

平成29（2017）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28年8月22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つ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) 行列 A の行列式を求めよ。

$$A = \begin{pmatrix} x & x+1 & x-1 & x+2 \\ x^2 & x^2+1 & x^2-1 & x^2+2 \\ x+1 & x-1 & x+3 & x \\ 5x & 4x & 3x & 2x \end{pmatrix}$$

(2) 次の微分方程式の一般解を求めよ。

(a) $y' + y \sin x = y^2 \sin x$

(b) $xy' + y = y^3 \log x$

Question A1

Answer the following questions.

- (1) Calculate the determinant of the matrix A .

$$A = \begin{pmatrix} x & x+1 & x-1 & x+2 \\ x^2 & x^2+1 & x^2-1 & x^2+2 \\ x+1 & x-1 & x+3 & x \\ 5x & 4x & 3x & 2x \end{pmatrix}$$

- (2) Solve the general solution of the differential equations below.

(a) $y' + y \sin x = y^2 \sin x$

(b) $xy' + y = y^3 \log x$

総合分析情報学 第2問 (Question A2)

4つのシンボル（文字）a,b,c,dからなる以下の電文1を、記号0,1からなる符号語で構成される Huffman 符号を用いて符号化するアルゴリズムを考える。

電文1

c a d a b b a a c a b a a a c d a a a b

- (1) 入力した電文の中のすべてのシンボル ch の出現確率 $p(ch)$ を求める処理を疑似プログラムを用いて記述せよ。
- (2) 出現確率 $p(ch)$ を用いて各シンボル ch の Huffman 符号を作成する処理を疑似プログラムで記述せよ。
- (3) 上記電文1の各シンボルの出現確率と Huffman 符号を求めよ。

シンボル	出現確率	Huffman 符号
a		
b		
c		
d		

- (4) 以下の電文2を上で求めた Huffman 符号を用いて符号化せよ。

電文2

c a d a b b a a

Question A2

Consider the encoding algorithm of the following "Telegram 1" made of four symbols (characters) a, b, c, and d by using Huffman code composed of symbols 0 and 1.

"Telegram 1"

c a d a b b a a c a b a a a c d a a a b

- (1) Describe the process to obtain the occurrence probability $p(\text{ch})$ of all symbols ch in the input telegram by using a pseudo program.
- (2) Describe the process to make the Huffman code for each symbol ch using the occurrence probability $p(\text{ch})$ by using a pseudo program.
- (3) Obtain the probability of occurrence and the Huffman code of each symbol of the above "Telegram 1".

symbol	probability of occurrence	Huffman code
a		
b		
c		
d		

- (4) Encode the following "Telegram 2" by using the Huffman code obtained above.

"Telegram 2"

c a d a b b a a

総合分析情報学 第3問 (Question A3)

- (1) 以下のCプログラミングを実行するとき、(a), (b) の出力結果を記せ。

```
#include <stdio.h>
int f(int *i, int *j) {
    *i += 4 + *j;
    printf("%d, %d\n", *i, *j); // (a)
    return *i + *j;
}
void main() {
    int x = 2;
    x = f(&x, &x);
    printf("%d\n", x); // (b)
}
```

- (2) 言語処理系における JIT (Just In Time) コンパイルーションとは何か。簡潔に説明し、その効用について述べよ。
- (3) アルファベット $\Sigma = \{a, b\}$ からなる列のうち、奇数個のものすべてとのみ一致する (それ以外とは一致しない) 正規表現 (regular expression) を記せ。ここで、 α^* は α の 0 回以上の繰り返しに一致し、 $(\alpha|\beta)$ は α あるいは β のいずれかに一致する正規表現とする。
- (4) アルファベット $\Sigma = \{a, b\}$ からなる列のうち、 $aabbab$ など、奇数個の a を含む列すべてとのみ一致する (それ以外とは一致しない) 正規表現 (regular expression) を記せ。(3) と同じ記法を用いよ。

Question A3

- (1) Write down the print out results at (a) and (b) when the following C program is executed.

```
#include <stdio.h>
int f(int *i, int *j) {
    *i += 4 + *j;
    printf("%d, %d\n", *i, *j); // (a)
    return *i + *j;
}
void main() {
    int x = 2;
    x = f(&x, &x);
    printf("%d\n", x); // (b)
}
```

- (2) Briefly explain “*JIT (Just-In-Time) compilation*” in programming language processing and its benefits.
- (3) Write a regular expression that only matches the language over the alphabet $\Sigma = \{a, b\}$ consisting of all those strings that contain an odd number of alphabets. Note that $(\alpha|\beta)$ matches either α or β , and α^* matches zero or more of α .
- (4) Write a regular expression that only matches the language over the alphabet $\Sigma = \{a, b\}$ consisting of all those strings that contain an odd number of a 's, such as *aabbab*. Use the same notation as in (3).

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

プロセッサに関する以下の設問に答えよ。

- (1) プロセッサにおける命令の実行に関し、パイプライン処理とは何か説明せよ。
- (2) パイプライン処理が効率的に機能しない3つのケースを挙げ説明せよ。
- (3) 5ステージの典型的パイプラインアーキテクチャ(例えば MIPS) で利用される各ステージ, F, D, E, M, W の処理をそれぞれ簡潔に説明せよ。
- (4) パイプラインアーキテクチャにおけるフォワーディングとは何か説明せよ。
- (5) 図 A4-1 に示す疑似命令のシーケンスに関し、(3) で定義した5つのステージ, F, D, E, M, W を空欄に書き入れ、パイプライン実行の様子を描け。初期条件は $S1 = S2$ であり、ブランチに関しては、条件は成り立たないと予測すると仮定せよ。 S_n はレジスタ n を表す。ただし、フォワーディングが可能であると仮定してよい。フォワーディングが起きる場合は図示せよ。

instructions	cycles	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
beq \$1, \$2, L												
lw \$3, 0(\$4)												
L:sub \$5, \$3, \$1												
lw \$4, 0(\$5)												
add \$6, \$4, \$5												

図 A4-1: 命令シーケンス

なお、疑似命令の意味は以下である。

- beq \$s,\$t,label : 2つのレジスタ \$s と \$t が等しい場合に “label” へブランチする
 - lw \$t,offset(\$s) : アドレス \$s+offset からワードをレジスタ \$t へ読み込む
 - sub \$d,\$s,\$t : レジスタ \$s から \$t を減算し結果をレジスタ \$d へ書き込む
 - add \$d,\$s,\$t : レジスタ \$s と \$t を加算し結果をレジスタ \$d へ書き込む
- (6) パイプライン実行をする場合、しない場合で、前問(5)の命令シーケンスを実行するのに必要なサイクルの数を比較せよ。
 - (7) プロセッサにおけるアウトオブオーダー実行とは何か説明せよ。

Question A4

Answer the following questions regarding processors.

- (1) Explain the pipeline technique for executing instructions in processors.
- (2) Explain three cases where the pipeline technique may not work efficiently.
- (3) In typical five-stage pipeline architecture such as in MIPS, concisely explain what each of the five stages, F, D, E, M and W does, respectively.
- (4) Explain the forwarding technique used in pipeline architectures.
- (5) Draw a diagram of pipeline execution, as shown in Figure A4-1, filling in blanks each of five stages, F, D, E, M, and W defined in question (3) as to the following sequence of pseudo instructions. Assume that branch instructions are predicted to be not taken and that initially $\$1 = \2 holds. Note that $\$n$ is register n . Also assume that the forwarding feature is available and draw where forwarding occurs.

	cycles	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
Instructions												
beq \$1, \$2, L												
lw \$3, 0(\$4)												
L:sub \$5, \$3, \$1												
lw \$4, 0(\$5)												
add \$6, \$4, \$5												

Figure A4-1: instruction sequence

Note the operations of the pseudo instructions are shown as follows:

- **beq \$s,\$t,label** : Branches to “label” if the two registers, \$s and \$t, are equal
 - **lw \$t,offset(\$s)** : A word is loaded into register \$t from address \$s+offset
 - **sub \$d,\$s,\$t** : Subtracts registers \$t from \$s and stores the result in register \$d
 - **add \$d,\$s,\$t** : Adds two registers \$s and \$t and stores the result in register \$d
- (6) Compare the number of cycles taken for the completion of instructions in question (5), with and without pipelining.
 - (7) Explain the technique called out-of-order execution in processors.

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

以下に示すコード A, B は、それぞれ 3 つの命令を用いて共有変数 x の値を更新する。共有変数 x の初期値は 0 とする。コード A, B は、それぞれ 1 つのスレッドが一回ずつ実行し、それら 2 つのスレッドがコードを並行して実行するとき、以下の問いに答えよ。

コード A	コード B
A1: x の値をレジスタ $r1$ にロードする	B1: x の値をレジスタ $r2$ にロードする
A2: $r1$ に値 1 を足し込む	B2: $r2$ に値 2 を足し込む
A3: $r1$ の値を x にストアする	B3: $r2$ の値を x にストアする

[条件] 各命令は不可分に実行されるが、命令間ではコードの実行が切り替わることがある。共有変数 x はこれらのコードによってのみ更新される。各スレッドは異なるレジスタのセットを持つ。2 つのスレッドの相対的な実行速度については何も仮定できない。

- (1) 共有変数 x の最終値が 3 となるときの、命令 A1, A2, A3, B1, B2, B3 の実行順序をすべて挙げよ。
- (2) 共有変数 x の最終値が 3 以外にとり得る値をすべて挙げよ。
- (3) コード A を二つのスレッドが 1 回ずつ、コード B を 3 つのスレッドが 1 回ずつ実行し、これら 5 個のスレッドが並行して実行するとき、 x の最終値が取り得る値をすべて挙げよ。また、そう答える理由を述べよ。
- (4) コード A, B の並行実行において、常に、これらを逐次実行した場合と同じ結果になるように制御を行うには、どのような制御を行えばよいか。適当な同期命令を定義し、その命令を用いた解を擬似的なコードで示せ。

Question A5

The following codes A and B consist of three instructions respectively and update the shared variable x . Suppose the initial value of x is 0. The codes A and B are executed once by a single thread respectively, and these two threads execute the codes concurrently.

Code A	Code B
A1: Load the value of x into register $r1$.	B1: Load the value of x into register $r2$.
A2: Add constant 1 to $r1$.	B2: Add constant 2 to $r2$.
A3: Store the value of $r1$ into x .	B3: Store the value of $r2$ into x .

Assume each instruction is executed indivisibly and threads can execute at any relative speed and arbitrary thread interleaving is possible. Each thread has a different set of registers. The value of x is only updated in the above codes.

Answer the following questions.

- (1) Describe all possible execution orders of the instructions A1, A2, A3, B1, B2 and B3 that cause the final value of x to be 3.
- (2) Determine all possible final values of x other than 3.
- (3) Consider the case when the code A is executed by two threads and the code B is executed by three threads. These five threads execute the codes once concurrently. Determine all possible final values of x . Explain why.
- (4) Describe a solution that ensures the final value of x obtained by the sequential execution of the codes by using a synchronous primitive (instruction). Define an appropriate synchronization instruction and show the pseudo code.

総合分析情報学 第6問 (Question A6)

- (1) LAN (ローカルエリアネットワーク) に関する以下の問いに答えよ。
 - (a) マンチェスター符号化方式を説明せよ。
 - (b) CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) を説明せよ。
 - (c) CSMA/CD による通信方式の、リアルタイム性に関する課題と、セキュリティに関する課題を説明せよ。
- (2) TCP/IP の実現に用いられる基礎的な技術に関する以下の問いに答えよ。
 - (a) 経路制御表 (ルーティングテーブル, Routing Table) を用いた経路制御 (ルーティング) の仕組みの機能を説明せよ。
 - (b) スライディングウィンドウ方式 (Sliding Window) によるフロー制御方式を説明せよ。

Question A6

- (1) Answer the following questions on LANs (Local Area Networks).
 - (a) Explain Manchester Encoding scheme.
 - (b) Explain CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance).
 - (c) Explain realtimeness and security problems of communications based on CSMA/CD.

- (2) Answer the following questions on basic technology necessary for TCP/IP implementation.
 - (a) Explain the routing mechanism that uses routing tables.
 - (b) Explain flow-control mechanism of sliding window scheme.

総合分析情報学 第7問 (Question A7)

(1) ブール代数に関する以下の問いに答えよ。

(a) 以下のブール式 (i) の真理値表を示し、加法標準形に求めよ。

$$(a' + b)(b' + c) \quad (i)$$

(b) 以下のブール関数 (ii) を簡約化された Sum of Product のブール式を用いて表現し、それを実現するゲート回路図を作成せよ。なお関数 (ii) の右辺は、10進数表現した最小項の論理和による加法標準形を表している。

$$F(w, x, y, z) = \Sigma (0, 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13, 14) \quad (ii)$$

(2) ブール関数 (iii) のクワイン法に基づいた簡約化に関する以下の問いに答えよ。

$$z(a, b, c, d) = a'b'cd + bcd + abc' + ab'cd \quad (iii)$$

(a) 関数 (iii) を加法標準形に直せ。

(b) $x'y + xy = y$ という特性を利用して、(a) で作成した加法標準形のすべての最小項の任意の2つの組合わせで作成できる圧縮項 (第一次圧縮) をすべて求めよ。

(c) (b) で作成した第一次圧縮された項の中の2つの組合わせで作成できる第二次圧縮項を求め、更にこの手順を可能であれば繰り返し、関数の中のリテラルの数が最小にさせるように簡約化を完成させよ。

(3) ゴードン ムーア氏が提唱したムーアの法則に関する以下の問いに答えよ。

(a) ムーアの法則とはどのようなものか説明せよ。

(b) 近年、ムーアの法則が減速していると言われているが、その原因と考えられている代表的な技術要因を説明せよ。

Question A7

(1) Answer the following questions on Boolean Algebra.

- (a) Show the truth table of following Boolean expression (i), and its disjunctive canonical form.

$$(a' + b)(b' + c) \quad (i)$$

- (b) Translate the following Boolean function (ii) into simplified Boolean function in the "Sum of Product" expression. The right side of the following Boolean function (ii) expresses the disjunctive canonical form of logical sum of minterms in the decimal number form.

$$F(w, x, y, z) = \Sigma (0, 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13, 14) \quad (ii)$$

(2) Answer the following questions on the simplification of Boolean function (iii) using the Quine-method.

$$z(a, b, c, d) = a'b'cd + bcd + abc' + ab'cd \quad (iii)$$

- (a) Translate function (iii) into the disjunctive canonical form.
- (b) Answer all the first-step combined terms that are generated from the combination of two minterms answered in question (a), using the equation $x'y + xy = y$.
- (c) Answer all the next-step combined terms generated from the combination of two first-step combined terms, repeating this step if possible. Complete the simplification so as to minimize the number of literals in the function.

(3) Answer the questions on Moore's law proposed by Dr. Gordon E. Moore.

- (a) Explain Moore's law.
- (b) Recently, it is often said that Moore's law has been slowing down. Explain representative technical issues for the cause of this situation.

総合分析情報学 第8問 (Question A8)

(1) 地理空間情報に関する以下の (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) 空間データ、データモデル、属性情報
- (b) 地図、大縮尺／小縮尺、詳細さ
- (c) ナビゲーション、ランドマーク、空間参照

(2) 空間データの分析に関する以下の問いに答えよ。

ある研究者が、地理情報システム (GIS) を用いて、以下の (a)、(b)、(c) のようなデータを各目的で分析したいと考えている。(a) ~ (c) それぞれの分析目的に適した空間分析の手法の名称を述べ、各分析の具体的内容を簡潔に議論せよ。

- (a) 【データ】以下の5つのデータレイヤー：
- ・ 土壌 (地質タイプ) の分布データ
 - ・ 人口分布データ
 - ・ 道路および鉄道の分布データ
 - ・ 保存地区 (開発制限地区) の分布データ
 - ・ 現在の農地分布データ

【目的】新たな農地開発に適した地域を探す。

- (b) 【データ】自転車事故の発生地点データ

【目的】自転車事故が集中して発生している場所を見出す。

- (c) 【データ】以下の2つのデータレイヤー：

- ・ 鉄道の分布データ
- ・ 賃貸住宅と家賃の分布データ

【目的】鉄道駅からの距離と家賃の関係を調べる。

Question A8

(1) Explain the following three sets of terms concerning geospatial information, by clarifying the relationships between the terms within each set.

- (a) spatial data, data models, attribute data
- (b) maps, large-scale/small-scale, detail
- (c) navigation, landmarks, spatial referencing

(2) Answer the following questions about spatial data analysis.

Suppose that a researcher wants to analyze the data sets (a), (b), and (c) for each objective below using a geographic information system (GIS). Give the name of a method of spatial analysis suitable for each objective, and briefly discuss the details of each analysis.

(a) **【Data】** The following five data layers:

- Soil types
- Population
- Roads and railways
- Areas for preservation (development-restricted areas)
- Current farm lands

【Objective】 To seek for an area suitable for new agricultural development

(b) **【Data】** Occurrences of bicycle accidents

【Objective】 To find places where bicycle accidents occur frequently

(c) **【Data】** The following two data layers:

- Railways
- Rental houses and rental rates

【Objective】 To examine the relationship between the distance from a station and housing rent

Entrance Examination
in Applied Computer Science Course,
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,
The University of Tokyo.
Academic Year 2017
(14:00-16:00, August 22nd, 2016)

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	