2 & & & \\ 0 & 0 & & & \end{bmatrix}$$

- (3) M とページランク $\mathbf{R} = [R_1 \cdots R_5]^T$ との関係を示せ。
 (4) M からページランクを導出する方法を説明せよ。

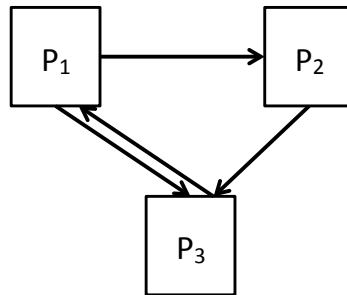
Question A2

PageRank is an algorithm for Web search that calculates the weights of the pages that are interconnected by links. It can be defined as:

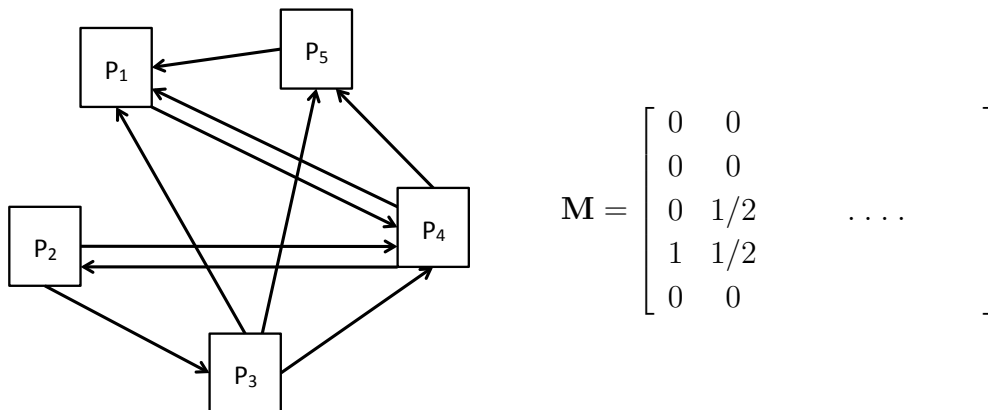
$$R_i = \sum_{k \in \Lambda_i} \frac{R_k}{N_k} \quad \sum_{i \in \Phi} R_i = 1$$

where R_i denotes a pagerank of the page i , N_i is a total number of links from page i , Λ_i is a set of pages that have links to page i , and Φ is a set of all pages. The number of links from one page to another is at most one.

- (1) Calculate the pageranks of the respective pages shown in the diagram.



- (2) \mathbf{M} is an adjacent matrix corresponding to the below diagram. Complete \mathbf{M} (note: the sum of each column is normalized to 1).



$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & & & \\ 0 & 0 & & & \\ 0 & 1/2 & & \dots & \\ 1 & 1/2 & & & \\ 0 & 0 & & & \end{bmatrix}$$

- (3) Show the relationship between \mathbf{M} and pagerank vector $\mathbf{R} = [R_1 \cdots R_5]^T$.
- (4) Briefly explain how pagerank can be calculated from \mathbf{M} .

総合分析情報学 第3問 (Question A3)

テキストの中から特定の文字列（以下パターン）を検索するためのアルゴリズムに関して、以下の問いに答えなさい。なお、テキストはアルファベット n 文字からなり、配列 `text[]` に格納されており、パターンはアルファベット m 文字からなり（但し $n \gg m$ ）、配列 `pattern[]` に格納されているものとする。

- (1) このような文字列検索アルゴリズムとして、図1にあるものを考える（主要な関数のみをC言語で示してある。行頭の数字は行番号を示す）。このアルゴリズムの動作を説明しなさい。また、このアルゴリズムの計算量（オーダー）を答えなさい。

```
1. int bf_match(const char text[], const char pattern[])
2. {
3.     int i = 0;
4.     int j = 0;
5.     while (text[i] != '\0' && pattern[j] != '\0') {
6.         if (text[i] == pattern[j]) {
7.             i++;
8.             j++;
9.         } else {
10.            i = i - j + 1;
11.            j = 0;
12.        }
13.    }
14.    if (pattern[j] == '\0') return (i - j);
15.    return (-1);
16. }
```

図 1

- (2) (1)のアルゴリズムでは、不一致文字に出会うとパターンを移動して再びパターンの先頭から照合を行うため、それまでの照合結果が捨てられてしまう。そこで、この情報を利用して、パターンの何文字目までがテキストに一致したのかに応じて、パターンをずらす分量を決めるアルゴリズムを考える。例えば、テキスト“ABXABYABCABDEF”からパターン“ABCABD”を検索する場合、パターンの3文字目‘C’で不一致が検出されるが、テキストの2文字目までは“AB”であり、この部分で新たに一致を検出する可能性がないことを意味しているので、パターンをテキストの‘X’まで2文字分ずらして、パターンの先頭から照合を再開すれば良い。このとき、パターン“ABCABD”中の各文字と不一致が検出されたときにパターンをずらす文字数との対応を示した以下の表を完成させなさい。

パターン中の文字	A	B	C	A	B	D
パターンをずらす文字数			2			

- (3) (2) のような表を、テキストに関係なくパターン自身を調べることで予め計算した上で、テキストの中からパターンを検索するアルゴリズムを考える。このような表が配列 `skip[]` として与えられている（パターンをずらす文字数がパターン中の文字順に配列に格納されている）場合に、図 1 の 5~13 行目の `while` 文を書き換えてこのアルゴリズムを実現しなさい。
- (4) (3) のアルゴリズムの計算量（オーダー）を答えなさい。但し、配列 `skip[]` を作成するための計算量は考えなくて良い。

Question A3

Answer the following questions about the string search algorithms that can search for a specific pattern in a given text. In the following algorithms, a text consisting of n characters is supposed to be stored in the array `text[]` while a pattern consisting of m characters is supposed to be stored in the array `pattern[]` ($n \gg m$).

- (1) Consider the algorithm shown in Figure 1 as one of the string search algorithms (Figure 1 shows only the key function of the algorithm in C language format. Each figure in line head denotes row number) and explain its behavior. And estimate the computational complexity of the algorithm.

```
1. int bf_match(const char text[], const char pattern[])
2. {
3.     int i = 0;
4.     int j = 0;
5.     while (text[i] != '\0' && pattern[j] != '\0') {
6.         if (text[i] == pattern[j]) {
7.             i++;
8.             j++;
9.         } else {
10.            i = i - j + 1;
11.            j = 0;
12.        }
13.    }
14.    if (pattern[j] == '\0') return (i - j);
15.    return (-1);
16. }
```

Figure 1

- (2) The algorithm in Figure 1 discards information on previously matched characters because it repeats pattern matching from the head of a pattern whenever a mismatch between a text and the pattern occurs. Then consider an algorithm that makes use of this information to determine where the next match could begin, thus bypassing re-examination of previously matched characters; for example, when searching for the pattern “ABCABD” in the text “ABX-ABYABCABDEF”, the algorithm finds a mismatch at the third character ‘C’ in the pattern, meaning that the first and the second characters in the text are ‘A’ and ‘B’, respectively and that there is no chance of finding the beginning of a match at the positions of these characters. The algorithm thus moves the pattern to the character ‘X’ in the text and searches again from the head of the pattern. Assuming this algorithm, fill the following skip table indicating

how many characters in a text the algorithm can skip to move the pattern of “ABCABD” when a mismatch is found.

character in the pattern	A	B	C	A	B	D
the number of characters that can be skipped	2					

- (3) Consider the algorithm that calculates in advance the skip table as shown in the question (2) by checking a pattern, no matter what text is given, and that searches for the pattern in the text. Assume that the skip table is stored in an array skip[] (the number of characters that can be skipped is stored in the array according to the character sequence in the pattern), realize this algorithm by rewriting the while sentence (Line 5-13) in the program shown in Figure 1.
- (4) Estimate the computational complexity of the algorithm in the question (3). Do not estimate the computational complexity in determining the array skip[].

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

- (1) 機械語命令におけるオペランドの以下のアドレスモードを説明せよ。
 - (a) 直接アドレス (direct address)
 - (b) 間接アドレス (indirect address)
 - (c) 相対アドレス (relative address)
 - (d) インデックス修飾アドレス (indexed address)
 - (e) ベースレジスタ相対アドレス (base register relative address)
- (2) 2つの符号なし整数の乗算命令を、加算命令とビットシフト命令を用いて実現するアルゴリズムをフローチャートを用いて記述せよ。
- (3) 連想記憶に関する以下の問いに答えよ。
 - (a) 連想記憶 (Associative Memory) がどのような方式か説明せよ。
 - (b) キャッシュメモリの制御に連想記憶がどのように使われるか説明せよ。

Question A4

- (1) Explain the following addressing modes in operand part of machine languages.
 - (a) Direct address
 - (b) Indirect address
 - (c) Relative address
 - (d) Indexed address
 - (e) Base register relative address
- (2) Describe using a flow chart the algorithm implementing multiplication of two unsigned integers by combining add instruction and bit-shift instruction.
- (3) Answer the following questions on associative memory.
 - (a) Explain the mechanism of associative memory.
 - (b) Explain how the associative memory is used in cache memory control.

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

- (1) 仮想記憶のページ置換アルゴリズムについて以下の問いに答えよ。
- (a) ページ 0~9 に対するアクセスが、以下の系列をとる時に、LRU (Least Recently Used) アルゴリズムで置換されるページがどれかを述べよ。
{7, 9, 3, 2, 9, 4, 6, 1, 3, 8, 2, 7, 9, 3, 0, 3, 2, 1, 5, 7, 3}
- (b) LRU の実現方法例を説明せよ。
- (c) ページアクセスの効率の観点から、最も理想的なページ置換アルゴリズムはどのようなものかを説明せよ。
- (2) キャッシュ・コヒレンシー機構におけるライトスルー方式とライトバック方式の違いを説明せよ。

Question A5

(1) Answer the following questions about page replacement algorithms in virtual memory mechanism.

(a) Provided there are pages, $0, \dots, 9$, for virtual memory. Answer which page will be replaced by the LRU (Least Recently Used) algorithm after the following page access sequence.

{7, 9, 3, 2, 9, 4, 6, 1, 3, 8, 2, 7, 9, 3, 0, 3, 2, 1, 5, 7, 3}

(b) Explain the implementation example of LRU algorithm.

(c) Explain the ideal page replacement algorithm from the viewpoint of page access efficiency.

(2) Explain the difference between write-through method and write-back method in cache coherence mechanism.

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) AS(Autonomous System) とは何か簡単に説明せよ。
- (2) AS内経路制御として代表的なものを2つ挙げて説明せよ。また、それぞれの利害得失を以下の観点から議論せよ。
 - (a) メッセージの複雑性
 - (b) 収束性
 - (c) エラーに対する堅牢性
- (3) AS間経路制御として代表的なものを1つ挙げ、説明せよ。
- (4) “prefix hijacking”の問題とは何か説明せよ。またこの問題を回避するにはどうしたらよいか。
- (5) “Hot Potato Routing”とは何か、例を挙げて詳しく説明せよ。

Question A6

Answer the following questions regarding the Internet.

- (1) Define AS(Autonomous System) concisely.
- (2) Explain two representative algorithms employed for intra-AS routing. Also, discuss pros and cons of each algorithm from the following perspectives.
 - (a) Message complexity
 - (b) Convergence
 - (c) Robustness
- (3) Explain one representative algorithm employed for inter-AS routing.
- (4) What is the problem of “prefix hijacking”? How can we avoid this problem?
- (5) What is “Hot Potato Routing”? Explain in detail giving examples.

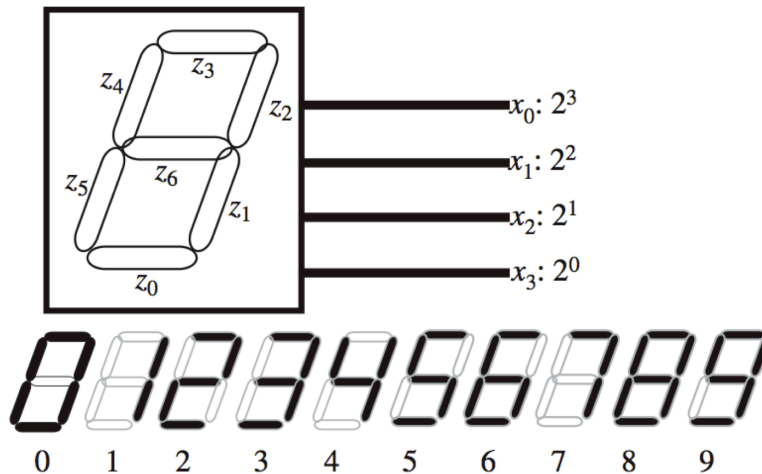
総合分析情報学 第7問 (Question A7)

- (1) 2ビットデータの2入力の比較器について、真偽値表を記した上で、そのゲート構成を図示せよ。

入力：A0, A1, B0, B1、出力：A, B, EQ

- (2) 下図に示すように、 $x_0 \sim x_3$ の4ビットのバイナリ入力を持ち、7つのセグメント ($z_0 \sim z_6$) から構成される数字のデジタル表示器を、組み合わせ論理回路で設計する。ここで、各出力 z_i の値を計算する論理回路の機能を論理関数 $f_i(x_0, x_1, x_2, x_3)$ で表すとき、以下の問に答えよ。

- (a) 0~9 以外の入力を与えられたときの各出力の値を 0 と定義する。その時の出力関数 $f_i (i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6)$ に対する加法標準形のうち、積項の数が最も多くなるものを見つけ、その積和標準の形で書け。
- (b) z_5 について、0~9 以外の入力に対する出力値を Don't Care とした場合の、真理値表、カルノーマップを作成した上で、 z_5 の出力を計算する論理回路を設計せよ。



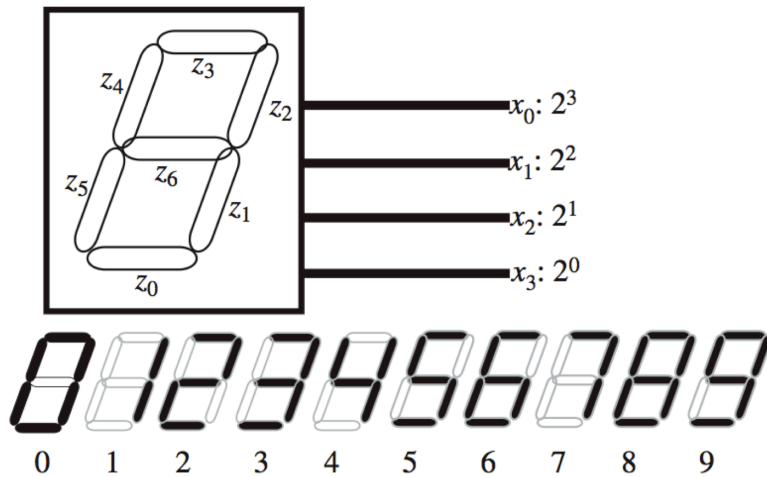
Question A7

- (1) Answer the true-false table and logic gate diagram of comparator with two inputs of 2-bit data as follows:

Input: A0, A1, B0, B1, Output: A, B, EQ

- (2) The following figure illustrates a digital number display consisting of 4 bits binary inputs (x_0, \dots, x_3) and seven segments (z_0, \dots, z_6), which is implemented by a combination logic circuit. When we describe the function of the logic circuit calculating the value of each output segment z_i by using logic functions $f_i(x_0, x_1, x_2, x_3)$, answer the following questions.

- (a) Provided that, when an input is none of $0, \dots, 9$, each output value is defined as 0. Describe the disjunctive canonical form of the function $f_i (i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6)$ containing the most number of terms.
- (b) If the value of z_5 is "don't care" when an input is none of $0, \dots, 9$, describe the true-false table, the Karnaugh map, and the logic circuit for calculating z_5 .



総合分析情報学 第8問 (Question A8)

(1) 空間データ・地理情報に関する以下の (a) から (c) の語句群について、それぞれ簡潔に説明せよ。

- (a) ベクターデータ、トポロジー
- (b) 地理情報システム、レイヤ、オーバーレイ解析
- (c) 視覚化 (可視化)、主題図、視覚変数

(2) 空間の情報に関する以下の各問いに答えよ。

- (a) 空間事象の代表的な性質として、「あらゆる事象が相互に関係性をもっているが、遠く離れたものよりも近くにあるものとの関係の方がより強い」ということが挙げられる。このことについて、具体例を交えながら説明せよ。
- (b) 位置 (場所) 情報の整備や応用を考える際に重要と思われることを、技術・利用・社会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 concerning geographic information and spatial data concisely.
 - (a) vector data, topology
 - (b) geographic information systems, layers, overlay analysis
 - (c) visualization, thematic maps, visual variables
- (2) Answer the following questions about spatial information.
 - (a) One of the fundamental characteristics of spatial phenomena can be described as “Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things.” Explain this statement by giving some concrete examples.
 - (b) Briefly discuss the issues that you think are important in the development and applications of locational information, from the perspectives of technology, use, and society.

**Entrance Examination for Masters Program
in Applied Computer Science Course,
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,
The University of Tokyo.
Academic Year 2011
(10:00-12:00, January 29th, 2011)**

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 eighteen 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	