

令和2(2020)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

(令和元年8月19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

- (1) 任意の $N \times N$ 行列 A 、任意の $N \times N$ ユニタリ行列 U について (N は正の整数)、 $B = U^\dagger A U$ としたとき、 $\operatorname{tr} A = \operatorname{tr} B$ が成り立つことを示せ。ただし、 U^\dagger は U の随伴 (共役転置) 行列で、 $U^{-1} = U^\dagger$ を満たす。また、 $\operatorname{tr} X$ は正方行列 X の対角要素の和である。

- (2) 関数

$$y = \sin^{-1} x \quad (-1 < x < 1, -\pi/2 < y < \pi/2)$$

を x^5 の項までマクローリン展開せよ。なお、 \sin^{-1} は \sin の逆関数である。

- (3) 微分方程式

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2 \frac{dx}{dt} + 2x = 0$$

について以下の問いに答えよ。

- (a) $x(0) = 1$ および $x'(0) = 0$ を満たす解を求めよ。
- (b) $x(t) = 0$ を満たす最小の正の値 t ($t > 0$) を求めよ。ただし、 $x(t)$ は (a) で求めた解である。

Question A1 (Mandatory)

- (1) Let \mathbf{A} and \mathbf{U} be an arbitrary $N \times N$ matrix and an arbitrary $N \times N$ unitary matrix, respectively (N is a positive integer). Let $\mathbf{B} = \mathbf{U}^\dagger \mathbf{A} \mathbf{U}$, where \mathbf{U}^\dagger is the adjoint matrix (conjugate transpose) of \mathbf{U} and satisfies $\mathbf{U}^{-1} = \mathbf{U}^\dagger$. Prove that $\text{tr } \mathbf{A} = \text{tr } \mathbf{B}$, where $\text{tr } \mathbf{X}$ is the sum of the diagonal elements of a square matrix \mathbf{X} .

- (2) Find the Maclaurin series up to the term in x^5 for the following function:

$$y = \sin^{-1} x \quad (-1 < x < 1, -\pi/2 < y < \pi/2)$$

Note that \sin^{-1} is the inverse function of \sin .

- (3) Answer the following questions about the differential equation below:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\frac{dx}{dt} + 2x = 0$$

- (a) Find the solution that satisfies $x(0) = 1$ and $x'(0) = 0$.
- (b) Find the smallest positive value of t ($t > 0$) that satisfies $x(t) = 0$, where $x(t)$ is the solution obtained in (a).

総合分析情報学 第2問 (Question A2) 必須問題

- (1) ソーティングプログラムに関する以下の問に答えよ。
- (a) 図 A2-1 は、Python 言語で記述されたリスト要素をソートするプログラムである。このプログラムのソートのアルゴリズムの名称と動きを説明せよ。
 - (b) 図 A2-2 は、Python 言語で記述されたクイックソートプログラムの一部である。これを参考にして、クイックソートのプログラムを示せ。コメントアウト部分の*1:や*2:を埋める Python 言語のプログラムで解答しても、クイックソートプログラム全体を他のプログラミング言語で解答してもよい。ただし後者の場合は、どのプログラミング言語を使ったかを示すこと。
- (2) ある映画館では、映画のチケットの価格が年齢によって異なっており、12 歳未満では 800 円、12 歳以上 ~ 18 歳未満では 1200 円、18 歳以上では 1500 円となっている。年齢 y (整数型) を引数として、チケット価格を整数型の値として返す関数 `price(y)` が提供されている。この関数が上記の仕様の通りに動作するかを確認するテストスイート (test suite) プログラムを作成せよ。サンプルのテストデータも示し、なぜそのデータを用いたかも説明せよ。
- (3) プログラム開発と配布を支援する以下のツールの機能を説明せよ。
- (a) IDE (統合開発環境、例: CodeWarrior, Eclipse, Xcode)
 - (b) パッケージ管理システム (例: RPM, APT, Anaconda)
 - (c) コンテナ (例: Docker, Kubernetes)

```
def xsort(arr):
    change = True
    while change:
        change = False
        for i in range(len(arr)-1):
            if arr[i] > arr[i+1]:
                x = arr[i]
                arr[i] = arr[i+1]
                arr[i+1] = x
                change = True
    return arr
```

図 A2-1: ソートの Python 言語によるプログラム

```
def quick_sort(arr):
    left = []
    right = []
    if len(arr) <= 1:
        return arr

    ref = arr[0]
    ref_count = 0

    for ele in arr:
        // =====
        // *1:
        // =====
    return // *2:
```

図 A2-2: クイックソートの Python 言語によるプログラムの一部

Question A2 (Mandatory)

- (1) Answer the following questions on sorting programs.
 - (a) Figure A2-1 shows a program for sorting elements of a list in Python language. Show the name of sorting algorithm of this program, and explain the action of this algorithm.
 - (b) Figure A2-2 shows a part of quick sort program in Python language. Referring this program code, show whole program code of quick sort algorithm. You can answer it by replacing comments noted by *1: and *2: by using Python program codes, or by writing whole source code by using other programming language. If you choose the latter method, you must show the name of programming language you are using.

- (2) In some cinema theater, the price of movie ticket depends on the age of audience: 800 Yen for younger than 12 years, 1200 Yen for older than or equal to 12 and younger than 18, and 1500 Yen for older than or equal to 18. A function `price(y)` (integer type) is provided which takes an integer parameter `y` (age of audience) and returns the price of cinema ticket in integer format.

Answer the test suite program of this function which checks whether the action of this function follows the specification. Show sample data sets and explain why you use these data sets.

- (3) Explain the functions of the following tools which support program development and deployment.
 - (a) IDE (Integrated Development Environments, ex: CodeWarrior, Eclipse, Xcode)
 - (b) Package management system (ex: RPM, APT, and Anaconda)
 - (c) Containers (ex: Docker, Kubernetes)

```
def xsort(arr):
    change = True
    while change:
        change = False
        for i in range(len(arr)-1):
            if arr[i] > arr[i+1]:
                x = arr[i]
                arr[i] = arr[i+1]
                arr[i+1] = x
                change = True
    return arr
```

Figure A2-1: Sorting program in Python language

```
def quick_sort(arr):
    left = []
    right = []
    if len(arr) <= 1:
        return arr

    ref = arr[0]
    ref_count = 0

    for ele in arr:
        // =====
        // *1:
        // =====
    return // *2:
```

Figure A2-2: A part of quick sort program in Python language

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)

- (1) 1号車に男性20人と女性30人、2号車に男性30人と女性10人、3号車に男性15人と女性25人が乗車している3両編成の電車が駅に到着した。なお、車両間での乗客の移動はなく、また、乗客はランダムに下車するものとする。以下の問に答えよ。
- (a) 1号車から5人が下車した。全員が女性である確率を求めよ。
 - (b) 1号車から5人、2号車から4人、3号車から4人が下車した。このとき、男性の人数の期待値を求めよ。
 - (c) 1号車から5人、2号車から4人、3号車から4人が下車した。改札から男性が出てきた。この男性が2号車に乗っていた確率を求めよ。なお、各車両から改札までの距離は均等で、下車してから改札を出るまでの時間はランダムであるとする。
- (2) 機械学習について、以下の問に答えよ。
- (a) 学習データとテストデータを分ける手法である Hold-out、K-fold cross-validation、leave-one-out cross-validation について、それぞれ簡潔に説明せよ。
 - (b) データの加工法である正規化 (normalization) と標準化 (standardization) について、それぞれ簡潔に説明せよ。
 - (c) 過学習について、簡潔に説明せよ。

Question A3

- (1) A train of three cars arrived at the station. There were 20 men and 30 women aboard the No. 1 car, 30 men and 10 women aboard the No. 2 car, and 15 men and 25 women aboard the No. 3 car. It is assumed that the passengers do not move between the cars while the train is running, and the passengers get down at random. Answer the following questions.
 - (a) Five people got off from the No. 1 car. Find the probability that everyone is woman.
 - (b) Five people, four people and four people got off from the No. 1 car, the No. 2 car, and the No. 3 car, respectively. Find the expected value of the number of men among them.
 - (c) Five people, four people and four people got off from the No. 1 car, the No. 2 car, and the No. 3 car, respectively. A man came out from the ticket gate. Find the probability that this man was on the No. 2 car. The distance from each car to the ticket gate is equal, and it is assumed that the time from getting off to exiting the ticket gate is random.

- (2) Answer the following questions about “Machine Learning”.
 - (a) Explain briefly about “Hold-out”, “K-fold cross-validation”, and “leave-one-out cross-validation”, which are methods for splitting data into training and test data.
 - (b) Explain briefly about “Normalization” and “Standardization”, which are data processing methods.
 - (c) Explain briefly about “Overfitting”.

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

(1) 以下の語句について説明せよ。

- (a) ボロノイダイアグラム
- (b) p-メディアン問題
- (c) 可変単位地区問題 (MAUP: Modifiable Areal Unit Problem)
- (d) 位置参照

(2) 以下の問いに答えよ。

- (a) 空間的自己相関とは何か，説明せよ。
- (b) 正の空間的自己相関の実例を3つ挙げよ。
- (c) 空間的自己相関を検証する定量的分析手法を1つ取り上げ，説明せよ。

Question A4

(1) Explain the following terms.

- (a) Voronoi diagram
- (b) P-median problem
- (c) MAUP: Modifiable Areal Unit Problem
- (d) georeferencing

(2) Answer the following questions.

- (a) Explain the term “spatial autocorrelation”.
- (b) Give three examples of positive spatial autocorrelation in the real world.
- (c) Explain a quantitative method for verifying spatial autocorrelation.

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

- (1) コンピュータの記憶管理に関する以下の問いに答えよ。
 - (a) コンピュータの記憶階層について、図を使って説明せよ。
 - (b) 主記憶と補助記憶のアクセス時間の差は、記憶階層の層間の中でもとくに大きい。アクセス時間の差が性能の低下を引き起こさないようにするために、どのような技術が用いられているか。ハードウェア、ソフトウェアのそれぞれについて1つずつ例を挙げて説明せよ。
 - (c) ページング仮想記憶は、コンピュータの記憶階層のうち、主記憶と補助記憶を用いて実現される。主記憶上のページのアクセス時間を m とし、ページが主記憶にない場合のページのアクセス時間（補助記憶から読み込む時間などを含む）を d とする ($d > m$)。ページフォールト率を p とするとき、ページの平均アクセス時間を求めよ。また、その平均アクセス時間を、主記憶のアクセス時間の $(1 + \alpha)$ 倍 ($\alpha > 0$) より小さくするには、ページフォールト率はどのような値に抑える必要があるか、答えよ。
- (2) インターネットにおいて、アプリケーションプロセス間で通信を行う際の具体的なプロトコル方式を説明せよ。オペレーティングシステムは複数のアプリケーションプロセスが実行状態にあることを想定し、各通信が適切に行われる仕組みを説明すること。
- (3) 以下の用語を説明せよ
 - (a) 誤り訂正符号
 - (b) 輻輳制御
 - (c) 経路制御
 - (d) 公開鍵暗号
 - (e) ブロックチェーン

Question A5

- (1) Answer the following questions about computer memory management.
 - (a) Explain computer memory hierarchy with the help of diagram.
 - (b) The difference of access times of main memory and secondary storage is large compared with the differences of the access times of other layers. What kinds of techniques are used to reduce the performance degradation caused by the large difference. Describe the techniques of hardware and software, respectively.
 - (c) Paging virtual memory is implemented by using main memory and secondary storage. Assume that the page access time of main memory is m , and that the page access time for the page fault is d ($d > m$) (which includes the time to fetch the page from secondary storage). If the page fault ratio is p , calculate the average page access time. Also describe the condition of p to reduce the average access time lower than $(1 + \alpha)m$ ($\alpha > 0$).
- (2) Explain the concrete protocols for communications between application processes. Consider multiple application processes are running on an operating system and explain how individual communications are performed correctly.
- (3) Explain the following terminologies.
 - (a) Error-Correcting Code
 - (b) Congestion Control
 - (c) Route Control
 - (d) Public Key Encryption
 - (e) Blockchain

総合分析情報学 第6問 (Question A6)

IoTにおける以下の問いに答えよ。

- (1) センサーを制御するための以下の方式について説明し、具体的にどのようなセンサーを制御するのに使われるか実例を示せ。
 - (a) UART
 - (b) I2C
 - (c) SPI
 - (d) GPIO
 - (e) PWM

- (2) センサーを接続するための以下の無線方式について説明し、(i) 帯域、(ii) 飛距離、(iii) 周波数、(iv) 通信方式、(v) セキュリティ、および、(vi) 消費電力の観点から利害得失を議論せよ。
 - (a) LoRa
 - (b) WiFi
 - (c) BLE
 - (d) Zigbee
 - (e) NBIoT
 - (f) CAT-M1

- (3) マイコンのバッテリー消費を抑えるためのパワーマネジメントの仕組みについて簡潔に説明せよ。具体的な方式と消費電力削減の効果を定量的に示すこと。

Question A6

Answer the following questions on IoT.

- (1) Explain the following protocols for controlling sensors. Also show concrete examples of controlling sensors.
 - (a) UART
 - (b) I2C
 - (c) SPI
 - (d) GPIO
 - (e) PWM

- (2) Explain the following wireless technologies and discuss pros and cons in terms of (i) bandwidth, (ii) coverage, (iii) frequency, (iv) communication protocol, (v) security, and (vi) power consumption.
 - (a) LoRa
 - (b) WiFi
 - (c) BLE
 - (d) Zigbee
 - (e) NBIoT
 - (f) CAT-M1

- (3) Explain powermanagement in modern micro-computers to suppress power consumption. Give a concrete example and quantify its effectiveness.

Entrance Examination
in Applied Computer Science Course,
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,
The University of Tokyo.
Academic Year 2020
(14:00-16:00, August 19th, 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 Questions A1 and A2, and answer two questions from any of Questions A3, A4, A5, and A6.
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	