

平成31（2019）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31年1月15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6問の問題が収録されている。この6問の中から問1、問2の2問と、問3、4、5、6から選択した2問、の計4問に解答すること。
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。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. 各解答用紙の上方の欄に、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) 必須問題

以下の問に答えよ。

- (1) 行列 A の固有値、固有ベクトルを求めよ。ただし $0 < \theta < \pi$ とする。

$$A = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ -1 & 1 & -1 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix}$$

- (2) 次の微分方程式の一般解を求めよ。

$$y'' + y' + y = 0$$

- (3) $f(x) = x^2 - 2x^3$ について

- (a) この関数の極値をすべて求めよ。

- (b) $\int_0^1 |f(x)| dx$
を求めよ。

Question A1 (Mandatory)

Answer the following questions.

- (1) Calculate the eigenvalues and eigenvectors of the matrix A . Note that $0 < \theta < \pi$.

$$A = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ -1 & 1 & -1 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix}$$

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

$$y'' + y' + y = 0$$

- (3) With respect to $f(x) = x^2 - 2x^3$

(a) Calculate all extreme values.

(b) Calculate

$$\int_0^1 |f(x)| dx.$$

総合分析情報学 第2問 (Question A2) 必須問題

- (1) 額面 1, 2, 4, 7 円の 4 種類のコインを用いて、指定された金額を、コインの合計枚数が最も少なくなるように支払うことを考える。たとえば 8 円を支払う場合の最小コイン枚数は 1 円と 7 円で支払う 2 枚となる。

ここで、コインの額面を $C_0 = 1, C_1 = 2, C_2 = 4, C_3 = 7$ と表現し、 $0 \leq i \leq n$ のコイン C_i を使って m 円を支払うときのコインの最小枚数を $T_{n,m}$ とする。以下は、このような $T_{n,m}$ の表を部分的に完成させたものである。たとえば、 $T_{2,3}$ すなわち C_0 から C_2 までのコインを使って 3 円支払う場合のコインの最小枚数は、表の枠で囲まれた数字のとおり 2 となる：

		m												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...
n	0	0	1	2	3	4	5							
	1	0	1	1	2	2	X							
	2	0	1	1	2	1	Y							
	3	0	1	1	2	1	Z							

- (a) 表の X, Y, Z を埋めよ。
- (b) $T_{n,m}$ を $T_{n',m'}$ (ただし $0 \leq n', 0 \leq m'$ で、 $n' < n$ か $m' < m$ のどちらかが成立する) を用いて定義せよ。
- (c) $T_{n,m}$ を動的計画法により計算する関数 $\text{calcT}(n, m)$ を、プログラミング言語によって記述せよ。記述に使用したプログラミング言語を明記すること。
- (2) プログラミング言語における「末尾再帰」とは何か。例を示して説明せよ。

Question A2 (Mandatory)

- (1) Using four kinds of coins, 1, 2, 4, and 7 yen, consider paying the indicated amount so that the total number of coins is the smallest. For example, the minimum number of coins when paying 8 yen will be 2, paid with 1 yen and 7 yen.

Here, let's represent coins as $C_0 = 1$, $C_1 = 2$, $C_2 = 4$, and $C_3 = 7$, then define $T_{n,m}$ as the smallest number of coins when paying m yen using coins C_i where $0 \leq i \leq n$. The table below is a partial completion of $T_{n,m}$. For example, the minimum number of coins $T_{2,3}$ when paying 3 yen with C_0 to C_2 coins is 2, which is the number surrounded by the frame in the table:

		m												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...
n	0	0	1	2	3	4	5							
	1	0	1	1	2	2	X							
	2	0	1	1	2	1	Y							
	3	0	1	1	2	1	Z							

- (a) Fill X, Y, and Z in the table.
- (b) Define $T_{n,m}$ by using $T_{n',m'}$ (where $0 \leq n'$ and $0 \leq m'$, and either $n' < n$ or $m' < m$).
- (c) Define function `calcT(n, m)` that calculates $T_{n,m}$ using the dynamic programming algorithm in your chosen programming language. Specify which programming language is used.
- (2) What is “tail recursion” in programming language? Explain by providing an example.

以降の問題（問3，問4，問5，問6）は選択問題である。2つを選択し、解答せよ。選択した問題の番号を解答用紙に明記せよ。

Select two questions to answer from the following Questions A3, A4, A5, and A6. Mark the numbers of questions you selected in the answer sheets.

総合分析情報学 第3問 (Question A3)

以下の問すべてに答えよ。

- (1) 1から4までの数が等確率で出る4面体のサイコロについて考える。8個のサイコロを振った際の目の合計を X とする。次の小問すべてに答えよ。サイコロの目は互いに独立であると仮定して良い。
 - (a) X の期待値と分散を求めよ。
 - (b) X が3の倍数となる確率を求めよ。
- (2) 成功率 π の独立なベルヌーイ試行を5回行ったところ3回成功した。次の小問すべてに答えよ。
 - (a) 尤度を π で表わせ。
 - (b) 成功率 π に関する事後分布をベータ分布で表わせ。事前分布は一様であるとする: $p(\pi) = 1$ ($0 \leq \pi \leq 1$)。
- (3) 教師あり学習, 教師なし学習, 強化学習について説明せよ。以下の用語を用いること。
訓練例, テスト例, 方策, 価値関数, ニューラルネットワーク, k-means, 分類, 回帰, クラスタリング, マルコフ決定過程, Q学習

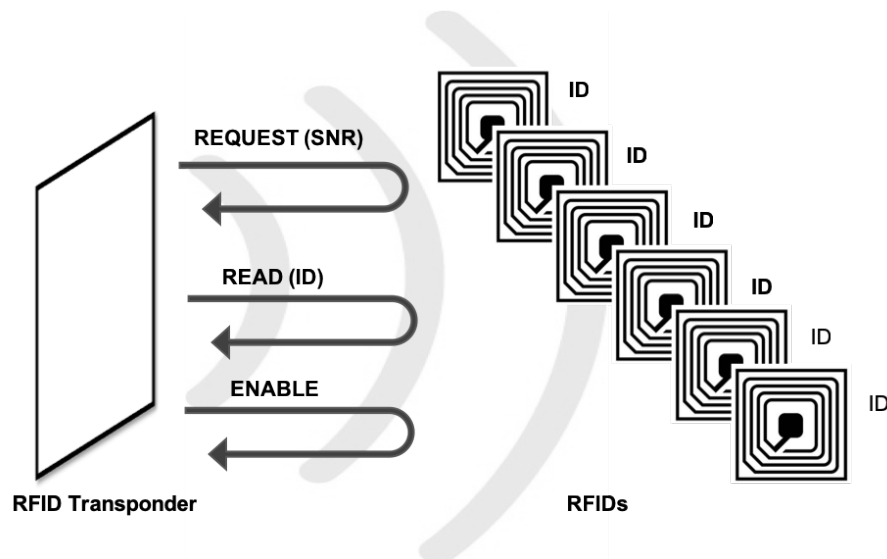
Question A3

Answer the following questions.

- (1) You have eight dice, each of which has four faces numbered from one to four. Each face shows up with the exactly same probability. Let X be the sum of the numbers on the top faces, when one rolls the eight dice. Answer the following questions. You can assume that each die roll is independent.
 - (a) Determine the expected value and variance of X .
 - (b) Determine the probability that X is a multiple of three.
- (2) One observed three successes out of five independent Bernoulli trials with success probability π .
 - (a) Define the likelihood by using π .
 - (b) Define the posterior distribution of π as Beta distribution when the prior distribution is uniform: $p(\pi) = 1$ ($0 \leq \pi \leq 1$).
- (3) Explain supervised learning, unsupervised learning, and reinforcement learning, by using the following phrases.
training data, test data, policy, value function, neural networks, k-means, classification, regression, clustering, Markov decision process, Q-learning

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

- (1) RFID (Radio Frequency Identifier) とはどのようなデバイスか説明せよ。
- (2) パッシブ型 RFID の衝突回避 (アンチコリジョン、Anti-collision) に関する以下の間に答えよ。
- 単一の transponder が、複数のパッシブ型 RFID を同時に読み取る際に、衝突回避を行うため、RFID には、ユニーク ID (id) が付与されており、かつ以下のコマンドを備えている。
 - REQUEST (SNR) : RFID の id が SNR 以下の場合は、RFID は id を返送する。
 - READ (ID) : RFID のユニーク ID が id の場合、RFID は格納データを返送して、Disabled 状態となり、以後 ENABLE コマンド以外のすべてのコマンドを無視する。
 - ENABLE : すべての RFID を Disabled 状態から解除する。
 - transponder は、上記のコマンドを発行し、返送データを受領できる。複数の RFID が同時にデータを返送した場合 (衝突, collision) を検知できる。

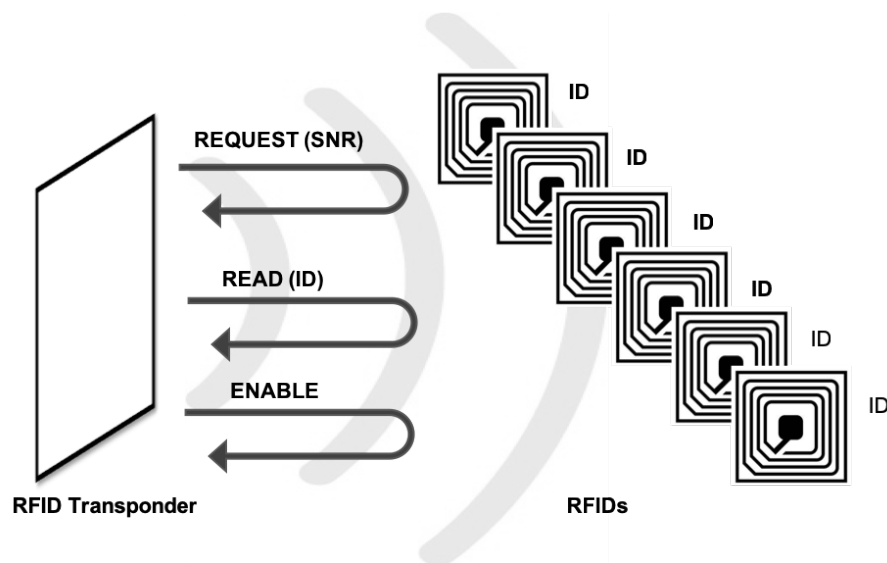


- (a) 6 枚の RFID があり、 id が 1、5、9、11、12、13 である。transponder から、REQUEST (16)、REQUEST (8)、REQUEST (4) を送信した結果をそれぞれ説明せよ。
- (b) 同時に読み取る複数の RFID の id を葉ノードの値とした二分木を構成し、上記のコマンドを使って二分木を探索することで衝突回避した読み取りプロトコルを説明せよ。必要に応じて、コマンドを追加しても構わない。
- (3) 地理情報システムに関する以下の間に答えよ。

- (a) 二次元平面上 R^2 の点の集合 $S = \{s | s \in R^2\}$ があり、検索点 $q \in R^2$ があるとき、 S の中で q に最も近い点を探す最近傍探索を考える。この際、近傍探索を高速化する手法には様々なものが提案されているが、その中から一つを選びそのアルゴリズムの概要を点集合 S のデータ構造とともに説明せよ。
- (b) (3)(a) で説明した近傍探索アルゴリズムにおいて、 S に含まれる点の数が N の時、検索の処理時間を N のオーダーで示せ。

Question A4

- (1) Explain what kind of device RFID (Radio Frequency Identifier) is.
- (2) Answer the following questions on anti-collision technique of passive RFIDs.
 - Provided that passive RFID has a unique identifier (*id*) and the following commands for anti-collision mechanism which enables single transponder to read multiple passive RFIDs simultaneously.
 - **REQUEST (SNR)** : RFID returns its *id* when the *id* is less than or equal to SNR.
 - **READ(ID)**: When *id* of RFID is equal to ID, the RFID returns data stored in the RFID, and it becomes **Disabled** state. Then, it ignores all commands except **ENABLE**.
 - **ENABLE**: All RFIDs are released from **Disabled** state into normal state.
 - Transponder sends above commands and receives returned data. It can detect the collision in which multiple RFIDs send data simultaneously.



- (a) When there are six RFIDs whose *ids* are 1, 5, 9, 11, 12, and 13. Explain each result of command from the transponder **REQUEST (16)**, **REQUEST (8)**, and **REQUEST (4)**.
 - (b) Explain organization of a binary tree in which each leaf node contains *id* of one of the multiple RFIDs which are read simultaneously, and anti-collision RFID read protocol which uses the above commands and searches the binary tree. If necessary, you may add another command of RFID.
- (3) Answer the following questions on geographical information system.

- (a) Consider nearest neighbor search in which point set $S = \{s | s \in R^2\}$ in two dimensional space R^2 is provided, and nearest point in S from $q \in R^2$ is searched. Various methods which accelerate the nearest neighbor search have been proposed. Specify a method among them and explain the overview of the algorithm of the method in addition to the data structure of point set S .
- (b) When the number of points in S is N , show the processing time of the nearest neighbor search algorithm explained in (3)(a) in N 's order.

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

インターネットに関する以下の問いに答えよ。

- (1) プロトコルとは何か説明せよ。
- (2) インターネットのプロトコルは5層に分類される。各層の役割、および、層状に構成する理由を説明せよ。
- (3) ネットワークが混雑して使用不可にならないための制御を2つ挙げて説明せよ。この制御はどの層で実施されているか説明せよ。
- (4) データの伝播においては、有線・無線などのブロードキャストの媒体を複数のユーザーが共有して使用するいくつかの方式が利用される。以下の方式を説明せよ。
 - (a) TDMA
 - (b) FDMA
 - (c) CDMA
 - (d) CSMA
 - (e) Token Ring
- (5) 前問において、プロトコルの観点から理想的な方式はどのような特長を持つべきか、4つの理想的な特長を議論せよ。
- (6) 以下の用語を説明せよ。
 - (a) CDN
 - (b) OTT
 - (c) ネットワークスライシング
 - (d) 5G
 - (e) ネットワークソフトウェア化

Question A5

Answer the following questions regarding the Internet technologies.

- (1) Define “Protocol”.
- (2) The Internet Protocol is divided into 5 layers. Explain the functionalities of each layer and the reason why they are structured in layers.
- (3) Explain two mechanisms to prevent the Internet from congestion collapse. Also answer which layer implements these mechanisms.
- (4) In propagation of data, wired/wireless broadcast media is shared by multiple users. Explain the following methods for media access controls.
 - (a) TDMA
 - (b) FDMA
 - (c) CDMA
 - (d) CSMA
 - (e) Token Ring
- (5) In the previous questions, discuss the four ideal characteristics in media access controls from the protocol point of view.
- (6) Explain the following terminologies.
 - (a) CDN
 - (b) OTT
 - (c) Network slicing
 - (d) 5G
 - (e) Network softwarization

総合分析情報学 第6問 (Question A6)

コンピュータのハードウェアアーキテクチャ技術に関する以下の問いに答えよ。

(1) 以下の用語を説明せよ。

- (a) ISA
- (b) FLOPS
- (c) RISC/CISC
- (d) Pipeline Hazard
- (e) ALU
- (f) TLB
- (g) Register File
- (h) SIMD/MIMD
- (i) MADD(積和演算)
- (j) ASIC

(2) コンピュータの基本的なアーキテクチャをできるだけ詳細に図示せよ。

(3) 前問において、命令が実行されるステップをできるだけ詳細に説明せよ。

(4) CPU と GPU の相違点を説明せよ。

(5) 近年機械学習等で GPU が用いられるようになってきている。その理由をアーキテクチャの観点から説明せよ。

Question A6

Answer the following questions on computer hardware architecture.

- (1) Explain the following terminologies.
 - (a) ISA
 - (b) FLOPS
 - (c) RISC/CISC
 - (d) Pipeline Hazard
 - (e) ALU
 - (f) TLB
 - (g) Register File
 - (h) SIMD/MIMD
 - (i) MADD(multiply-add)
 - (j) ASIC
- (2) Illustrate the fundamental architecture of computer hardware in as much detail as possible.
- (3) In the previous question, explain how instructions get executed in as much detail as possible.
- (4) Explain the difference between CPU and GPU.
- (5) Recently GPU is utilized for machine learning. Explain the reason from the viewpoint of hardware architecture.

Entrance Examination
in Applied Computer Science Course,
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,
The University of Tokyo.
Academic Year 2019
(14:00-16:00, January 15th, 2019)

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 six questions. Answer Question 1 and Question 2, and answer two questions from any of Questions 3, 4, 5, and 6.
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	