

# 南山大学大学院 入学試験問題集

理工学研究科

2025年度

NANZAN  
UNIVERSITY

## 目 次

### 《博士前期課程》

|                     |    |
|---------------------|----|
| 数学、物理 .....         | 1  |
| 〔国内在住外国人入学審査〕 ..... | 9  |
| 英語 .....            | 13 |
| 〔国内在住外国人入学審査〕 ..... | 17 |
| 専門領域に関する基礎知識 .....  | 19 |
| 〔国内在住外国人入学審査〕 ..... | 40 |

(問題紙)

●2～4ページの6題([1-1],[1-2],[2-1],[2-2],[3-1],[3-2])のうち、次のように3題を選択して解答しなさい：

- ・ [1-1]と[1-2]から1題を選択
- ・ [2-1]と[2-2]から1題を選択
- ・ [3-1]と[3-2]から1題を選択

●選択した各問題に対して、1枚の解答紙を用い、各解答紙の所定の欄に選択した問題番号を記入しなさい(例:[1-2],[3-1])。

解答紙の表面だけで書ききれない場合は裏面を使ってもよいが、その旨を明記すること。

[1-1] 関数  $f(x, y) = x^3 - y^3 + 3xy$  を考える。

(1)  $f(x, y)$  の停留点, すなわち,  $f_x(x, y) = f_y(x, y) = 0$  を満たす点  $(x, y)$  をすべて求めよ。

(2)  $D(x, y) = f_{xx}(x, y)f_{yy}(x, y) - f_{xy}(x, y)^2$  を求めよ。

(3)  $f(x, y)$  の極値を求めよ。

[1-2] 累次積分 (逐次積分)

$$I = \int_0^1 \left( \int_{x^2}^1 \frac{x^3}{1+y^3} dy \right) dx$$

を考える。

(1)  $I$  の積分領域  $D$  を  $xy$  平面上に図示せよ。

(2)  $I$  の積分の順序を交換して, 先に  $x$  で積分する累次積分に書き直せ。

(3)  $I$  を求めよ。

[2-1]

ベクトル空間  $\mathbb{R}^3$  において,  $a_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ ,  $a_2 = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$  とし, 部分空間  $W_1$  と  $W_2$  を

$$W_1 = \text{Span}\{a_1, a_2\}, \quad W_2 = \left\{ \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^3 \mid x_1 + x_2 - 2x_3 = 0 \right\}$$

とする。下記の問いに答えよ。計算過程を詳しく書くこと。

- (1)  $W_1$  の正規直交基底をシュミットの方法によって求めよ。
- (2)  $W_2$  の基底を一組求めよ。
- (3)  $W_1$  の直交補空間  $W_1^\perp$  の基底を一組求めよ。ここで, 部分空間  $W$  の直交補空間  $W^\perp$  とは  $W$  のすべての元と直交するベクトルからなる部分空間である。
- (4)  $W_1 \cap W_1^\perp = \{0\}$  を示せ。

[2-2]

次の行列  $A, B$  を考える。

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ -4 & -3 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 3 & 2 & -1 \\ -4 & -3 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

以下の問いに答えよ。計算過程を詳しく書くこと。

- (1)  $A$  の固有値  $\lambda_1, \lambda_2$  ( $\lambda_1 < \lambda_2$ ) と対応する固有ベクトル  $v_1, v_2$  を求めよ。
- (2)  $v_1, v_2$  は一次独立であることを示せ。
- (3)  $B$  の固有値をすべて求め, それぞれについて代数的重複度を求めよ。
- (4)  $B$  を対角化せよ。すなわち, 相似変換  $P^{-1}BP$  が対角行列となる  $P$  と対角化後の行列を求めよ。

## [3-1]

$xy$ 座標平面上を質量  $m$  の小さい物体が運動しており、時刻  $t$  における位置ベクトルは  $\mathbf{r}(t) = \begin{pmatrix} \rho \sin \omega t \\ -\rho \cos \omega t \end{pmatrix}$

である。ただし  $\rho, \omega$  はある正の定数である。以下の問に答えよ。(3), (4), (5) については計算の過程も書くこと。

- (1) 物体は等速円運動をしている。この等速円運動の中心、半径、角速度を答えよ。
- (2) 物体の時刻  $t$  における速度  $\dot{\mathbf{r}}(t)$  および加速度  $\ddot{\mathbf{r}}(t)$  を求めよ。
- (3) Newton の運動方程式に基づいて、物体にこのような運動をさせる力  $\mathbf{f}(t)$  を求めよ。
- (4) 物体はその等速円運動の中心とバネでつながれており、(3) で求めた力  $\mathbf{f}(t)$  はバネの弾性力によって与えられている。バネの自然な長さを  $\ell$ 、バネ定数を  $k$  とするとき、物体の角速度を  $m, \rho, \ell, k$  の式で表せ。ただし  $0 < \ell < \rho, 0 < k$  である。
- (5)  $m = 0.25 [\text{kg}], \rho = 0.80 [\text{m}], \ell = 0.60 [\text{m}], k = 4.0 [\text{N/m}]$  のとき、(4) で求めた角速度を単位つきの数値で表せ。

## [3-2]

$x$  軸上を運動する質量  $m$  の小物体が非線形な特性を持つバネにつながれており、物体の位置が  $x$  であるときにバネから受ける力は  $f(x) = -kx - nx^3$  である。また、時刻  $t = 0$  における物体の位置は  $x(0) = a$ 、物体の速度は  $\dot{x}(0) = 0$  である。ただし  $k, n, a$  はある正の定数である。以下の問に答えよ。計算の過程も書くこと。

- (1) 物体の位置が  $x$  であるときのポテンシャルは  $U(x) = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{4}nx^4$  と定められる。このことを確かめよ。
- (2) 時刻  $t = 0$  における物体のポテンシャルと運動エネルギーを求めよ。
- (3) 時刻  $t = T$  における物体の位置が  $x(T) = 0$  であるとする。力学的エネルギー保存則に基づいて、この時刻における物体の速度の絶対値  $|\dot{x}(T)|$  を求めよ。ただし  $T$  はある正の定数である。
- (4)  $m = 0.50 [\text{kg}], k = 4.0 [\text{N/m}], n = 1.0 [\text{N/m}^3], a = 1.0 [\text{m}]$  のとき、(3) で求めた  $|\dot{x}(T)|$  を単位つきの数値で表せ。

(問 題 紙)

●2～4 ページの6題([1-1],[1-2],[2-1],[2-2],[3-1],[3-2])のうち、次のように3題を選択して解答しなさい：

- ・ [1-1]と[1-2]から1題を選択
- ・ [2-1]と[2-2]から1題を選択
- ・ [3-1]と[3-2]から1題を選択

●選択した各問題に対して、1枚の解答用紙を用い、各解答紙の所定の欄に選択した問題番号を記入しなさい(例:[1-2],[3-1])。

解答紙の表面だけで書ききれない場合は裏面を使ってもよいが、その旨を明記すること。

[1-1] 関数  $f(x, y) = xy + x - 2\log x - \log y$  ( $x > 0, y > 0$ ) を考える。

(1)  $f(x, y)$  の停留点, すなわち,  $f_x(x, y) = f_y(x, y) = 0$  を満たす点  $(x, y)$  を求めよ。

(2)  $D(x, y) = f_{xx}(x, y)f_{yy}(x, y) - f_{xy}(x, y)^2$  を求めよ。

(3)  $f(x, y)$  が極値をもつかどうかを判定し, 極値をもてば, それを求めよ。

[1-2] 次式で定まる  $xy$  平面上の領域  $D$  と重積分  $I$  を考える。

$$D = \{(x, y) \mid 4x^2 + 9y^2 \leq 36, x \geq 0, y \geq 0\}, \quad I = \iint_D xy \, dx dy$$

(1) 積分領域  $D$  を  $xy$  平面上に図示せよ。

(2)  $I$  を累次積分 (逐次積分) で表せ。

(3)  $I$  を求めよ。



## [2-1]

(1)  $A = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$  とする。  $A$  の固有値  $\lambda_1, \lambda_2$  (ただし  $|\lambda_1| < |\lambda_2|$  とする) と、それぞれ対応する固有ベクトル  $v_1, v_2$  を求めなさい。

(2)  $A$  を相似変換  $P^{-1}AP$  で対角化する行列  $P$  を一つ求め、対角化後の  $P^{-1}AP$  を求めなさい。

(3)  $k_1, k_2$  を任意のスカラー定数とし、 $(3, 3)$  型行列  $B$  を

$$B = \begin{bmatrix} -2 & k_1 & k_2 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

とおく。  $k_1, k_2$  の値によらず  $B$  の固有値は、  $A$  の固有値  $\lambda_1, \lambda_2$  を含むことを示せ。

(4)  $k_1 = -1, k_2 = 2$  とする。  $B$  の固有値  $\lambda_1$  に対応する固有ベクトルを求めなさい。

## [2-2]

(1)  $\mathbb{R}^3$  の部分空間

$$V_1 = \left\{ \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \mid \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & 3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right\}$$

の次元と基底を一組求めなさい。

(2)  $\mathbb{R}^3$  の部分空間  $V_2$  をベクトル  $\begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$  が張る空間、すなわち  $V_2 = \text{Span} \left\{ \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$  とする。  $V_1 \cap V_2 = \{0\}$  を示しなさい。

(3)  $V_1$  の直交補空間  $V_1^\perp$  の次元を求めなさい。ここで、部分空間  $W$  の直交補空間  $W^\perp$  とは  $W$  のすべての元と直交するベクトルからなる部分空間である。

(4) シュミットの直交化法を用いて  $V_1^\perp$  の正規直交基底を一組求めなさい。計算過程を示すこと。

[3-1]

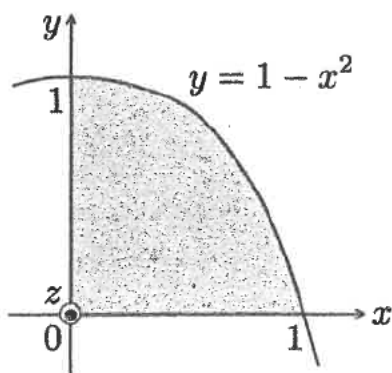
$x$  軸上を運動する質量  $m$  の小物体がバネとダンパにつながれており、物体の位置が  $x$  で、速度が  $\dot{x}$  であるとき物体は  $f = -kx - \ell\dot{x}$  の力を受ける。ただし  $k, \ell$  は正の定数である。以下の問に答えよ。計算の過程も書くこと。

- (1) Newton の運動方程式に基づいて、時刻  $t$  における物体の位置  $x(t)$  が従う微分方程式を導け。
- (2)  $m = 1, k = 3, \ell = 2$  のとき、(1) で導いた微分方程式の特性方程式を導き、その解を求めよ。
- (3) (2) の結果に基づいて、 $m = 1, k = 3, \ell = 2$  のときの (1) の微分方程式の一般解を求めよ。
- (4) (3) で求めた一般解について、さらに初期条件  $x(0) = 1$  と  $\dot{x}(0) = 0$  を満たす特殊解を求めよ。

[3-2]

$xyz$  座標空間中の平面  $z = 0$  の上に、図のように曲線  $y = 1 - x^2$ ,  $x$  軸, および  $y$  軸で囲まれた薄い板があり、その単位面積あたりの質量は  $\sigma$  である。以下の問に答えよ。計算の過程も書くこと。

- (1) 積分  $I_1 = \int_0^1 \left( \int_0^{1-x^2} x^2 dy \right) dx$  および  $I_2 = \int_0^1 \left( \int_0^{1-x^2} y^2 dy \right) dx$  を計算せよ。
- (2) (1) の結果に基づいて、この板の  $z$  軸の周りの慣性モーメント  $I$  を求めよ。
- (3) 板の上の点  $\mathbf{r} = \begin{pmatrix} 1/3 \\ 2/3 \\ 0 \end{pmatrix}$  に力  $\mathbf{f} = \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \\ 0 \end{pmatrix}$  が加わるとき、この力の原点に関するモーメント  $\mathbf{r} \times \mathbf{f}$  を求めよ。
- (4) この板が  $z$  軸を回転軸として回転し、(3) で求めたのと等しい力のモーメントが加わり続けるとき、回転角  $\theta(t)$  が従う微分方程式を、(2) の結果に基づいて導け。



(問題 紙)

●2～4 ページの6題([1-1],[1-2],[2-1],[2-2],[3-1],[3-2])のうち、次のように3題を選択して解答しなさい：

- ・ [1-1]と[1-2]から1題を選択
- ・ [2-1]と[2-2]から1題を選択
- ・ [3-1]と[3-2]から1題を選択

●選択した各問題に対して、1枚の解答紙を用い、各解答紙の所定の欄に選択した問題番号を記入しなさい(例:[1-2],[3-1])。

解答紙の表面だけで書ききれない場合は裏面を使ってもよいが、その旨を明記すること。

[1-1] 関数  $f(x, y) = x^3 - y^3 + 3xy$  を考える。

(1)  $f(x, y)$  の停留点, すなわち,  $f_x(x, y) = f_y(x, y) = 0$  を満たす点  $(x, y)$  をすべて求めよ。

(2)  $D(x, y) = f_{xx}(x, y)f_{yy}(x, y) - f_{xy}(x, y)^2$  を求めよ。

(3)  $f(x, y)$  の極値を求めよ。

[1-2] 累次積分 (逐次積分)

$$I = \int_0^1 \left( \int_{x^2}^1 \frac{x^3}{1+y^3} dy \right) dx$$

を考える。

(1)  $I$  の積分領域  $D$  を  $xy$  平面上に図示せよ。

(2)  $I$  の積分の順序を交換して, 先に  $x$  で積分する累次積分に書き直せ。

(3)  $I$  を求めよ。

[2-1]

ベクトル空間  $\mathbb{R}^3$  において,  $a_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ ,  $a_2 = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$  とし, 部分空間  $W_1$  と  $W_2$  を

$$W_1 = \text{Span}\{a_1, a_2\}, \quad W_2 = \left\{ \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^3 \mid x_1 + x_2 - 2x_3 = 0 \right\}$$

とする。下記の問いに答えよ。計算過程を詳しく書くこと。

- (1)  $W_1$  の正規直交基底をシュミットの方法によって求めよ。
- (2)  $W_2$  の基底を一組求めよ。
- (3)  $W_1$  の直交補空間  $W_1^\perp$  の基底を一組求めよ。ここで, 部分空間  $W$  の直交補空間  $W^\perp$  とは  $W$  のすべての元と直交するベクトルからなる部分空間である。
- (4)  $W_1 \cap W_1^\perp = \{0\}$  を示せ。

[2-2]

次の行列  $A, B$  を考える。

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ -4 & -3 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 3 & 2 & -1 \\ -4 & -3 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

以下の問いに答えよ。計算過程を詳しく書くこと。

- (1)  $A$  の固有値  $\lambda_1, \lambda_2$  ( $\lambda_1 < \lambda_2$ ) と対応する固有ベクトル  $v_1, v_2$  を求めよ。
- (2)  $v_1, v_2$  は一次独立であることを示せ。
- (3)  $B$  の固有値をすべて求め, それぞれについて代数的重複度を求めよ。
- (4)  $B$  を対角化せよ。すなわち, 相似変換  $P^{-1}BP$  が対角行列となる  $P$  と対角化後の行列を求めよ。

## [3-1]

$xy$ 座標平面上を質量  $m$  の小さい物体が運動しており、時刻  $t$  における位置ベクトルは  $\mathbf{r}(t) = \begin{pmatrix} \rho \sin \omega t \\ -\rho \cos \omega t \end{pmatrix}$

である。ただし  $\rho, \omega$  はある正の定数である。以下の問に答えよ。(3), (4), (5) については計算の過程も書くこと。

- (1) 物体は等速円運動をしている。この等速円運動の中心、半径、角速度を答えよ。
- (2) 物体の時刻  $t$  における速度  $\dot{\mathbf{r}}(t)$  および加速度  $\ddot{\mathbf{r}}(t)$  を求めよ。
- (3) Newton の運動方程式に基づいて、物体にこのような運動をさせる力  $\mathbf{f}(t)$  を求めよ。
- (4) 物体はその等速円運動の中心とバネでつながれており、(3) で求めた力  $\mathbf{f}(t)$  はバネの弾性力によって与えられている。バネの自然な長さを  $\ell$ 、バネ定数を  $k$  とするとき、物体の角速度を  $m, \rho, \ell, k$  の式で表せ。ただし  $0 < \ell < \rho, 0 < k$  である。
- (5)  $m = 0.25 [\text{kg}], \rho = 0.80 [\text{m}], \ell = 0.60 [\text{m}], k = 4.0 [\text{N/m}]$  のとき、(4) で求めた角速度を単位つきの数値で表せ。

## [3-2]

$x$  軸上を運動する質量  $m$  の小物体が非線形な特性を持つバネにつながれており、物体の位置が  $x$  であるときにバネから受ける力は  $f(x) = -kx - nx^3$  である。また、時刻  $t = 0$  における物体の位置は  $x(0) = a$ 、物体の速度は  $\dot{x}(0) = 0$  である。ただし  $k, n, a$  はある正の定数である。以下の問に答えよ。計算の過程も書くこと。

- (1) 物体の位置が  $x$  であるときのポテンシャルは  $U(x) = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{4}nx^4$  と定められる。このことを確かめよ。
- (2) 時刻  $t = 0$  における物体のポテンシャルと運動エネルギーを求めよ。
- (3) 時刻  $t = T$  における物体の位置が  $x(T) = 0$  であるとする。力学的エネルギー保存則に基づいて、この時刻における物体の速度の絶対値  $|\dot{x}(T)|$  を求めよ。ただし  $T$  はある正の定数である。
- (4)  $m = 0.50 [\text{kg}], k = 4.0 [\text{N/m}], n = 1.0 [\text{N/m}^3], a = 1.0 [\text{m}]$  のとき、(3) で求めた  $|\dot{x}(T)|$  を単位つきの数値で表せ。

## (問題 紙)

1. 次の英文を読み、以下の問いに答えよ。

**Holographic Telepresence (Teleportation)**

The human tendency to connect remotely with increasing fidelity will pose severe communication challenges in 6G networks. Reference details the data rate requirements of a 3D holographic display: a raw hologram, without any compression, with colors, full parallax, and 30 fps, would require 4.32 Tb/s. The latency requirement will hit sub-millisecond, and thousands of synchronized view angles will be necessary, as opposed to the few required for VR/AR. (A) Moreover, to fully realize an immersive remote experience, all five human senses are destined to be digitized and transferred across future networks, increasing the overall target data rate.

(中略)

**Pervasive Connectivity**

(B) Mobile traffic is expected to grow three-fold from 2016 to 2021, pushing the number of mobile devices to the extreme, with  $10^7$  devices per  $\text{km}^2$  in dense areas (up from  $10^6$  in 5G) and more than 125 billion devices worldwide by 2030. 6G will connect personal devices, sensors (to implement the smart city paradigm), vehicles, and so on. Moreover, 6G networks will require a higher overall energy efficiency (10–100× with respect to 5G) to enable scalable, low-cost deployments with low environmental impact and better coverage. Indeed, while 80 percent of mobile traffic is generated indoors, 5G cellular networks, which are being mainly deployed outdoors and may be operating in the mmWave spectrum, will hardly provide indoor connectivity as high-frequency radio signals cannot easily penetrate dielectric materials (e.g., concrete). 6G networks will instead provide seamless and pervasive connectivity in a variety of different contexts, matching stringent QoS requirements in outdoor and indoor scenarios with a cost-aware and resilient infrastructure.

**Industry 4.0 and Robotics**

6G will fully realize the Industry 4.0 revolution started with 5G, that is, the digital transformation of manufacturing through cyber physical systems and IoT services. (C) Overcoming the boundaries between the real factory and the cyber computational space will enable Internet-based diagnostics, maintenance, operation, and direct machine communications in a cost-effective, flexible and efficient way. Automation comes with its own set of requirements in terms of reliable and isochronous communication.

出典: Reprinted with permission from Marco Giordani, Michele Polese, Marco Mezzavilla, Sundeep Rangan, and Michele Zorzi, Toward 6G Networks: Use Cases and Technologies, IEEE Communications Magazine, Volume: 58 Issue: 3, March 2020

(参考) mmWave: ミリ波 (波長が 1~10mm, 周波数帯が 30~300GHz の電波)

Industry 4.0: 第4次産業革命 (スマート工場を中心としたエコシステムの構築が主眼にある)

問1. 下線部(A)を日本語に訳せ。

問2. 下線部(B)を日本語に訳せ。

問3. 下線部(C)を日本語に訳せ。

2. 次の英文を読み, 以下の問いに答えよ.

著作権の関係により掲載しておりません

(出典: Bill Gates, The Age of AI has begun, GatesNotes – The Blog of Bill Gates, March 21, 2023 より抜粋, 一部編集)

(参考) in awe: 畏敬の念を抱いて, the AP Bio exam: AP 生物学試験(注: College Board が実施する Advanced Placement テストのひとつ)  
open-ended: 自由記述, philanthropy: 慈善活動

問4. 下線部(1)を日本語に訳せ.

問5. 下線部(2)を日本語に訳せ.

問6. 著者が AI に期待していることは何か, また, なぜ期待しているのか, 日本語で簡潔に答えよ.



(問題紙)

1. 次の英文の下線部(A), 下線部(B)を訳せ. 下線部(C)以後に、AI による (transportation, healthcare, finance の分野に関係する) 複数のリスク例が示されている. 示されている以外に考えられる AI によるリスク例を述べよ. (リスク例を記述する分量は、「healthcare」分野と同程度で良い)

著作権の関係により掲載しておりません

2. 次の英文を読み、以下の問いに答えよ。

(1) To understand why quantum computers can process data rapidly and in abundance, it's important to understand the qubit, or quantum bit. Classical bits are binary – they are either “0” or “1,” but not both. Qubits, on the other hand, can be “0” and “1,” or any point in between, in a state called superposition. Superposition creates a large state space ( $2^n$ ), allowing many possible variables, each with its own probability amplitude. The issue with qubits is that when they are “read,” they will assume a state of “0” or “1” like a classical bit. But unlike a classical bit, which can be read multiple times, a qubit is destroyed. In other words, it can only be read once.

Because qubits aren't a static 0 or 1, they can represent multiple variables at once, and in turn, these variables can be processed at the same time using parallel processing. This is (2) a key difference between quantum and classical computers. To solve a common optimization problem, such as the traveling salesman, a classical computer would have to solve for every route individually, then find the most efficient route. A quantum computer, due to the properties of qubits, can solve for every route at the same time.

Entanglement is another property of quantum physics that provides a substantial processing speedup compared with classical bits. (3) Entanglement means that one qubit can take on the properties of another one. Once they become entangled, if one of the qubits is manipulated, it will affect the value of the other qubit. When you measure qubit 2 in this fashion, you are really measuring the opposite states of qubit 1. Thus, processing one qubit provides the results of two qubits. Reading one qubit will destroy the entangled qubit; however, it should be said that there are means to get partial information from a qubit without destroying the rest. (This is outside of the scope of this article.)

著作: Used with permission of The Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS), from Quantum Business Intelligence and Quantum Augmented Digital Twins, Michael Heiner, 2023; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

(参考) qubit: 量子ビット    superposition: 量子重ね合わせ    entanglement: 量子もつれ

問1. 下線部(1)を日本語に訳しなさい。

問2. 下線部(2)を具体的に簡潔な日本語で答えなさい。

問3. 下線部(3)を日本語に訳しなさい。

## (問題 紙)

1. 次の英文を読み、以下の問いに答えよ。

**Holographic Telepresence (Teleportation)**

The human tendency to connect remotely with increasing fidelity will pose severe communication challenges in 6G networks. Reference details the data rate requirements of a 3D holographic display: a raw hologram, without any compression, with colors, full parallax, and 30 fps, would require 4.32 Tb/s. The latency requirement will hit sub-millisecond, and thousands of synchronized view angles will be necessary, as opposed to the few required for VR/AR. (A) Moreover, to fully realize an immersive remote experience, all five human senses are destined to be digitized and transferred across future networks, increasing the overall target data rate.

(中略)

**Pervasive Connectivity**

(B) Mobile traffic is expected to grow three-fold from 2016 to 2021, pushing the number of mobile devices to the extreme, with  $10^7$  devices per  $\text{km}^2$  in dense areas (up from  $10^6$  in 5G) and more than 125 billion devices worldwide by 2030. 6G will connect personal devices, sensors (to implement the smart city paradigm), vehicles, and so on. Moreover, 6G networks will require a higher overall energy efficiency (10–100× with respect to 5G) to enable scalable, low-cost deployments with low environmental impact and better coverage. Indeed, while 80 percent of mobile traffic is generated indoors, 5G cellular networks, which are being mainly deployed outdoors and may be operating in the mmWave spectrum, will hardly provide indoor connectivity as high-frequency radio signals cannot easily penetrate dielectric materials (e.g., concrete). 6G networks will instead provide seamless and pervasive connectivity in a variety of different contexts, matching stringent QoS requirements in outdoor and indoor scenarios with a cost-aware and resilient infrastructure.

**Industry 4.0 and Robotics**

6G will fully realize the Industry 4.0 revolution started with 5G, that is, the digital transformation of manufacturing through cyber physical systems and IoT services. (C) Overcoming the boundaries between the real factory and the cyber computational space will enable Internet-based diagnostics, maintenance, operation, and direct machine communications in a cost-effective, flexible and efficient way. Automation comes with its own set of requirements in terms of reliable and isochronous communication.

著作： Reprinted with permission from Marco Giordani, Michele Polese, Marco Mezzavilla, Sundeep Rangan, and Michele Zorzi, Toward 6G Networks: Use Cases and Technologies, IEEE Communications Magazine, Volume: 58 Issue: 3, March 2020

(参考) mmWave: ミリ波 (波長が 1~10mm, 周波数帯が 30~300GHz の電波)

Industry 4.0: 第4次産業革命 (スマート工場を中心としたエコシステムの構築が主眼にある)

問1. 下線部(A)を日本語に訳せ。

問2. 下線部(B)を日本語に訳せ。

問3. 下線部(C)を日本語に訳せ。

2. 次の英文を読み, 以下の問いに答えよ.

著作権の関係により掲載しておりません

(出典: Bill Gates, The Age of AI has begun, GatesNotes – The Blog of Bill Gates, March 21, 2023 より抜粋, 一部編集)

(参考) in awe: 畏敬の念を抱いて, the AP Bio exam: AP 生物学試験(注: College Board が実施する Advanced Placement テストのひとつ)

open-ended: 自由記述, philanthropy: 慈善活動

問4. 下線部(1)を日本語に訳せ.

問5. 下線部(2)を日本語に訳せ.

問6. 著者が AI に期待していることは何か, また, なぜ期待しているのか, 日本語で簡潔に答えよ.

## （問 題 紙）

領域[1]～[9]から、志望する専攻の選択条件を満たすように2領域を選択し、解答しなさい。

選択した各領域に対して1枚の解答紙を用い、各解答紙の所定の欄に選択した領域の番号を記入しなさい。

解答紙の表面だけで書ききれない場合は裏面を使ってもよいが、その旨を明記すること。

## I. 領域

[1] ソフトウェア工学

[2] 情報科学

[3] オペレーションズ・リサーチ

[4] 統計学

[5] 機械学習工学

[6] 通信ネットワーク

[7] 数理論理学

[8] 機械工学

[9] 制御工学

## II. 各専攻の選択条件

○ソフトウェア工学専攻を志望する学生

[1], [2] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択

○データサイエンス専攻を志望する学生

[3], [4], [5] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択

○電子情報工学専攻を志望する学生

[2], [6], [7] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択

○機械システム工学専攻を志望する学生

[8], [9] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択

## [1]

問1 次の各問に答えよ。

- (1) ソフトウェア開発工程のうち、要求分析・仕様化（要求工学）プロセスの目的は何か、説明せよ。
- (2) ソフトウェアプロセスモデルとは何か、説明せよ。
- (3) 履修登録や成績閲覧を学生が Web を通じて可能とする学務システムのソフトウェア開発を検討している。  
このシステムの開発に適したソフトウェアプロセスモデルは何か、そう判断した理由とともに答えよ。
- (4) ソフトウェア品質の一つである保守性とはどのような性質か、説明せよ。
- (5) 組込みシステムには、一般に厳しいリソース制約を満たすことが求められる。組込みシステムに求められるリソース制約の一つ例示し、それが組込みシステムに求められる理由とともに説明せよ。
- (6) ソフトウェアの正当性検証（**verification**：ベリフィケーション）と妥当性確認（**validation**：バリデーション）、それぞれの意味を説明せよ。
- (7) ソフトウェアテスト（試験）で用いられるテストケースの構成要素には何があり、それぞれがどのような役割を持つかについて説明せよ。
- (8) オブジェクト指向における情報隠蔽（カプセル化）とはどのような概念か、説明せよ。

問2 次の文章を読んで問に答えよ。導出過程も示すこと。

ファンを駆動するモータと、起動ボタン、停止ボタン、ホコリセンサ、異物センサからなる簡単な換気扇システムを制御するソフトウェアを作りたい。このシステムに期待される動作は次のとおりである。

- 換気扇システムを起動した直後、モータは停止している
- モータはファンを弱風モード、強風モードで運転することができる
- 停止状態で起動ボタンを1回押すと、モータがファンを弱風モードで運転する
- 弱風モードで運転中に起動ボタンを1回押すと、モータがファンを強風モードで運転する
- 強風モードで運転中に起動ボタンを1回押すと、モータがファンを弱風モードで運転する
- ホコリセンサは、運転中にファンを通過する空気中のホコリの量を計測している
- 弱風モードで運転中に、ホコリセンサの測定値が一定の値（N）を超えると、強風モードで運転する
- 強風モードで運転中に、ホコリセンサの測定値がNを下回っても、強風モードは変更しない
- 運転中に停止ボタンを1回押すと、モータはファンの運転を停止する
- 異物センサは、運転中にファンに異物が挟まっているかどうかを監視している
- 異物センサが異物を検知すると、換気を中止するためにモータを停止する
- 異物センサが異物を検知してモータを停止した後、停止ボタンを1回押すまでの間、換気扇システムは起動ボタンによる制御を受け付けない

この換気扇システムにはどのような状態があり、システムの状態を変化させるイベントにはどのようなものがあるかを分析することにより、システムの状態遷移図を作成せよ。

[2]

長さ  $n$  の配列  $A$  内の要素と 長さ  $m$  の配列内の要素を、長さ  $n+m$  の配列  $C$  に昇順に整列して並べたい。このとき、一般的な手順を以下のように考えることができる。

1. 長さ  $n$  の  $A$  の配列内の要素を昇順に整列する
  2. 長さ  $m$  の  $B$  の配列内の要素を昇順に整列する
  3. 配列  $A$  の要素と配列  $B$  の要素のどちらかがなくなるまで、 $i \sim ii$  を繰り返す
    - i. 配列  $A$  の要素と配列  $B$  の要素の中から最小値を選択する
    - ii.  $i$  で選んだ要素を配列  $A$  または  $B$  から削除して、配列  $C$  に追加する
  4. もう片方の配列から要素がなくなるまで、 $I \sim II$  を繰り返す
    - I. まだ要素が残っているもう片方の配列 ( $B$  または  $A$ ) の要素の中から最小値を選択する
    - II.  $I$  で選んだ要素を削除して、配列  $C$  に追加する
- (1) 手順 3 の  $i$  における最小値の選択は、どのようにすれば最も効率的に実行できるか。その手順を説明しなさい。
- (2) 手順 4 の  $I$  における最小値の選択は、どのようにすれば最も効率的に実行できるか。その手順を説明しなさい。
- (3) 手順 3, 4 の処理の中で、回数が最も多く実行される処理はどれか。以下から選びなさい。
- (ア) 手順 3 の  $i$  における、配列  $A$  の要素と配列  $B$  の要素の中から最小値を選択する処理
  - (イ) 配列  $A$  から削除を行う処理
  - (ウ) 配列  $B$  から削除を行う処理
  - (エ) 配列  $C$  に追加する処理
- (4) (3) で選んだ処理は何回実行されるか答えなさい。
- (5) 手順 3, 4 を関数 `merge()` という C プログラムとして実装した。空白を埋めなさい。

```

/* 大きさnの配列Aと大きさmの配列Bの要素(両者昇順に整列済み)を
   大きさ n+m の配列C に昇順に登録する */
void merge(int A[], int n, int B[], int m, int C[]){
    // A は i, B は j, C は k で管理する
    int i = 0, j = 0, k = 0;
    while(( i < n) && (j < m)){
        // 候補の値が等しい場合はAを選択する
        if (A[i] <= B[j]) {
            C[k] = (a) ; (b) ; k++;
        }else{
            C[k] = (c) ; (d) ; k++;
        }
    }
    while( i < n ){ C[k] = (e) ; i++; (f) ; }
    while( j < m ){ C[k] = (g) ; j++; (h) ; }
}

```

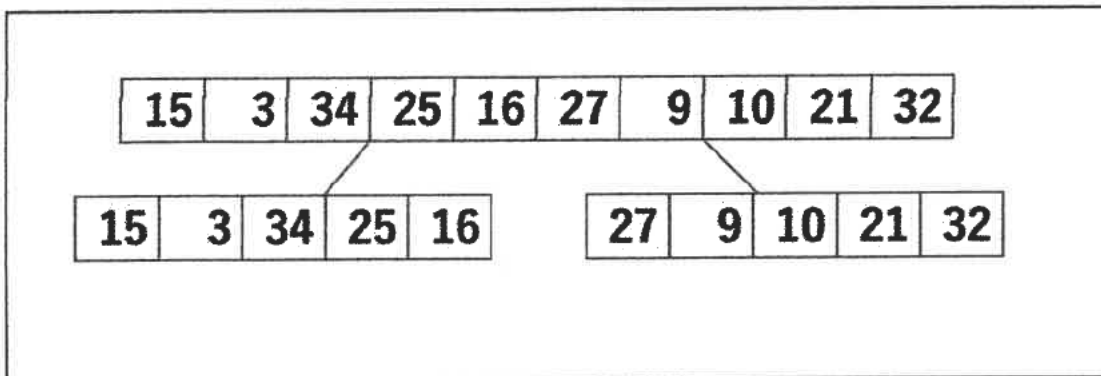
2枚目に続く

## [2] の続き

手順3, 4を一般的にマージと呼び、マージを用いて整列を行う方法をマージソートと呼ぶ。  
マージソートの一般的な手順を以下のように考えることができる。

マージソート対象の配列をAとする

- ① 配列Aの長さが1の場合、何もしない
  - ② そうでない場合、マージソート対象の配列を半分に分け、A1とA2に分ける
  - ③ A1に対して、マージソートを再帰的に適用する
  - ④ A2に対して、マージソートを再帰的に適用する
  - ⑤ A1, A2はそれぞれ整列されている状態なので、  
A1とA2をマージすることで整列済みの配列Aを得る
- (6) このマージソートの手順に従って、以下の配列に対してマージソートを行い、  
分割とマージがどのように行われるかを図示しなさい。  
ただし、要素数が奇数個の配列を半分に分ける場合、前半が1つ多くなるように分割すること。  
解答はソート前の配列から書くこと。図は1回目の分割を行った結果を示している。



以上



[3]

1. 次の線形計画問題について以下の問いに答えなさい。

最大化  $x_1 - x_2 + 2x_3$ 

s. t.  $2x_1 - 2x_2 + 3x_3 \leq 5$  (a)

$x_1 + x_2 - x_3 \leq 4$  (b)

$x_1 - x_2 + x_3 \leq 3$  (c)

$x_1, x_2, x_3 \geq 0$

(1) スラック変数を導入して制約式(a), (b), (c)を等式の制約式に直しなさい。

(2) (1)で得られた等式の制約式をすべて満たす変数  $x_1, x_2, x_3$  およびスラック変数の組を1つと、その時の目的関数の値を求めなさい。2. 下の表のように価値(円), 重量(kg)である品物  $j$  が1つずつ用意されている( $j=1,2,\dots,5$ ). これらを 32kg の容量のナップサックに選んで詰めて持っていくとき, ナップサックに詰めた商品の価値の合計が最大となるように品物を選ぶ問題を定式化しなさい。

|        | 品物 1 | 品物 2 | 品物 3 | 品物 4 | 品物 5 |
|--------|------|------|------|------|------|
| 価値(円)  | 35   | 25   | 15   | 500  | 100  |
| 重量(kg) | 20   | 2    | 6    | 10   | 6    |

3. 1日の天気の状態は, 晴, 曇り, 雨, のいずれかであるとする. これらに1から3までの番号を付して, ある日の状態が  $i$  であるときその翌日が  $j$  となる確率  $p_{ij}$  が,

$$p_{11} = \frac{3}{8}, p_{12} = \frac{1}{8}, p_{21} = \frac{1}{2}, p_{22} = 0, p_{31} = \frac{1}{4}, p_{32} = \frac{1}{4}$$

であるとする. マルコフモデルに関する以下の問いに答えなさい。

(1)  $p_{13}, p_{23}, p_{33}$  を求めなさい。

(2) 状態遷移図を描きなさい。

(3) 定常分布を求めなさい。

(4) (3)で求めた定常分布から, これから180日間のうちの晴, 曇り, 雨の日数をそれぞれ推定しなさい。

[4]

確率変数 $X$ と $Y$ の同時密度関数 $f(x, y)$ が次のように与えられている。

$$f(x, y) = \begin{cases} c e^{-x-2y}, & x \geq 0, y \geq 0 \\ 0, & \text{それ以外} \end{cases}$$

ただし、 $c$ は実数の定数とする。このとき、以下の問いに答えよ。

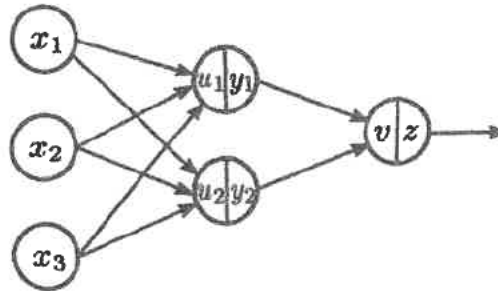
- (1)  $f(x, y)$ が同時密度関数となるように定数 $c$ の値を定めよ。
- (2) 確率変数 $X$ と $Y$ の期待値 $E(X)$ と $E(Y)$ を求めよ。
- (3) 条件付き期待値 $E(X|Y)$ を求めよ。
- (4) 共分散 $\text{Cov}(X, Y)$ を求めよ。

[5]

下記の (1), (2), (3) について答えなさい。

(1) ニューラルネットワークで用いられる活性化関数  $f(x) = x - \tanh x$  について, その導関数  $f'(x) = \frac{df}{dx}$  を求めなさい。ただし,  $\tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$  である。

(2) 下図のようなネットワーク構造を持つニューラルネットワークを考える。



具体的には, 重み (パラメータ) を  $w = [w_{11} \ w_{12} \ w_{13} \ w_{21} \ w_{22} \ w_{23} \ w_1 \ w_2]$  として, 入力  $x = [x_1 \ x_2 \ x_3]$  に対する出力  $z$  を, 次で定める。

$$u_1 = w_{11}x_1 + w_{12}x_2 + w_{13}x_3, \quad u_2 = w_{21}x_1 + w_{22}x_2 + w_{23}x_3,$$

$$y_1 = \log\left(\frac{1}{1 + e^{-u_1}}\right), \quad y_2 = \log\left(\frac{1}{1 + e^{-u_2}}\right), \quad v = w_1y_1 + w_2y_2, \quad z = v.$$

このときの誤差 (損失) を  $E = E(w) = \frac{1}{2}(z-1)^2$  で評価するとき,  $\frac{\partial E}{\partial w_1}$  と  $\frac{\partial E}{\partial w_{11}}$  を  $x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, z, w_1, w_2$  のうち必要なものを用いてあらわしなさい。

(3) 画像認識を目的としたニューラルネットワーク (深層ネットワーク) の学習ではしばしばデータ拡張が行われる。この「データ拡張」とは具体的にはどのような処理であるか, また, それにより, どのような効果が期待できるのかを 150 字~200 字程度で説明しなさい。

[6]

1. 右表の情報源記号と生起確率をもつ定常無記憶情報源に対してハフマン符号を構成したい。以下の問に答えよ。

| 情報源記号 | 生起確率 |
|-------|------|
| A     | 0.30 |
| B     | 0.20 |
| C     | 0.20 |
| D     | 0.15 |
| E     | 0.15 |

- (a) ハフマンツリーならびに各情報源記号に対する符号語を求めよ。ハフマン符号に用いる記号は0および1とする。
- (b) 構成したハフマン符号の平均符号語長を求めよ。

2. 帯域が100 [Hz] 以上 20 [kHz] 未満であるアナログ信号をPCM符号化することを考える。以下の問に答えよ。

- (a) 符号化による誤差をできるだけ抑えたい。標本化定理に基づけば、標本化周波数はいくら以上にすべきか。
- (b) 量子化ビット数を16ビットとする。(a)で答えた標本化周波数を用いてこの信号を1分間蓄積するのに必要なメモリの容量は何 [MB] かを答えよ ( $1 \text{ [MB]} = 10^6 \text{ [B]}$  として計算せよ)。

3. IPv4 のネットワークアドレス 192.168.100.192/28 について、サブネットマスクとブロードキャストアドレスを答えよ。

4. 上位層であるアプリケーション層に対して、UDP は提供しないが TCP は提供する機能を挙げ、詳しく説明せよ。

[7]

命題論理の論理式について考える。ただし、命題変数をあらわすのに、 $p, q, r$  などの文字を用い、論理式は、命題変数と  $\perp$  (矛盾) から 4 つの論理記号、 $\wedge$  (かつ)、 $\vee$  (または)、 $\rightarrow$  (ならば)、 $\neg$  ( $\sim$  でない) を用いて定義する。また、2 つの真理値「真」と「偽」を、それぞれ、 $t, f$  とあらわす。さらに、2 つの論理式  $A$  と  $B$  に対して、 $A$  の真理値と  $B$  の真理値が常に一致するとき、 $A$  と  $B$  は同値であるといい、 $A \sim B$  とあらわす。

- (1) 論理式  $\neg((q \rightarrow \neg r) \vee \neg p)$  と同値な論理式で、 $\perp, \vee, \rightarrow$  のどれも現れないものの例を挙げよ。
- (2) 論理式  $\neg(p \rightarrow \neg q) \wedge ((p \rightarrow \neg q) \vee r)$  と同値な論理式で、長さが最も短いものを求めよ。ただし、論理式の長さとは、その論理式に現れる命題変数、 $\perp$ 、論理記号の出現の総数である。
- (3)  $A = (((p \rightarrow q) \rightarrow r) \rightarrow r) \rightarrow q$  とおく。
  - (3.1)  $A$  の真理値表をかけ。
  - (3.2)  $A$  と同値な、論理和標準形の論理式の例を挙げよ。
  - (3.3)  $A$  と同値な、論理積標準形の論理式の例を挙げよ。
- (4) 論理式の集合  $S$  を次のように帰納的に定義する。

定義.

- ・任意の命題変数は  $S$  に属する
- ・ $\neg \perp \in S$
- ・ $A \in S$  ならば  $\neg A \rightarrow \perp \in S$
- ・ $A, B \in S$  ならば  $A \wedge B \in S$

- (4.1)  $S$  の要素で、命題変数も  $\wedge$  も現れないものの例を 3 つ挙げよ。
- (4.2) すべての命題変数に真理値  $t$  を割り当てるとき、任意の  $A \in S$  は  $t$  であることを証明せよ。
- (4.3) 任意の  $A \in S$  と任意の命題変数  $p$  に対して、「 $A \sim \neg p$  でない」ことを証明せよ。

[ 8 ]

図1のように、台車がばねとダンパで壁に接続されており、周期外力（複素表示） $f_a e^{j\omega t}$  [N] が作用している状況を考える。台車の位置は右向きに  $x(t)$  [m]（自然長を基準とする）、質量は  $m$  [kg]、ばね係数は  $k$  [N/m]、粘性減衰摩擦係数は  $c$  [N·s/m] とする。また、初期条件を  $x(0) = x_0$ ,  $\dot{x}(0) = 0$  とする。以下の設問に答えよ。

- (問1) 台車の運動方程式を求めよ。また、運動方程式の固有角振動数  $\omega_n$ 、減衰比  $\zeta$  を求めよ。
- (問2)  $c = 0$ ,  $f_a = 0$  とする。このときの時間応答を求めよ。ただし、 $\omega_n$  を用いること。
- (問3)  $c \neq 0$ ,  $f_a \neq 0$  とする。台車位置の定常応答を求めよ。ただし、 $\omega_n$ ,  $\zeta$ , 静たわみ  $x_{st} := f_a/k$  と振動数比  $\eta := \omega/\omega_n$  を用いること。
- (問4) 定常応答の振幅倍率  $M_f$  と位相角  $\phi_f$  を求めよ。

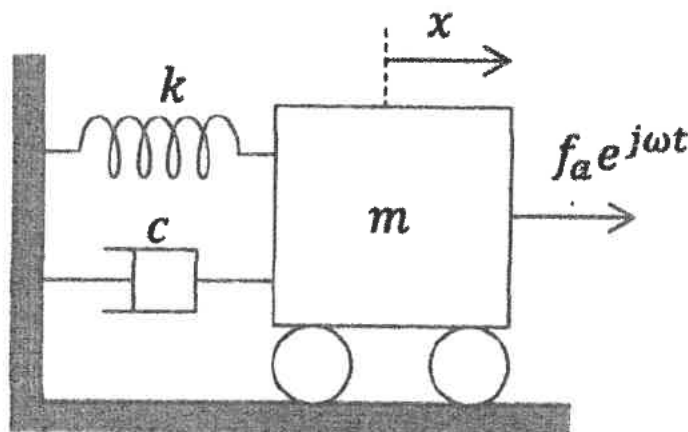


図1

[9] 直流モータの回転運動について、電機子コイルの発生トルク  $\tau(t)$  と回転角速度  $\omega(t)$  の間には

$$J_c \frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t) = \tau(t) \quad (1)$$

なる関係式が成立する。ここに  $J_c$  は電機子コイルの慣性モーメント,  $B$  は直流モータのブラシなどによる粘性摩擦係数である。

1. 電機子コイルの発生トルクから回転角速度への伝達関数を求め, その単位ステップ応答を計算せよ。

次に, 直流モータの等価回路について,

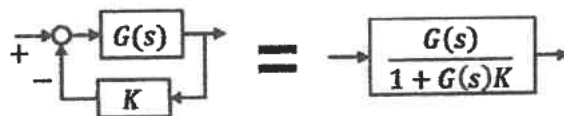
$$L_a \frac{di_a(t)}{dt} + R_a i_a(t) = v_a(t) - K_b \omega(t) \quad (2)$$

$$\tau(t) = K_\tau i_a(t) \quad (3)$$

なる関係式が成立する。ここに  $i_a(t)$  は回路内を流れる電流,  $v_a(t)$  は回路に加える電圧,  $L_a, R_a, K_b, K_\tau$  はそれぞれ適当な正の定数とする。 $\omega(t), \tau(t)$  は上で述べた通りである。

2. (1), (2), (3) 式をもとに直流モータのブロック線図を示せ。ただし, 各ブロックの内部に伝達関数を明記すること。

3. 回路に加える電圧から回転角速度への伝達関数を求めよ。なお, 下図に示すブロック線図の変換は用いてよい。



4. 3で求めた伝達関数の固有角周波数  $\omega_n$  を計算せよ。また, 単位ステップ応答の定常値を求めよ。

5.  $L_a = 0$  とすると, 3で求めた伝達関数は1次遅れ系となる。これに比例制御

$$V_a(s) = K_p(R(s) - \omega(s))$$

を加える。ただし  $V_a(s), R(s), \omega(s)$  はそれぞれ回路に加える電圧, 目標値, 回転角速度のラプラス変換であり,  $K_p$  は有限の正の定数とする。このとき, 単位ステップ信号の目標値に対する定常偏差が0になるかどうか説明せよ。

(問題 紙)

領域[1]～[9]から、志望する専攻の選択条件を満たすように2領域を選択し、解答しなさい。

選択した各領域に対して1枚の解答紙を用い、各解答紙の所定の欄に選択した領域の番号を記入しなさい。

解答紙の表面だけで書ききれない場合は裏面を使ってもよいが、その旨を明記すること。

I. 領域

[1] ソフトウェア工学

[2] 情報科学

[3] オペレーションズ・リサーチ

[4] 統計学

[5] 機械学習工学

[6] 通信ネットワーク

[7] 数理論理学

[8] 機械工学

[9] 制御工学

II. 各専攻の選択条件

○ソフトウェア工学専攻を志望する学生

[1], [2] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択

○データサイエンス専攻を志望する学生

[3], [4], [5] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択

○電子情報工学専攻を志望する学生

[2], [6], [7] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択

○機械システム工学専攻を志望する学生

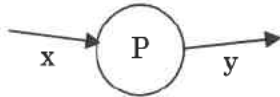
[8], [9] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択



## [1]

問1 次の各問に答えよ。

- (1) ソフトウェア開発における要求分析工程と設計工程の役割について説明するとともに、両者の相違点について説明せよ。
- (2) ソフトウェアプロセスモデルについて、ソフトウェアプロセスとは何で、そのモデルとは何かが明確になるよう説明せよ。
- (3) 構造化分析で用いられているデータフロー図の要素であるプロセスについて、下図のプロセスPが示す意味を説明せよ。



- (4) 構造化設計のモジュール分割法である STS 分割法とは、どのようにモジュール構造を導き出す方法であるか、簡潔に説明せよ。
- (5) ソフトウェアの正当性検証 (verification) と妥当性確認 (validation) についてそれぞれ簡潔に説明せよ。
- (6) ソフトウェアの使用性 (利用性) とはどんな性質か、簡潔に説明せよ。
- (7) ソフトウェアの保守性とはどんな性質か、簡潔に説明せよ。

問2 次の文章を読んで各問に答えよ。分析の過程についても説明すること。

ファンと風速切り替えボタン、停止ボタン、異物センサからなる簡単な換気扇システムを制御するソフトウェアを作りたい。

- ファンにはモータが備えられており、モータを駆動させることによってファンが回転し、換気を行うことができる。
  - 異物センサはファンに異物が挟まったことを検知することができる。
  - 換気扇システムを起動した直後、モータは停止している。
  - 停止状態で風速切り替えボタンを1回押すとモータがファンを弱回転させる。
  - ファンが弱回転している時に風速切り替えボタンを1回押すとモータがファンを強回転させる。
  - ファンが強回転している時に風速切り替えボタンを1回押すとモータがファンを弱回転させる。
  - モータがファンを回転させている時に停止ボタンを1回押すとモータが停止する。
  - ファンの回転中に異物センサが異物を検知するとモータが停止する。
  - 異物検知によりモータが停止した場合、停止ボタンを1回押すまでは、風速切り替えボタンを押してもモータは停止したままである。停止ボタンを1回押した後は、風速切り替えボタンによる操作が可能となる。
- (1) この換気扇システムにはどのような状態があり、システムの状態を変化させるイベントにはどのようなものがあるかを分析することにより、状態遷移モデルを記述せよ。
  - (2) この換気扇システムの構造や振舞いをオブジェクト指向の考え方に基づいて分析することにより、クラス図を作成せよ。オブジェクトの属性や操作(メソッド)の詳細については省略してよい。

[2] 以下のCプログラムについて答えなさい。

```

1: void function(int A[], int n){
2:   int i,k,a;
3:   for(i=1;i<n;i++){
4:     a = A[i];
5:     k = i;
6:     while (a<A[k-1] && k>=1){
7:       A[k] =A[k-1];
8:       k=k-1;
9:     }
10:    A[k]=a;
11:  }
12: }
```

```

1: int main(void){
2:   int size = 10;
3:   int array[] = { 14, 18, 7, 17, 10,
4:                  6, 9, 11, 20, 5 };
5:
6:   function( array, size);
7:   for ( i=0; i< size; i++) {
8:     printf("%d ", array[i]);
9:   }
10:  printf("\n");
11:  return 0;
12: }
```

1. 上記の main 関数を実行した場合の実行結果を示しなさい。
2. 関数 function の for 文における繰り返しの1回(左4~10行目)では、どのような作業を行っているか説明しなさい。
3. 関数 function の while 文の条件式(左6行目)で  $k \geq 1$  という条件判定が必要な理由を説明しなさい。
4. for 文の1回の繰り返し(左4~10行目)において、変数  $i$  の値が  $d$  であるときを考える。このとき、while 文(左6行目)の条件判定が行われる回数が最大になる場合は、どのような場合か答えなさい。また、最大となる場合の条件の判定回数を  $d$  で表しなさい。
5. 4. の結果を利用して、関数 function の最悪時間計算量を配列 A の要素数  $n$  を用いたオーダー表記で示しなさい。導出過程も示すこと。
6. 関数 function の平均時間計算量のオーダー表記は、最悪時間計算量と同じである。この関数を 1000 要素の配列に対して適用した場合、1秒かかったとする。この時、1000 倍の 100 万要素からなる配列に対してこの関数を適用すると、どれくらいの時間がかかると考えられるか、当てはまるものを示しなさい。  
【選択肢；1~4分，10~40分，1~4時間，10~40時間，1~4日，1~4週間，1~4か月，1~4年】
7. 関数 function と同じような動作をするプログラムの中には、配列 A の要素数  $n$  に対して平均時間計算量が  $O(n \log n)$  であるプログラムも存在する。この平均時間計算量が  $O(n \log n)$  で動作する関数を 1000 要素の配列に対して適用した場合、1秒かかったとする。この時、1000 倍の 100 万要素からなる配列に対して適用すると、どれくらいの時間がかかると考えられるか、当てはまるものを示しなさい。  
【選択肢；1~4分，10~40分，1~4時間，10~40時間，1~4日，1~4週間，1~4か月，1~4年】

[3]

1. ある企業は, 製品を1, 2の2つの工場で生産している. 顧客1,2,3へのこの製品1つ当たりの輸送費, 各工場の供給可能量, 各顧客の需要量は下の表にまとめている. この企業の総輸送費を最小にする輸送計画を求める問題を, 工場*i*から顧客*j*への輸送量を $x_{ij}$  ( $i = 1, 2; j = 1, 2, 3$ ) として定式化しなさい.

| 工場 \ 顧客 | 1つあたり輸送費用 |     |     | 供給  |
|---------|-----------|-----|-----|-----|
|         | 1         | 2   | 3   |     |
| 1       | 15        | 20  | 10  | 350 |
| 2       | 35        | 25  | 15  | 500 |
| 需要      | 300       | 250 | 500 |     |

2. ある病院の窓口では1時間当たりの平均到着人数が30人, 1人当たりの平均サービス時間が90秒であることが観察されている. この病院の窓口サービスを M/M/1 待ち行列を用いてモデル化することを考える. このとき以下の問いに答えなさい.

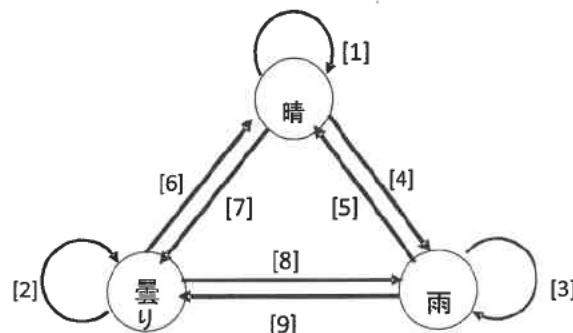
- (1) 平均到着率を $\lambda$ , 平均サービス率を $\mu$ とする.  $\lambda$ と $\mu$ を求めなさい.
- (2) 窓口の稼働率 $\rho$ を求めなさい.
- (3) 任意の時刻に窓口を観察したときに, 誰も並んでいない確率を求めなさい.

3. 1日の天気の状態は, 晴, 曇り, 雨, のいずれかであるとする. これらに順に1から3までの番号を付して, ある日の状態が*i*であるときその翌日が*j*となる確率が

$$p_{11} = \frac{5}{8}, p_{13} = \frac{1}{8}, p_{21} = \frac{1}{2}, p_{22} = 0, p_{31} = \frac{1}{4}, p_{32} = \frac{1}{2}$$

であるとする. このとき以下の問いに答えなさい.

- (1)  $p_{12}, p_{23}, p_{33}$ を求めなさい.
- (2) 推移図を描いたら下図のようになった. 図中[1]から[9]に当てはまる数値を答えなさい.
- (3) 定常分布を求めなさい.
- (4) 1年間360日とすると, 晴, 曇り, 雨はそれぞれ何日間ずつか推定しなさい.



[4]

確率変数  $X$  と  $Y$  の同時密度関数  $f(x, y)$  が次のように与えられている。

$$f(x, y) = \begin{cases} kxy & 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1-x \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

ただし、 $k$  は実数の定数とする。このとき、以下の問いに答えよ。

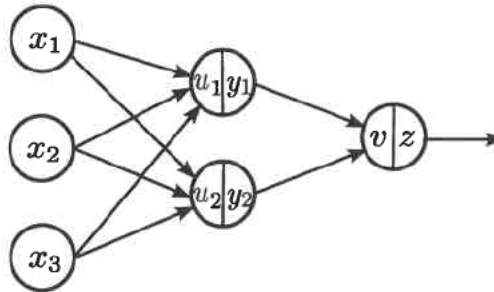
- (1)  $f(x, y)$  が同時確率密度関数となるように定数  $k$  の値を定めよ。
- (2)  $X$  の周辺密度関数  $f(x)$  を求めよ。
- (3)  $X = x$  としたときの  $Y$  の条件付き密度関数  $f(y|X = x)$  を求めよ。
- (4)  $X = x$  としたときの  $Y$  の条件付き期待値  $E[Y|X = x]$  と条件付き分散  $V[Y|X = x]$  を求めよ。

[5]

下記の (1), (2), (3) について答えなさい。

(1) ニューラルネットワークで用いられる活性化関数  $f(x) = \log\left(\frac{1}{1+e^{-x}}\right)$  について、その導関数  $f'(x) = \frac{df}{dx}$  を求めなさい。

(2) 下図のようなネットワーク構造を持つニューラルネットワークを考える。



具体的には、重み (パラメータ) を  $w = [w_{11} \ w_{12} \ w_{13} \ w_{21} \ w_{22} \ w_{23} \ w_1 \ w_2]$  として、入力  $x = [x_1 \ x_2 \ x_3]$  に対する出力  $z$  を、次で定める。

$$u_1 = w_{11}x_1 + w_{12}x_2 + w_{13}x_3, \quad u_2 = w_{21}x_1 + w_{22}x_2 + w_{23}x_3,$$

$$y_1 = \frac{1}{1+e^{-u_1}}, \quad y_2 = \frac{1}{1+e^{-u_2}}, \quad v = w_1y_1 + w_2y_2, \quad z = v.$$

このときの誤差 (損失) を  $E = E(w) = \frac{1}{2}(z-1)^2$  で評価するとき、 $\frac{\partial E}{\partial w_1}$  と  $\frac{\partial E}{\partial w_{11}}$  を  $x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, z, w_1, w_2$  のうち必要なものを用いてあらわしなさい。

(3) 機械学習、特に2値分類において、混同行列とは、どのようなことを目的に利用される表であるか、また、その混同行列からどのようなこと (指標) が読み取れるか (計算できるか) を50字~100字程度で説明しなさい。

[6]

1. 下表の情報源記号と生起確率をもつ定常無記憶情報源  $X$  を考える。

| 情報源記号 | 生起確率  |
|-------|-------|
| A     | 0.750 |
| B     | 0.125 |
| C     | 0.125 |

以下の問に答えよ。

- (a)  $\log_2 3 = 1.58$  として  $X$  の情報エントロピー  $H(X)$  を求めよ。
- (b)  $X$  に対してハフマン符号を構成し、ハフマンツリーならびに各情報源記号に対する符号語を答えよ。  
ハフマン符号に用いる記号は0および1とする。さらに、構成したハフマン符号の平均符号語長  $L$  を求めよ。
- (c)  $X$  の  $n$  次拡大情報源を  $X^n$  で表す。 $X^n$  のハフマン符号の平均符号語長を  $L_n$  とする。 $L_n/n$  は  $n$  を大きくするにつれてどのように変化するか説明せよ。
2. 帯域が 20 [Hz] 以上 4 [kHz] 未満であるアナログ信号を PCM 符号化することを考える。以下の問に答えよ。
- (a) 符号化による誤差をできるだけ抑えたい。標本化定理に基づけば、標本化周波数はいくら以上にすべきか。
- (b) 量子化ビット数を 8 ビットとする。(a) で答えた標本化周波数を用いて PCM 符号化した信号を送受信するのに必要な通信速度は何 [kbps] かを答えよ。
3. IPv4 のネットワークアドレス 192.168.100.0/26 について、サブネットマスクとブロードキャストアドレスを答えよ。

[7] 命題論理の論理式について考える。ただし、命題変数をあらわすのに、 $p, q, r$ などの文字を用い、論理式は、命題変数と $\perp$ (矛盾)から4つの論理記号、 $\wedge$ (かつ)、 $\vee$ (または)、 $\rightarrow$ (ならば)、 $\neg$ ( $\sim$ でない)を用いて定義する。また、2つの真理値「真」と「偽」を、それぞれ、 $t, f$ とあらわす。さらに、2つの論理式 $A$ と $B$ に対して、 $A$ の真理値と $B$ の真理値が常に一致するとき、 $A$ と $B$ は同値であるといい、 $A \sim B$ とあらわす。

(1) 論理式  $\neg((p \rightarrow q) \rightarrow r)$  と同値な論理式で、 $\perp, \vee, \rightarrow$  のどれも現れないものの例を挙げよ。

(2) 論理式  $(p \wedge \neg q) \wedge ((\neg p \vee q) \vee (p \rightarrow q))$  と同値な論理式で、長さが最も短いものを求めよ。ただし、論理式の長さとは、その論理式に現れる記号の出現の数である。

(3)  $A = (((p \rightarrow q) \rightarrow q) \rightarrow r) \rightarrow r$  とおく。

(3.1)  $A$  の真理値表をかけ。

(3.2)  $A$  と同値な、論理和標準形の論理式の例を挙げよ。

(3.3)  $A$  と同値な、論理積標準形の論理式の例を挙げよ。

(4) 論理式の集合  $S$  を次のように帰納的に定義する。

定義.

- 任意の命題変数は  $S$  に属する
- $\perp \in S$
- $A, B \in S$  ならば  $\neg A \rightarrow B \in S$

(4.1)  $S$  の要素で、命題変数が現れないものの例を3つ挙げよ。

(4.2) すべての命題変数に真理値  $f$  を割り当てるとき、任意の  $A \in S$  は  $f$  であることを証明せよ。

(4.3) 任意の  $A \in S$  と任意の命題変数  $p$  に対して、「 $A \sim \neg p$  でない」ことを証明せよ。

[8]

図1のように、台車がばねを介して壁に接続されている非減衰1自由度振動系を考える。台車の位置は右向きを正、自然長を基準として  $x(t)$  [m] で定義されている。質量は  $m = 1$  [kg]、ばね係数は  $k = 2$  [N/m] とする。以下の設問に答えよ。

(問1) 台車の運動方程式を求めよ。

(問2) 非減衰1自由度振動系の標準形は、固有角振動数  $\omega_n$  を用いて  $\ddot{x}(t) + \omega_n^2 x(t) = 0$  で表される。問1で求めた運動方程式の固有角振動数  $\omega_n$  を求めよ。

(問3) 問1で求めた運動方程式において、解を  $x(t) = Ae^{\lambda t}$  ( $A \neq 0$ ) とおき、 $\lambda$  に関する特性方程式を導出せよ。また、特性方程式を解いて  $\lambda$  を求めよ。

(問4) 非減衰1自由度振動系の時間応答の一般解は  $x(t) = A_1 e^{\lambda_1 t} + A_2 e^{\lambda_2 t}$  ( $\lambda_1 \neq \lambda_2$ ) で表現される。ここで、 $A_1, A_2$  は任意の定数であり、 $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  は問3で求めた特性方程式の解である。初期条件が  $x(0) = 1$ ,  $\dot{x}(0) = 0$  であるとき、定数  $A_1, A_2$  を求めよ。

(問5) 問4で求めた定数  $A_1, A_2$  を用いて、自由振動の時間応答を求めよ。

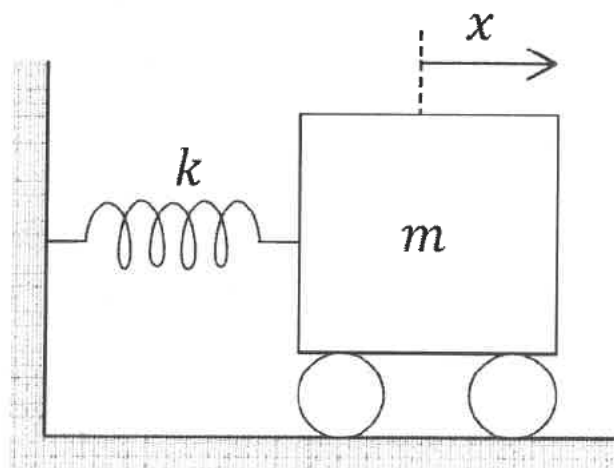
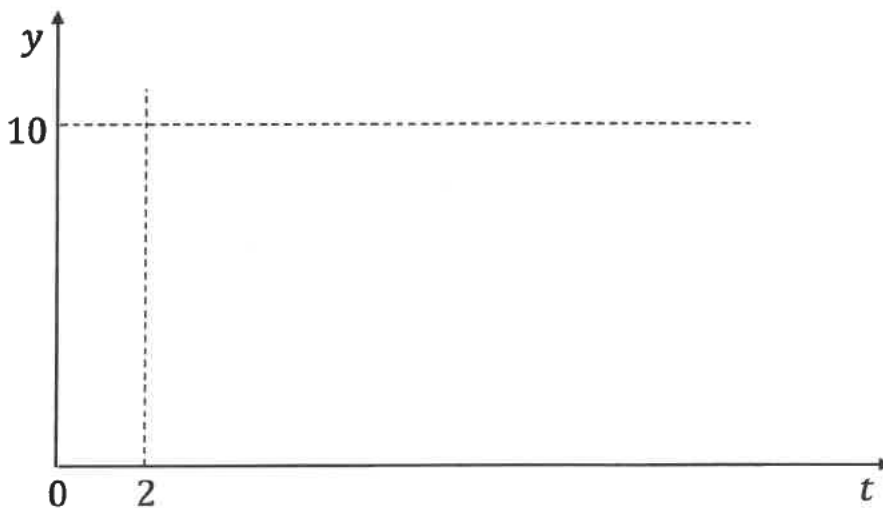


図1



[9] 伝達関数  $G(s) = \frac{10}{1+2s}$  の一次遅れ系を考える。

1. この伝達関数の極を求め、この系が安定か不安定か答えよ。
2. この系への入力単位インパルス関数  $u(t) = \delta(t)$  のとき、出力  $y(t)$  のラプラス変換  $Y(s) = \mathcal{L}[y(t)]$  を求めよ。ここに  $\mathcal{L}[\delta(t)] = 1$  である。
3. 一般に  $\mathcal{L}[1] = \frac{1}{s}$  である。また、 $a > 0$  を定数とすると、 $\mathcal{L}[f(t)] = F(s)$  のとき  $\mathcal{L}[e^{-at}f(t)] = F(s+a)$  である。これらを用いて2.の出力  $y(t)$  を求めよ。
4. 単位ステップ関数  $u(t) = 1$  が入力のとき、出力  $y(t)$  のラプラス変換  $Y(s)$ 、およびその逆ラプラス変換  $y(t) = \mathcal{L}^{-1}[Y(s)]$  を求めよ。ただし初期値  $y(0) = 0$  とする。
5. この系の単位インパルス応答と単位ステップ応答のグラフを描け。下図を参考とし、フリーハンドの概形で良い。なお、 $1 - e^{-1} \approx 0.63$  である。



**(問 題 紙)**

領域[1]～[9]から、志望する専攻の選択条件を満たすように2領域を選択し、解答しなさい。

選択した各領域に対して1枚の解答紙を用い、各解答紙の所定の欄に選択した領域の番号を記入しなさい。

解答紙の表面だけで書ききれない場合は裏面を使ってもよいが、その旨を明記すること。

**I. 領域**

- [1] ソフトウェア工学
- [2] 情報科学
- [3] オペレーションズ・リサーチ
- [4] 統計学
- [5] 機械学習工学
- [6] 通信ネットワーク
- [7] 数理論理学
- [8] 機械工学
- [9] 制御工学

**II. 各専攻の選択条件**

○ソフトウェア工学専攻を志望する学生

[1], [2] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択

○データサイエンス専攻を志望する学生

[3], [4], [5] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択

○電子情報工学専攻を志望する学生

[2], [6], [7] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択

○機械システム工学専攻を志望する学生

[8], [9] から1領域を選択、残り8領域から1領域を選択

## [1]

問1 次の各問に答えよ。

- (1) ソフトウェア開発工程のうち、要求分析・仕様化（要求工学）プロセスの目的は何か、説明せよ。
- (2) ソフトウェアプロセスモデルとは何か、説明せよ。
- (3) 履修登録や成績閲覧を学生が Web を通じて可能とする学務システムのソフトウェア開発を検討している。  
このシステムの開発に適したソフトウェアプロセスモデルは何か、そう判断した理由とともに答えよ。
- (4) ソフトウェア品質の一つである保守性とはどのような性質か、説明せよ。
- (5) 組込みシステムには、一般に厳しいリソース制約を満たすことが求められる。組込みシステムに求められるリソース制約を一つ例示し、それが組込みシステムに求められる理由とともに説明せよ。
- (6) ソフトウェアの正当性検証 (verification: ベリフィケーション) と妥当性確認 (validation: バリデーション), それぞれの意味を説明せよ。
- (7) ソフトウェアテスト (試験) で用いられるテストケースの構成要素には何があり、それぞれがどのような役割を持つかについて説明せよ。
- (8) オブジェクト指向における情報隠蔽 (カプセル化) とはどのような概念か、説明せよ。

問2 次の文章を読んで問に答えよ。導出過程も示すこと。

ファンを駆動するモータと、起動ボタン、停止ボタン、ホコリセンサ、異物センサからなる簡単な換気扇システムを制御するソフトウェアを作りたい。このシステムに期待される動作は次のとおりである。

- 換気扇システムを起動した直後、モータは停止している
- モータはファンを弱風モード、強風モードで運転することができる
- 停止状態で起動ボタンを1回押すと、モータがファンを弱風モードで運転する
- 弱風モードで運転中に起動ボタンを1回押すと、モータがファンを強風モードで運転する
- 強風モードで運転中に起動ボタンを1回押すと、モータがファンを弱風モードで運転する
- ホコリセンサは、運転中にファンを通過する空気中のホコリの量を計測している
- 弱風モードで運転中に、ホコリセンサの測定値が一定の値(N)を超えると、強風モードで運転する
- 強風モードで運転中に、ホコリセンサの測定値がNを下回っても、強風モードは変更しない
- 運転中に停止ボタンを1回押すと、モータはファンの運転を停止する
- 異物センサは、運転中にファンに異物が挟まっているかどうかを監視している
- 異物センサが異物を検知すると、換気を中止するためにモータを停止する
- 異物センサが異物を検知してモータを停止した後、停止ボタンを1回押すまでの間、換気扇システムは起動ボタンによる制御を受け付けない

この換気扇システムにはどのような状態があり、システムの状態を変化させるイベントにはどのようなものがあるかを分析することにより、システムの状態遷移図を作成せよ。

## [2]

長さ  $n$  の配列  $A$  内の要素と 長さ  $m$  の配列内の要素を、長さ  $n+m$  の配列  $C$  に昇順に整列して並べたい。このとき、一般的な手順を以下のように考えることができる。

1. 長さ  $n$  の  $A$  の配列内の要素を昇順に整列する
  2. 長さ  $m$  の  $B$  の配列内の要素を昇順に整列する
  3. 配列  $A$  の要素と配列  $B$  の要素のどちらかがなくなるまで、 $i \sim ii$  を繰り返す
    - i. 配列  $A$  の要素と配列  $B$  の要素の中から最小値を選択する
    - ii.  $i$  で選んだ要素を配列  $A$  または  $B$  から削除して、配列  $C$  に追加する
  4. もう片方の配列から要素がなくなるまで、 $I \sim II$  を繰り返す
    - I. まだ要素が残っているもう片方の配列 ( $B$  または  $A$ ) の要素の中から最小値を選択する
    - II.  $I$  で選んだ要素を削除して、配列  $C$  に追加する
- (1) 手順3の  $i$  における最小値の選択は、どのようにすれば最も効率的に実行できるか。その手順を説明しなさい。
- (2) 手順4の  $I$  における最小値の選択は、どのようにすれば最も効率的に実行できるか。その手順を説明しなさい。
- (3) 手順3, 4の処理の中で、回数が最も多く実行される処理はどれか。以下から選びなさい。
- (ア) 手順3の  $i$  における、配列  $A$  の要素と配列  $B$  の要素の中から最小値を選択する処理
- (イ) 配列  $A$  から削除を行う処理
- (ウ) 配列  $B$  から削除を行う処理
- (エ) 配列  $C$  に追加する処理
- (4) (3) で選んだ処理は何回実行されるか答えなさい。
- (5) 手順3, 4を関数 `merge()` という C プログラムとして実装した。空白を埋めなさい。

```

/* 大きさnの配列Aと大きさmの配列Bの要素(両者昇順に整列済み)を
   大きさ n+m の配列C に昇順に登録する */
void merge(int A[], int n, int B[], int m, int C[]){
    // A は i, B は j, C は k で管理する
    int i = 0, j = 0, k = 0;
    while(( i<n) && (j<m)){
        // 候補の値が等しい場合はAを選択する
        if (A[i] <= B[j]) {
            C[k] = (a) ; (b) ; k++;
        }else{
            C[k] = (c) ; (d) ; k++;
        }
    }
    while( i<n){ C[k] = (e) ; i++; (f) ;}
    while( j<m){ C[k] = (g) ; j++; (h) ;}
}

```

2枚目に続く

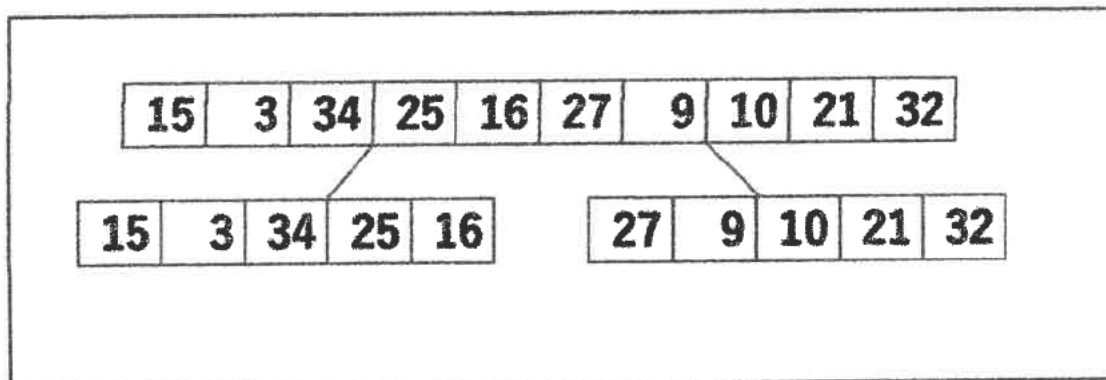
## [2] の続き

手順3, 4を一般的にマージと呼び、マージを用いて整列を行う方法をマージソートと呼ぶ。  
マージソートの一般的な手順を以下のように考えることができる。

マージソート対象の配列をAとする

- ① 配列Aの長さが1の場合、何もしない
- ② そうでない場合、マージソート対象の配列を半分に分け、A1とA2に分ける
- ③ A1に対して、マージソートを再帰的に適用する
- ④ A2に対して、マージソートを再帰的に適用する
- ⑤ A1, A2はそれぞれ整列されている状態なので、  
A1とA2をマージすることで整列済みの配列Aを得る

- (6) このマージソートの手順に従って、以下の配列に対してマージソートを行い、  
分割とマージがどのように行われるかを図示しなさい。  
ただし、要素数が奇数個の配列を半分に分ける場合、前半が1つ多くなるように分割すること。  
解答はソート前の配列から書くこと。図は1回目の分割を行った結果を示している。



以上

[3]

1. 次の線形計画問題について以下の問いに答えなさい。

$$\text{最大化 } x_1 - x_2 + 2x_3$$

$$\text{s. t. } 2x_1 - 2x_2 + 3x_3 \leq 5 \quad (\text{a})$$

$$x_1 + x_2 - x_3 \leq 4 \quad (\text{b})$$

$$x_1 - x_2 + x_3 \leq 3 \quad (\text{c})$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

(1) スラック変数を導入して制約式(a), (b), (c)を等式の制約式に直しなさい。

(2) (1)で得られた等式の制約式をすべて満たす変数  $x_1, x_2, x_3$  およびスラック変数の組を1つと、その時の目的関数の値を求めなさい。2. 下の表のように価値(円)、重量(kg)である品物  $j$  が1つずつ用意されている( $j=1,2,\dots,5$ )。これらを 32kg の容量のナップザックに選んで詰めて持っていくとき、ナップザックに詰めた商品の価値の合計が最大となるように品物を選ぶ問題を定式化しなさい。

|        | 品物 1 | 品物 2 | 品物 3 | 品物 4 | 品物 5 |
|--------|------|------|------|------|------|
| 価値(円)  | 35   | 25   | 15   | 500  | 100  |
| 重量(kg) | 20   | 2    | 6    | 10   | 6    |

3. 1日の天気の状態は、晴、曇り、雨、のいずれかであるとする。これらに1から3までの番号を付して、ある日の状態が  $i$  であるときその翌日が  $j$  となる確率  $p_{ij}$  が、

$$p_{11} = \frac{3}{8}, p_{12} = \frac{1}{8}, p_{21} = \frac{1}{2}, p_{22} = 0, p_{31} = \frac{1}{4}, p_{32} = \frac{1}{4}$$

であるとする。マルコフモデルに関する以下の問いに答えなさい。

(1)  $p_{13}, p_{23}, p_{33}$  を求めなさい。

(2) 状態遷移図を描きなさい。

(3) 定常分布を求めなさい。

(4) (3)で求めた定常分布から、これから180日間のうちの晴、曇り、雨の日数をそれぞれ推定しなさい。

[4]

確率変数 $X$ と $Y$ の同時密度関数 $f(x,y)$ が次のように与えられている。

$$f(x,y) = \begin{cases} c e^{-x-2y}, & x \geq 0, y \geq 0 \\ 0, & \text{それ以外} \end{cases}$$

ただし,  $c$ は実数の定数とする。このとき, 以下の問いに答えよ。

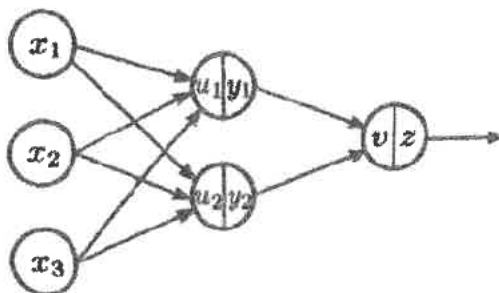
- (1)  $f(x,y)$ が同時密度関数となるように定数 $c$ の値を定めよ。
- (2) 確率変数 $X$ と $Y$ の期待値 $E(X)$ と $E(Y)$ を求めよ。
- (3) 条件付き期待値 $E(X|Y)$ を求めよ。
- (4) 共分散 $\text{Cov}(X,Y)$ を求めよ。

[5]

下記の (1), (2), (3) について答えなさい。

(1) ニューラルネットワークで用いられる活性化関数  $f(x) = x - \tanh x$  について、その導関数  $f'(x) = \frac{df}{dx}$  を求めなさい。ただし、 $\tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$  である。

(2) 下図のようなネットワーク構造を持つニューラルネットワークを考える。



具体的には、重み (パラメータ) を  $w = [w_{11} \ w_{12} \ w_{13} \ w_{21} \ w_{22} \ w_{23} \ w_1 \ w_2]$  として、入力  $x = [x_1 \ x_2 \ x_3]$  に対する出力  $z$  を、次で定める。

$$u_1 = w_{11}x_1 + w_{12}x_2 + w_{13}x_3, \quad u_2 = w_{21}x_1 + w_{22}x_2 + w_{23}x_3,$$

$$y_1 = \log \left( \frac{1}{1 + e^{-u_1}} \right), \quad y_2 = \log \left( \frac{1}{1 + e^{-u_2}} \right), \quad v = w_1 y_1 + w_2 y_2, \quad z = v.$$

このときの誤差 (損失) を  $E = E(w) = \frac{1}{2}(z-1)^2$  で評価するとき、 $\frac{\partial E}{\partial w_1}$  と  $\frac{\partial E}{\partial w_{11}}$  を  $x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, z, w_1, w_2$  のうち必要なものを用いてあらわしなさい。

(3) 画像認識を目的としたニューラルネットワーク (深層ネットワーク) の学習ではしばしばデータ拡張が行われる。この「データ拡張」とは具体的にはどのような処理であるか、また、それにより、どのような効果が期待できるのかを150字～200字程度で説明しなさい。



[6]

1. 右表の情報源記号と生起確率をもつ定常無記憶情報源に対してハフマン符号を構成したい。以下の問に答えよ。

| 情報源記号 | 生起確率 |
|-------|------|
| A     | 0.30 |
| B     | 0.20 |
| C     | 0.20 |
| D     | 0.15 |
| E     | 0.15 |

- (a) ハフマンツリーならびに各情報源記号に対する符号語を求めよ。ハフマン符号に用いる記号は0および1とする。
- (b) 構成したハフマン符号の平均符号語長を求めよ。

2. 帯域が100 [Hz] 以上 20 [kHz] 未満であるアナログ信号をPCM符号化することを考える。以下の問に答えよ。

- (a) 符号化による誤差をできるだけ抑えたい。標本化定理に基づけば、標本化周波数はいくら以上にすべきか。
- (b) 量子化ビット数を16ビットとする。(a)で答えた標本化周波数を用いてこの信号を1分間蓄積するのに必要なメモリの容量は何 [MB] かを答えよ ( $1 \text{ [MB]} = 10^6 \text{ [B]}$  として計算せよ)。

3. IPv4のネットワークアドレス192.168.100.192/28について、サブネットマスクとブロードキャストアドレスを答えよ。

4. 上位層であるアプリケーション層に対して、UDPは提供しないがTCPは提供する機能を挙げ、詳しく説明せよ。

[7]

命題論理の論理式について考える。ただし、命題変数をあらわすのに、 $p, q, r$ などの文字を用い、論理式は、命題変数と $\perp$ (矛盾)から4つの論理記号、 $\wedge$ (かつ)、 $\vee$ (または)、 $\rightarrow$ (ならば)、 $\neg$ ( $\sim$ でない)を用いて定義する。また、2つの真理値「真」と「偽」を、それぞれ、 $t, f$ とあらわす。さらに、2つの論理式 $A$ と $B$ に対して、 $A$ の真理値と $B$ の真理値が常に一致するとき、 $A$ と $B$ は同値であるといい、 $A \sim B$ とあらわす。

(1) 論理式  $\neg((q \rightarrow \neg r) \vee \neg p)$  と同値な論理式で、 $\perp, \vee, \rightarrow$  のどれも現れないものの例を挙げよ。

(2) 論理式  $\neg(p \rightarrow \neg q) \wedge ((p \rightarrow \neg q) \vee r)$  と同値な論理式で、長さが最も短いものを求めよ。ただし、論理式の長さとは、その論理式に現れる命題変数、 $\perp$ 、論理記号の出現の総数である。

(3)  $A = (((p \rightarrow q) \rightarrow r) \rightarrow r) \rightarrow q$  とおく。

(3.1)  $A$  の真理値表をかけ。

(3.2)  $A$  と同値な、論理和標準形の論理式の例を挙げよ。

(3.3)  $A$  と同値な、論理積標準形の論理式の例を挙げよ。

(4) 論理式の集合  $S$  を次のように帰納的に定義する。

定義.

- ・任意の命題変数は  $S$  に属する
- ・ $\neg \perp \in S$
- ・ $A \in S$  ならば  $\neg A \rightarrow \perp \in S$
- ・ $A, B \in S$  ならば  $A \wedge B \in S$

(4.1)  $S$  の要素で、命題変数も  $\wedge$  も現れないものの例を3つ挙げよ。

(4.2) すべての命題変数に真理値  $t$  を割り当てるとき、任意の  $A \in S$  は  $t$  であることを証明せよ。

(4.3) 任意の  $A \in S$  と任意の命題変数  $p$  に対して、「 $A \sim \neg p$  でない」ことを証明せよ。

[ 8 ]

図1のように、台車がばねとダンパで壁に接続されており、周期外力（複素表示） $f_a e^{j\omega t}$  [N] が作用している状況を考える。台車の位置は右向きに  $x(t)$  [m]（自然長を基準とする）、質量は  $m$  [kg]、ばね係数は  $k$  [N/m]、粘性減衰摩擦係数は  $c$  [N·s/m] とする。また、初期条件を  $x(0) = x_0$ ,  $\dot{x}(0) = 0$  とする。以下の設問に答えよ。

- (問1) 台車の運動方程式を求めよ。また、運動方程式の固有角振動数  $\omega_n$ 、減衰比  $\zeta$  を求めよ。
- (問2)  $c = 0$ ,  $f_a = 0$  とする。このときの時間応答を求めよ。ただし、 $\omega_n$  を用いること。
- (問3)  $c \neq 0$ ,  $f_a \neq 0$  とする。台車位置の定常応答を求めよ。ただし、 $\omega_n$ ,  $\zeta$ , 静たわみ  $x_{st} := f_a/k$  と振動数比  $\eta := \omega/\omega_n$  を用いること。
- (問4) 定常応答の振幅倍率  $M_f$  と位相角  $\phi_f$  を求めよ。

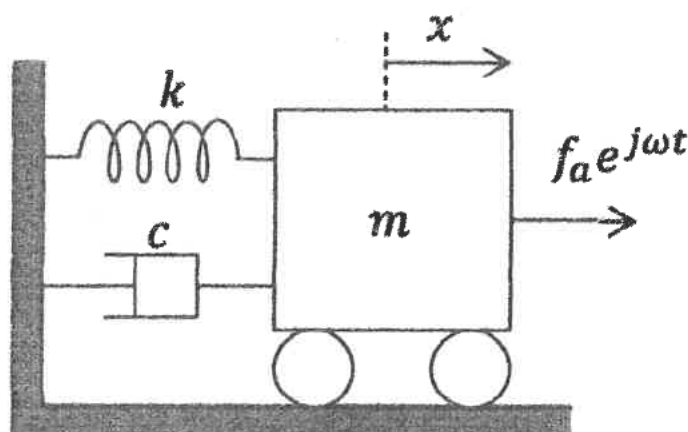


図1

[9] 直流モータの回転運動について、電機子コイルの発生トルク  $\tau(t)$  と回転角速度  $\omega(t)$  の間には

$$J_c \frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t) = \tau(t) \quad (1)$$

なる関係式が成立する。ここに  $J_c$  は電機子コイルの慣性モーメント、 $B$  は直流モータのブラシなどによる粘性摩擦係数である。

1. 電機子コイルの発生トルクから回転角速度への伝達関数を求め、その単位ステップ応答を計算せよ。

次に、直流モータの等価回路について、

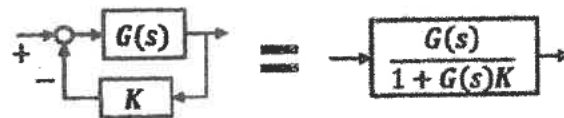
$$L_a \frac{di_a(t)}{dt} + R_a i_a(t) = v_a(t) - K_b \omega(t) \quad (2)$$

$$\tau(t) = K_r i_a(t) \quad (3)$$

なる関係式が成立する。ここに  $i_a(t)$  は回路内を流れる電流、 $v_a(t)$  は回路に加える電圧、 $L_a, R_a, K_b, K_r$  はそれぞれ適当な正の定数とする。 $\omega(t), \tau(t)$  は上で述べた通りである。

2. (1), (2), (3) 式をもとに直流モータのブロック線図を示せ。ただし、各ブロックの内部に伝達関数を明記すること。

3. 回路に加える電圧から回転角速度への伝達関数を求めよ。なお、下図に示すブロック線図の変換は用いてよい。



4. 3で求めた伝達関数の固有角周波数  $\omega_n$  を計算せよ。また、単位ステップ応答の定常値を求めよ。

5.  $L_a = 0$  とすると、3で求めた伝達関数は1次遅れ系となる。これに比例制御

$$V_a(s) = K_p(R(s) - \omega(s))$$

を加える。ただし  $V_a(s), R(s), \omega(s)$  はそれぞれ回路に加える電圧、目標値、回転角速度のラプラス変換であり、 $K_p$  は有限の正の定数とする。このとき、単位ステップ信号の目標値に対する定常偏差が0になるかどうか説明せよ。

発行：南山大学入学センター  
名古屋市昭和区山里町18番地

Phone：(052)832-3119

F a x：(052)832-3592

E-mail：ml-grad@nanzan-u.ac.jp

URL：https://www.nanzan-u.ac.jp/