

立命館大学大学院

2023年度実施 入学試験

博士課程前期課程

情報理工学研究科

情報理工学専攻

入試方式	コース	実施月	専門科目(共通科目・専門科目)	
			ページ	備考
一般入学試験 (日本語基準)	計算機科学 人間情報科学	8月	P. 1～	
		2月	P. 22～	
		2月 (2024年9月入学)	P. 40～	
社会人入学試験		8月	/	/
		2月	/	/
外国人留学生入学試験 (日本語基準)		7月 (2023年9月入学)	/	/
		8月	/	/
		12月	/	/
学内進学入学試験 (日本語基準)		7月	/	/
		2月 (2024年9月入学)	/	/
飛び級入学試験(日本語基準)	2月	P. 22～		
テクノロジー・マネジメント研究科との ジョイント・ディグリー制度による 2年次転入学試験	2月	/	/	

【表紙の見方】

×・・・入学試験の実施がなかった等の理由で入学試験問題の作成がなかったもの、または、問題を公開しないもの
 斜線・・・学科試験(筆記試験)を実施しないもの

立命館大学大学院
2023年度実施 入学試験
博士課程後期課程

情報理工学研究科
情報理工学専攻

後期課程では、筆記試験を実施していません。

2023 年 8 月実施

2024 年度立命館大学大学院情報理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（共通科目・専門科目）

情報理工学専攻（計算機科学コース・人間情報科学コース）

【解答方法】

問題冊子はコース共通です。下記の方法に従って解答して下さい。

共通科目①～③の中から2科目、専門科目（計算機科学、人間情報科学）から1科目を選択すること。
専門科目（計算機科学）を選択する場合は④～⑨の中から3問を解答すること。
専門科目（人間情報科学）を選択する場合は⑩・⑪から1問を解答すること。
志願するコースに関わらず専門科目はどちらでも選択できます。
人間情報科学を選択した場合、解答用紙は2枚余ります。

共通科目	①線形代数 ②確率統計 ③データ構造とアルゴリズム	
専門科目	計算機科学	④ 計算機アーキテクチャ ⑤ オペレーティングシステム ⑥ ソフトウェア工学 ⑦ コンピュータネットワーク ⑧ データベース ⑨ 人工知能
	人間情報科学	⑩ 画像処理 ⑪ 人工知能

【解答時間】

9 : 30 ~ 11 : 30（120分）

※試験時間中の途中退室は認めません。

※気分が悪くなったり、トイレに行きたい場合は静かに手を挙げて監督者に知らせてください。

【注意事項】

- (1) 解答は1問につき解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 解答用紙のホッチキスは、はずさないで下さい。
- (4) 無記名答案は無効です。また、問題冊子および解答用紙の持ち帰りは認めません。

共通科目

- ①線形代数
- ②確率統計
- ③データ構造とアルゴリズム

①～③の中から2科目を
解答すること

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻**共通科目① 線形代数**

以下の問いにすべて答えよ。計算の途中経過も記載すること。

問 1. 3点 $P_1(1,3,5), P_2(-3,0,1), P_3(6,2,-4)$ を通る平面の方程式を $ax + by + cz + d = 0$ とする。
このときの実数 a, b, c, d を求めよ。

問 2. 次の連立方程式の解を求めよ。

$$\begin{cases} 5x + 4y + 3z = 1 \\ 2x - 2y + z = -11 \\ -3x + y - 2z = 9 \end{cases}$$

問 3. $A = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ -1 & -2 \end{bmatrix}$ とする。次の設問に答えよ。

- (1) A^{-1} を求めよ。
- (2) A^{19} を求めよ。
- (3) $A^{25} + 7A^{15} - 3A^5$ を求めよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

共通科目② 確率統計

以下の問いにすべて答えよ。計算過程や考え方も全て示すこと。

問 1. 2つの連続型の確率変数 X, Y について、以下の問いに答えよ。

- (1) 「確率変数 X, Y は互いに独立である」という意味について、数式を用いて説明せよ。
- (2) 「確率変数 X, Y は無相関である」という意味について、数式を用いて説明せよ。
- (3) 以下の2つの文について、正しければ証明をせよ。正しくない場合は成り立つ例と成り立たない例を1つずつ挙げよ。
 - ① 「確率変数 X, Y が互いに独立ならば無相関である。」
 - ② 「確率変数 X, Y が無相関ならば互いに独立である。」

問 2. X と Y は互いに独立な標準正規分布に従う連続型の確率変数であるとする。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 確率変数 $Z = X + Y$ が従う確率分布の確率密度関数を求めよ。
- (2) 確率変数 $V = Y^2$ が従う確率分布の確率密度関数を求めよ。
- (3) 確率変数 $T = X/\sqrt{V}$ が従う確率分布の確率密度関数を求めよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

共通科目③ データ構造とアルゴリズム

以下の問いにすべて答えよ。

問 1. 図 1 は与えられた整数値を 2 分探索木に追加する insert 関数と、2 分探索木の各頂点を訪問し頂点に格納された値を表示する visit 関数の疑似コードである。create 関数は 2 分探索木の頂点を作成し、print 関数は格納された値を表示する。さらに、頂点 node に対し、node.key で格納された値を、node.left で頂点に対する左の子を、node.right で右の子を参照できるものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 数列 $S = \{3, 7, 1, 5\}$ を先頭から順に insert 関数に与えたときに最終的に得られる 2 分探索木を、図 2 の 2 分探索木の表記を参考に図示せよ。
- (2) 図 2 の 2 分探索木の根にあたる頂点を visit 関数に与えたときに表示される値を順に示せ。
- (3) insert 関数の時間計算量は、与えられる数列のデータの並び順に依存する。任意のデータに対する最善時間計算量と最悪時間計算量を、データ数 n を用いてオーダー表記でそれぞれ答えよ。
- (4) 2 分探索木のすべての頂点の左右の部分木の高さの差が 1 以内になるよう木の構造を変更するために提案された操作に回転がある。図 2 の 2 分探索木の根にあたる頂点を右に単回転して得られる 2 分探索木を図示せよ。

```

1: function insert(Node node, int key):
2:   if node = null then
3:     return create(key)
4:   end
5:   else if key < node.key then
6:     node.left ← insert(node.left, key)
7:   end
8:   else if key > node.key then
9:     node.right ← insert(node.right, key)
10:  end
11: end
13:
14: function visit(Node node):
15:   if node != null then
16:     print(node.key)
17:     visit(node.left)
18:     visit(node.right)
19:   end
20: end

```

図 1 : 2 分探索木に関する疑似コード

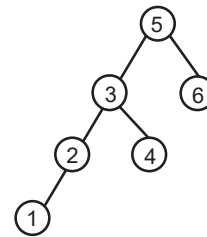


図 2 : 2 分探索木の例

問 2. n 個の整数値が格納された配列 A が与えられたとき、ステップ 1 から 3 により昇順にソートするアルゴリズムに関し、以下の問いに答えよ。なお、配列の要素数を n とし、 i 番目の添字の要素を $A[i]$ で参照でき、 $i = 0, 1, \dots, n-1$ とする。

Step 1: 以下の Step 2 と 3 を $i = 0$ から $n-1$ まで繰り返す。

Step 2: $A[i] \sim A[n-1]$ の中から最小値の要素の添字 p を探索する。

Step 3: $A[i]$ と $A[p]$ を交換する。

- (1) 配列 $A = \{3, 4, 2, 1\}$ をソートする過程をすべて図示せよ。
- (2) 本アルゴリズムの名称を答えよ。
- (3) 任意の配列に対する平均時間計算量と最悪時間計算量を、要素数 n を用いてオーダー表記でそれぞれ答えよ。
- (4) 値が同じである要素が 2 つ以上存在するデータをソートした場合にソート前後でそれらの要素順番が変わらないようなソートを安定なソート (stable sort) と呼ぶ。本アルゴリズムは安定なソートと言える場合は「はい」、そうでない場合は「いいえ」と答えよ。
- (5) 本アルゴリズムよりも最悪時間計算量が小さいソートアルゴリズムの名称を 1 つ答えよ。

専門科目

計算機科学

- ④ 計算機アーキテクチャ
- ⑤ オペレーティングシステム
- ⑥ ソフトウェア工学
- ⑦ コンピュータネットワーク
- ⑧ データベース
- ⑨ 人工知能

計算機科学を選択する場合、
④～⑨の中から3問を解答
すること

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学④ 計算機アーキテクチャ

以下の問いにすべて答えよ。

問. RISC プロセッサに関する以下の問いに答えよ。但し、以下の設問中の ISE2023 は架空の RISC プロセッサである。ISE2023 には汎用レジスタ R1, R2 があり、命令セットは表 1 の通りである。表中の Rd, Rs, Rt はそれぞれ R1, R2 のうちの任意のレジスタであり、imm は即値オペランド（符号付整数）、label は任意の命令語のアドレスを指すラベルである。

表 1

命令	アセンブリ表記	機能
ADD	ADD Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs + Rt$
ADDI	ADDI Rd, Rs, imm	$Rd \leftarrow Rs + imm$
BNE	BNE Rs, label	Branch to label if $Rs \neq 0$
LI	LI Rd, imm	$Rd \leftarrow imm$

- (1) 図 1 に示す ISE2023 のアセンブリコードで与えられたプログラムで、R1 に格納されていた値と R2 に得られる値の関係を簡潔に述べよ。但し、R1 の初期値は正の整数であり、計算中にオーバーフローは発生しないものとする。
- (2) 図 1 のプログラムを実行したときの所要サイクル数および CPI (cycle per instruction) を求めよ (CPI は小数点以下 1 桁まで求めよ)。但し、BNE 命令の所要サイクル数は常に 4 であり、他の命令の所要サイクル数は全て 1 とする。また R1 の初期値は 10 とする。
- (3) (2) と同様の条件で図 2 のプログラムを実行したときの所要サイクル数および CPI を求めよ。
- (4) 図 1 のプログラムと同じ結果が図 2 のプログラムで得られる R1 の初期値の条件を述べよ。
- (5) 図 1 のプログラムを図 2 のように置き換えることを何と呼ぶか。

```
BEGIN: LI R2, 0
LOOP:  ADD R2, R2, R1
      ADDI R1, R1, -1
      BNE R1, LOOP
END:
```

図 1

```
BEGIN: LI R2, 0
LOOP:  ADD R2, R2, R1
      ADDI R1, R1, -1
      ADD R2, R2, R1
      ADDI R1, R1, -1
      BNE R1, LOOP
END:
```

図 2

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑤ オペレーティングシステム

仮想記憶についての以下の問いにすべて答えよ。

- 問 1. 仮想記憶とはどのようなものであるか及びその利点をそれぞれ簡潔に説明せよ。
- 問 2. 二つのプロセスが異なる仮想アドレス空間で動作しており、これらのプロセスがデータ交換することを考える。これを実現する方法をアドレス空間と関連付けて説明し、同一プロセスに属する異なるスレッドがデータ交換する場合にはなぜこのような工夫が必要ないのかも説明せよ。
- 問 3. 16進数で表現された4バイトの仮想アドレス 0x1234ABCD を対応する実アドレスに変換したい。いまブロック番号が上位3バイト、相対位置（オフセット）が下位1バイトであるとする。この仮想アドレスの実アドレスへの変換過程を、どの部分がソフトウェアで行われどの部分がハードウェアで行われるのか明確にして説明せよ。ただしアドレス変換テーブルは一段階の構造を仮定する。また問題文に書かれていない数値が必要な場合には適当に仮定してよい。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑥ ソフトウェア工学

以下の問いにすべて答えよ。

問 1. ウォーターフォールモデルの欠点を説明せよ。

問 2. ソフトウェアテストにおけるスタブとドライバの違いを説明せよ。

問 3. ソフトウェアテストにおける分岐網羅と条件網羅の違いを説明せよ。

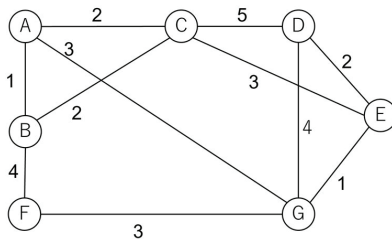
問 4. オブジェクト指向プログラミングにおけるメッセージパッシングについて説明せよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑦ コンピュータネットワーク

以下の問いにすべて答えよ。

- 問 1. ダイクストラ法を用いて、下図のネットワークのノード A からすべてのノードへパケットをルーチングするための最短経路を求める。下図においてリンクに添えられた数字は、そのリンクの距離を示している。以下の表を完成させ、アルゴリズムの各ステップを示せ。表の第 2 列目には最短距離が確定したノードの集合 S および（目的ノード, 直前ノード, 距離）を書け。ここで、目的ノードは新たに最短距離が確定したノード、直前ノードはノード A から目的ノードへ至るとき直前を通るノード、距離はノード A から目的ノードまでの最短距離を表している。なお、答えは解答用紙に記入せよ。



Step	S, (Destination node, predecessor, distance)
1	S={A}, (A, —, 0)
2	S={A, B}, (B, A, 1)
3	
4	
5	
6	
7	

- 問 2. コンピュータネットワークに関する以下の説明について、正しい場合は T を、誤っている場合は F を解答用紙に記入せよ。
- (1) DNS では、ドメインのメールを処理するメールサーバを指定するレコードを NS レコードと呼ぶ。
 - (2) リンク状態型経路制御の欠点の 1 つは、count-to-infinity 問題である。
 - (3) すべてのデータリンク層プロトコルは、MAC チャネルアクセスプロトコルを必要とする。
 - (4) IPv6 でサポートされ、IPv4 ではサポートされていない新しい機能の 1 つは、IP フラグメンテーションである。
 - (5) インターネットにおいて、各自律システムは他の自律システムと BGP を用いて通信する。
 - (6) ブリッジは、データリンク層デバイスである。
 - (7) CRC (Cyclic Redundancy Check) は、強力な誤り訂正符号である。
 - (8) Routing Information Protocol (RIP) は、ベルマン・フォードアルゴリズムを用いている。
 - (9) DHCP はアプリケーション層プロトコルである。
 - (10) 10. 13. 159. 125 はプライベート IP アドレスである。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑧ データベース

この問題は2ページあります。以下の問いにすべて答えよ。

- 問1. データベースに関する以下の説明文について、囲みの空欄部分ア～オに最も適した語句を、選択肢から選び、アルファベットで示された記号で答えよ。ただし、選択肢には無関係のものも含まれていることに注意せよ。なお、同じ問題記号の囲みには同じ語句が入るものとする。

データベースの設計は次のようなプロセスで行われます。

第1段階 : データベースの目的やデータベースが対象とする業務情報の洗い出しや利用者からの 事項を抽出整理します。

第2段階 スキーマ設計：実際のデータベースで使用するデータモデルやスキーマとは独立に、理想的な将来の情報システムやデータベースを想定した時のデータベースの情報の構造を記述します。

第3段階 スキーマ設計：実際に使用するデータベース管理システムで、データベースを構築するために必要な情報の 的な構造である スキーマを記述します。

第4段階 スキーマ設計：実際にデータベースのデータを格納したり管理したりするために必要な 構造を記述します。

選択肢

- A. 概念定義 B. 要求定義 C. 目的 D. 要求 E. 業務 F. 知識
G. 要件 H. 概念 I. データベース J. 論理 K. 情報 L. 物理

- 問2. 以下の6つのタプルからなる関係Rの属性間において、関数従属性が成り立つものを(a)～(f)からすべて選択せよ。

関係R

X	Y	Z
10	AAA	4
10	AAA	4
20	BBB	2
20	BBB	2
30	BBB	6
30	BBB	6

- (a) $X \rightarrow Y$
 (b) $X \rightarrow Z$
 (c) $Y \rightarrow Z$
 (d) $Y \rightarrow X$
 (e) $Z \rightarrow X$
 (f) $Z \rightarrow Y$

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は2ページあります。

問3. 以下の2つの関係PとQに対して、(1)結合演算 $P \bowtie_{B<C} Q$ および (2) $P \bowtie_{B=D} Q$ の結果を記載せよ。

P

A	B
-1	1
0	3
1	2

Q

C	D	E
2	3	1
2	2	4
3	3	4

(1) $P \bowtie_{B<C} Q$

(2) $P \bowtie_{B=D} Q$

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑨ 人工知能

この問題 2 ページあります。以下の問いにすべて答えよ。

問. 人工知能に関連する以下の説明文（1）～（5）について、囲みの空欄部分 ～ に最も適した語句または数字を、説明文ごとの選択肢から選び、アルファベットで示された記号で答えよ。ただし、選択肢には無関係のものも含まれていることに注意せよ。なお、同じ問題記号の囲みには同じ語句が入ると仮定せよ。

（1）初期ノードから目的ノードまでの最短経路問題を解く 3 つのアルゴリズム、最適探索（ダイクストラ法）、最良優先探索、A*アルゴリズムについて考える。これらのアルゴリズムでは、次に探索するノードを決定するために探索対象のノードを並び替えるときの基準が異なる。初期ノードからノード s までの最適経路上のコストの総和を $g(s)$ 、ノード s から目的ノードまでの最適経路上のコストの総和を $h(s)$ 、ノード s を経由した場合の最適経路のコストを $f(s) (= g(s) + h(s))$ とする。このとき、探索対象のノードを、最適探索では が、最良優先探索では が、A*アルゴリズムでは が小さい順に並び替える。なお、記号 $\hat{\cdot}$ は推定値であることを表し、例えば $\hat{y}(s)$ は関数 $y(s)$ の推定値であることを表す。

【（1）の選択肢】

a	$g(s)$	b	$h(s)$	c	$f(s) (= g(s) + h(s))$	d	$\hat{g}(s) - g(s)$
e	$\hat{g}(s)$	f	$\hat{h}(s)$	g	$\hat{f}(s) (= \hat{g}(s) + \hat{h}(s))$	h	$\hat{h}(s) - h(s)$

（2）動的計画法を用いて 2 つ文字列の編集距離を求める。このとき、対象となる文字列の部分列に対する編集距離を して記録し、次の計算に用いる。文字列 “abebe” から文字列 “babbe” への編集距離は であり、このときの編集操作において「置換」操作は 回含まれる。なお、編集距離とは、1 回の編集操作を 1 文字の挿入、削除、置換のいずれかとし、一方の文字列を他方の文字列に変形するのに必要な最小の編集操作回数である。

【（2）の選択肢】

a	0	b	1	c	2	d	3
e	4	f	メモ化	g	最大化	h	分散化

（3）データの集まりをデータ間の類似度に従っていくつかのグループに分類することをクラスタリングといい、機械学習において に分類される。確定的クラスタリング手法の一つである では、各クラスタ代表点との距離に基づいたデータの分類と、各クラスタ代表点の座標の更新を繰り返し、分類を行う。この手法では、各クラスタ代表点とそのクラスタに属するデータの 2 乗距離の総和で表される目的関数が することから、いずれ各クラスタへの分類に変化がなくなる。

【（3）の選択肢】

a	単調減少	b	単調増加	c	生成モデル	d	教師なし学習
e	教師あり学習	f	強化学習	g	k-means 法	h	EM アルゴリズム

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は2ページあります。

(4) Q 学習は の値を Q 値として推定する強化学習の一手法である。Q 学習における更新式では、現在の Q 値に と の積の値を加えたものに Q 値は更新される。 は学習中の Q 値が収束していないことから生じるものであり、Q 学習は を 0 に近づけていく学習であるといえる。また は を Q 値に反映させる程度を表すものであり、平衡状態へ近づけていく勢いを表す。

【(4) の選択肢】

a	最小二乗誤差	b	TD 誤差	c	状態価値関数	d	最適行動価値関数
e	ベルマン方程式	f	報酬	g	学習率	h	割引率

(5) 前提を論理式 X 、結論を論理式 Y で与えられており、 $Z := (X \rightarrow Y)$ を証明する。つまり、 Z が であることを示せばよい。このとき $\neg Z \equiv$ であり、 $\neg Z$ の節集合に を繰り返し適用し空節を導くことで Z が であることを示すことができる。なお、 はリテラル Q について節 $P \vee Q$ と $R \vee \neg Q$ が存在した場合に、これら 2 つの節から $P \vee R$ を導くことである。

【(5) の選択肢】

a	$X \vee \neg Y$	b	$X \wedge \neg Y$	c	恒真式	d	恒偽式
e	$\neg X \vee Y$	f	導出原理	g	単一化	h	節形式

専門科目

人間情報科学

⑩画像処理

⑪人工知能

人間情報科学を選択する
場合、⑩～⑪から1問を
解答すること

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

人間情報科学⑩ 画像処理

この問題は4ページあります。以下の問いにすべて答えよ。

問1.

(1) 図1のトーンカーブを用いて、画素ごとの濃淡変換を行う。入力画像の画素値が①の範囲全体に分布しているとき、出力画像に関する説明として、適するものはどれか。

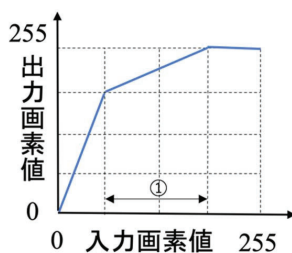


図1

【解答群】

- a) 出力画像の濃淡ヒストグラムが平坦化される。
- b) 出力画像では入力画像のぼけが復元される。
- c) 出力画像は入力画像よりも明るくなる。
- d) 出力画像のコントラストは入力画像よりも高くなる。
- e) 出力画像では入力画像のエッジが強調される。

(2) 図2の入力画像に対して 3×3 画素のメディアンフィルタを適用すると、図2の太枠の画素の位置に対応する出力値はいくらになるか。

144	121	135	124	125
53	107	226	137	129
18	134	128	107	27
16	122	140	135	138
107	111	116	116	237

図2

- a) 107
- b) 128
- c) 135
- d) 138
- e) 140

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は4ページあります。

問2. 図3に示す平行四辺形を、図4のような一辺の長さが1の正方形に変換したい。このような座標はどれか。このとき、変換前の座標を (x, y) 、変換後の座標を (x', y') とする。

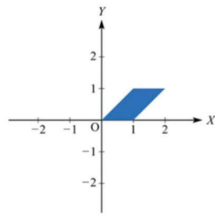


図3

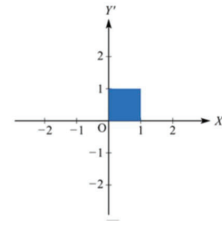


図4

a) $\begin{cases} x' = x - 1 \\ y' = -y \end{cases}$

b) $\begin{cases} x' = x + y \\ y' = x - y \end{cases}$

c) $\begin{cases} x' = x - y \\ y' = y \end{cases}$

d) $\begin{cases} x' = x - 1 \\ y' = x + y \end{cases}$

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は4ページあります。

問3. 画像 $f(x,y)$ において、座標 $(1,1)$ 、 $(1,2)$ 、 $(1,3)$ 、 $(2,1)$ 、 $(2,2)$ 、 $(2,3)$ 、 $(3,1)$ 、 $(3,2)$ 、 $(3,3)$ での濃度値はそれぞれ $f(1,1) = 50$ 、 $f(1,2) = 60$ 、 $f(1,3) = 70$ 、 $f(2,1) = 80$ 、 $f(2,2) = 90$ 、 $f(2,3) = 100$ 、 $f(3,1) = 110$ 、 $f(3,2) = 120$ 、 $f(3,3) = 130$ である。 $f(1.8,2.5)$ の値をニアレストネイバー補間法とバイリニア補間法で求めよ。

問4.

(1) 図5の画像に対して2次元フーリエ変換を行った。変換の結果、得られるパワースペクトルは解答群の画像a)~e)のうちどれか。ただし、パワースペクトルの中心は直流成分を表し、白いほど値が大きいものとする。

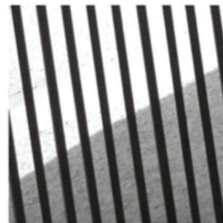
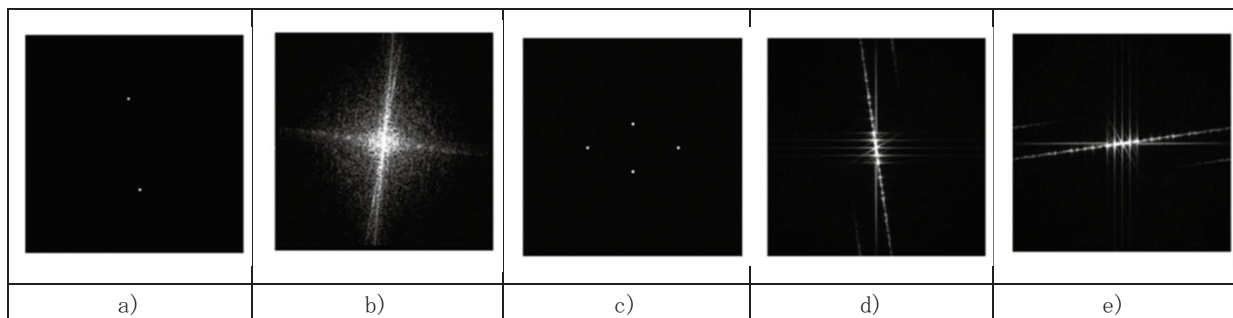


図5

【解答群】



立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は4ページあります。

(2) 図6の画像に対して2次元フーリエ変換を行い、パワースペクトルを求める。つぎに、図7のマスクを用いて、このパワースペクトルの中央部以外を残す。残したパワースペクトルをフーリエ逆変換して得られる画像は解答群の画像a)~d)のうちのどれか。ただし、解答群の画像を囲む黒い枠はフーリエ逆変換の結果ではない。



図6

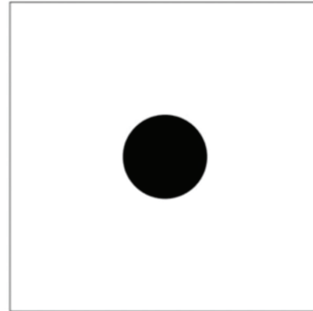
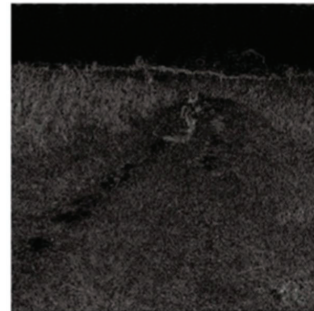


図7

【解答群】



a)



b)



c)



d)

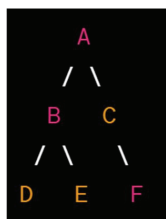
立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

人間情報科学⑩ 人工知能

この問題は2ページあります。以下の問いにすべて答えよ。

問1.

以下のグラフを考える。



このグラフに対して、ノードAから始める、左側から優先して探索していく深さ優先探索を実行する。以下に示す7つのステップの内、ステップ4と7でのオープンリストとクローズドリストを埋めよ。

ステップ	オープンリスト	クローズドリスト
1	[A]	[]
2		
3		
4	(a)	(b)
5		
6		
7	(c)	(d)

問2.

ある店舗で、XとYの2種類のノートパソコンのみを販売している。両種類とも一定割合が不良品であることが知られている。同店舗で購入されたノートパソコンが不良品のとき、そのパソコンがXという種類となる確率が0.125である。このとき、以下の選択肢の内、正しいのはどれか。

- (a) 同店舗でXが販売される割合が0.8、Xの不良率が0.4、Yの不良率が0.7である。
- (b) 同店舗でXが販売される割合が0.6、Xの不良率が0.4、Yの不良率が0.7である。
- (c) 同店舗でXが販売される割合が0.4、Xの不良率が0.4、Yの不良率が0.7である。
- (d) 同店舗でXが販売される割合が0.2、Xの不良率が0.4、Yの不良率が0.7である。
- (e) 同店舗でXが販売される割合が0.1、Xの不良率が0.4、Yの不良率が0.7である。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は2ページあります。

問3.

以下の空欄に適する語句を答えよ。

- ① K-means 法では、データを クラスタに所属させ、その後に を更新する。
- ② 強化学習におけるベルマン方程式では、 の状態価値を次の報酬と の価値だけで定義する。
- ③ 最急降下法（又は勾配法）では、誤差が徐々に ように、誤差関数の を計算してパラメータを修正する。

4 月入学用

2024 年 2 月実施

2024 年度立命館大学大学院情報理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（共通科目・専門科目）

情報理工学専攻（計算機科学コース・人間情報科学コース）

【解答方法】

問題冊子はコース共通です。下記の方法に従って解答して下さい。

- 1) 共通科目については、①～③の中から 2 科目を選択すること。
 - 2) 専門科目については、計算機科学・人間情報科学から 1 科目を選択すること。
 - ・ 計算機科学を選択する場合は④～⑨の中から 3 問を解答すること。
 - ・ 人間情報科学を選択する場合は⑩・⑪から 1 問を解答すること。
- ※出願しているコースに関わらず、専門科目はどちらでも選択できます。
※人間情報科学を選択した場合、解答用紙は 2 枚余ります。

共通科目	①線形代数 ②確率統計 ③データ構造とアルゴリズム	
専門科目	計算機科学	④計算機アーキテクチャ ⑤オペレーティングシステム ⑥ソフトウェア工学 ⑦コンピュータネットワーク ⑧データベース ⑨人工知能
	人間情報科学	⑩画像処理 ⑪人工知能

【解答時間】

9 : 30 ~ 11 : 30 (120分)

※試験時間中の途中退室は認めません。

※気分が悪い場合やトイレに行きたい場合は、静かに手を挙げて監督者に知らせてください。

【注意事項】

- (1) 解答は 1 問につき解答用紙 1 枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 解答用紙のホッチキスは、はずさないで下さい。
- (4) 無記名答案は無効です。また、問題冊子および解答用紙の持ち帰りは認めません。

共通科目

- ①線形代数
- ②確率統計
- ③データ構造とアルゴリズム

①～③の中から2科目を
解答すること

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

共通科目① 線形代数

以下の問いにすべて答えよ。計算の途中経過も記載すること。

問1. 2点 $X(4, -1, 3), Y(2, 0, -5)$ を結ぶ線分 XY を $2:3$ に内分する点 P と外分する点 Q をそれぞれ求めよ。

問2. 4点 $A(3, -2, 5), B(-3, -2, 1), C(0, 2, -4), D(1, 1, 0)$ が与えられたとき、以下の問いに答えよ。

- (1) ベクトル積 $\overrightarrow{AB} \times \overrightarrow{AC}$ を求めよ。
- (2) 3点 A, B, C を通る平面の方程式を $ax + by + cz + d = 0$ とする。このときの実数 a, b, c, d を求めよ。
- (3) 三角形 ABC の面積を求めよ。
- (4) 四面体 $ABCD$ の体積を求めよ。

問3. 以下の行列 G, H が与えられたとき、 $G^n = H^n$ を満たす整数 n ($0 < n < 30$) を求めよ。

$$G = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \quad H = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} -\sqrt{3} & 1 \\ -1 & -\sqrt{3} \end{bmatrix}$$

立命館大学大学院情報理工学研究科 (博士課程前期課程)
情報理工学専攻

共通科目② 確率統計

以下の問いにすべて答えよ。計算過程や考え方も全て示すこと。

問 1. 2つの連続型の確率変数 X と Y の同時確率密度関数 $P(x, y)$ が

$$P(x, y) = C \exp\left(-\frac{(x+y)^2}{2} - k\frac{(x-y)^2}{2}\right)$$

で与えられるとき ($k > 0$, $C > 0$)、以下の問いに答えよ。

- (1) C を求め、周辺化分布 $P(x) = \int_{-\infty}^{\infty} P(x, y) dy$ 、 $P(y) = \int_{-\infty}^{\infty} P(x, y) dx$ を求めよ。

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-a(x-b)^2} dx = \sqrt{\frac{\pi}{a}} \text{ を用いても良い。}$$

- (2) 条件付き確率密度関数 $P_Y(y|X=x)$ を求めよ。
(3) 一般の確率変数 Z_1 と Z_2 が独立である条件を、条件付き確率密度関数 $P_{Z_2}(z_2|Z_1=z_1)$ を用いて示せ。
(4) 確率変数 X と Y が独立であるとき、 k の条件を答えよ。

問 2. パラメータ λ をもつポアソン分布

$$P(X=k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

について、以下の問いに答えよ。

- (1) ポアソン分布の平均を求めよ。
(2) ポアソン分布の分散を求めよ。
(3) ポアソン分布に従う母集団から 10 個の独立なサンプル X_1, X_2, \dots, X_{10} が得られたとする。対数尤度関数 $L(\lambda)$ を X_1, X_2, \dots, X_{10} を用いて表せ。
(4) (3) の対数尤度関数 $L(\lambda)$ を最大にする λ を求めよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

共通科目③ データ構造とアルゴリズム

以下の問いにすべて答えよ。

問 1. 図 1 は連結有向グラフ $G = (V, E)$ の例であり、円は頂点を、中の数字は頂点番号を示す。図 2 は連結有向グラフ G のある頂点 $s \in V$ から幅優先探索 (BFS) を行うアルゴリズムの擬似コードである。 $|V| = n$ 、 $|E| = m$ の任意のグラフ G' を仮定する。以下の (1) ~ (5) の問いに答えよ。

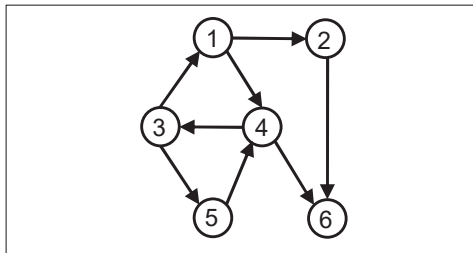


図 1: 連結有向グラフ G の例

```

1: function BFS( $G, s$ ):
2:   空のキュー  $Q$  を作成する
3:   頂点  $s$  に訪問済みの印をつける
4:   ENQUEUE( $Q, s$ )
5:   while  $Q$  が空でない間
6:      $u \leftarrow$  DEQUEUE( $Q$ )
7:     for each 頂点  $u$  に隣接している頂点  $v$  do
8:       if  $v$  が未訪問 then
9:         頂点  $v$  に訪問済みの印をつける
10:        ENQUEUE( $Q, v$ )

```

図 2: グラフの幅優先探索 (BFS) の擬似コード

- (1) グラフ G' を隣接行列で実現したときに、2 つの頂点間が隣接しているかの判定にかかる時間計算量をオーダー表記で答えよ。
- (2) グラフ G' を隣接リストで実現したときの空間計算量をオーダー表記で答えよ。
- (3) 図 2 の BFS のアルゴリズムに、図 1 のグラフ G と s として頂点 1 が与えられたとき、訪問するすべての頂点を 1 から訪問順に示せ。ただし、隣接する頂点が複数あるとき頂点番号の昇順で探索する。
- (4) 図 2 の BFS のアルゴリズムにグラフ G' が与えられたときのキュー Q の空間計算量をオーダー表記で答えよ。
- (5) 図 2 の擬似コードを深さ優先探索のアルゴリズムに変更するとき、キューに関する処理を何に変更する必要があるかを簡潔に答えよ。

問 2. ソートアルゴリズムに関する下記の文章の空欄 (1) ~ (10) に入る適切な単語や式を答えよ。

n 個の要素からなるデータをソートするとき、ソートの対象となる数の範囲が事前にわかる場合は、時間計算量が $O(n)$ でソートできる (1) などの高速なアルゴリズムが利用できる。一方、汎用的なソートのアルゴリズムとして、選択ソートやマージソート、クイックソートがある。選択ソートは、昇順でソートする場合に、未整理な部分から (2) を選び、未整理な部分の先頭要素と交換する処理を繰り返し、平均時間計算量と最悪時間計算量は O (3) となる。マージソートはデータを 2 つに分割を繰り返し、分割した要素同士を (4) しながらか統合する。平均時間計算量は O (5) で、最悪時間計算量は O (6) となる。クイックソートは、(7) と呼ぶ基準でデータを分割する処理を再帰的に繰り返し、平均時間計算量は O (8) で、最悪時間計算量は O (9) となる。アルゴリズムを安定なソートか不安定なソートかで区別するとき、マージソートは (10) ソートといえる。

専門科目

計算機科学

- ④ 計算機アーキテクチャ
- ⑤ オペレーティングシステム
- ⑥ ソフトウェア工学
- ⑦ コンピュータネットワーク
- ⑧ データベース
- ⑨ 人工知能

計算機科学を選択する場合、
④～⑨の中から3問を解答
すること

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学④ 計算機アーキテクチャ

以下の問いにすべて答えよ。

なお「ADD \$1, \$2, \$3」は、2番レジスタの値と3番レジスタの値を加算した結果を1番レジスタに格納するマシン語の命令とする。

問1. 以下の i1, i2, i3, i4 の4つの命令列の実行を考える。

i1: ADD \$1, \$2, \$3

i2: ADD \$4, \$1, \$5

i3: ADD \$6, \$3, \$5

i4: ADD \$7, \$5, \$6

1クロックサイクルで2つのADD命令を同時に実行可能なCPUにおいて、上記の4命令をアウト・オブ・オーダー実行する場合とイン・オーダー実行する場合のそれぞれの場合で、各クロックサイクルでどの命令が実行されるかを説明せよ。

問2. 1クロックサイクルで2つのADD命令を同時に実行可能なCPUで、以下の i1, i2, i3, i4, i5 の5つの命令列をアウト・オブ・オーダー実行することを考える。仮に1クロックサイクルで2つのADD命令を実行できれば、3クロックサイクルで全ての実行が終わるはずだが、このままでは全ての命令の実行を完了するためには5クロックサイクル必要である。その理由を述べよ。

i1: ADD \$1, \$9, \$3

i2: ADD \$3, \$1, \$2

i3: ADD \$5, \$3, \$7

i4: ADD \$3, \$9, \$8

i5: ADD \$4, \$3, \$2

問3. 問2の状況を解決する手法として「レジスタリネーミング」と呼ばれる手法がある。レジスタリネーミングにより、問2の5つの命令の実行を3クロックサイクルでどのように実行できるようになるのかを説明せよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑤ オペレーティングシステム

プログラムは実行を開始するとプロセスとして OS によって管理される。プロセスは、プロセス自体の処理内容や他プロセスとの関係において、状態を遷移しながら処理を進める。このプロセスの状態遷移について、次の各問に答えよ。

問 1. プロセスはどのような状態を取りうるか説明せよ。

問 2. どのような場合にプロセスの状態が遷移するか、状態遷移図を用いて説明せよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑥ ソフトウェア工学

以下の問いにすべて答えよ。

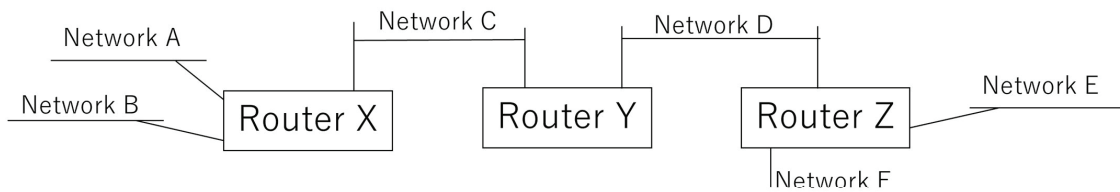
- 問1. ソフトウェア開発プロセスには、ウォーターフォールモデルや進化型プロトタイピングがある。開発当初において要求仕様が完全に定義できないというリスクに対する管理の観点から、これらの違いを述べよ。
- 問2. モジュールの独立性を測る基準であるモジュール強度（凝集度）を説明せよ。
- 問3. トップダウン統合テストでスタブが必要とされる理由を述べよ。
- 問4. ソフトウェア開発に版管理を導入する利点を述べよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科 (博士課程前期課程)
情報理工学専攻

計算機科学⑦ コンピュータネットワーク

以下の問いにすべて答えよ。

問 1. 以下のネットワークにおいて、ルータ X、Y、および Z の経路表が距離ベクトルアルゴリズムによって作成された。以下の 3 つの経路表を完成させよ。なお、答えは解答用紙に記入せよ。



Router X			Router Y			Router Z		
Destination	Next	Distance	Destination	Next	Distance	Destination	Next	Distance
A	X	0	C	Y	0	D	Z	0
B	X	0	D	Y	0	E	Z	0
(1)	(2)	0	(8)	X	1	F	Z	0
(3)	(4)	1	B	(9)	(10)	(15)	(16)	1
E	(5)	2	E	(11)	(12)	(17)	(18)	2
(6)	Y	(7)	F	(13)	(14)	B	(19)	(20)

問 2. 5120×2880 ピクセル (5K) の解像度で、真のカラー (1 ピクセルあたり 3 バイトの色情報を使用) を利用した画像が、2.5 Gb/s の Ethernet 通信リンクを介して転送される。未圧縮の画像の転送にはどれくらいの時間がかかるか?

問 3. コンピュータネットワークに関する以下の説明について、正しい場合は T を、誤っている場合は F を解答用紙に記入せよ。

- (1)イーサネットは LAN であり、OSI 参照モデルの第 2 層に位置づけられる。
- (2)UDP はコネクションレスサービスを提供し、パケットを迅速に配信する。パケット損失が発生した場合、UDP は再送を行わない。
- (3)DNS はホスト名を対応する MAC アドレスに変換する。
- (4)リアルタイム音声を IP ネットワークで転送する場合 TCP より UDP が選ばれる。
- (5)周波数分割多重ではフレーム化が必要である。
- (6)回線交換ネットワークでは、回線を確立するためにシグナリングと制御が必要である。
- (7)伝送遅延を減少させる方法の一つは、より高速な伝送システムを使用することである。
- (8)フレームが長い、もしくは、伝播時間が短いほど、Ethernet LAN での利用率 (効率) が向上する。
- (9)HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) は UDP の上で実行される。
- (10) バス型トポロジでは、ネットワーク上の各ステーションが他の 2 つのステーションに接続され、ループまたはリングを形成する。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑧ データベース

この問題は2ページあります。以下の問いにすべて答えよ。

問1.

第一正規形の関係“売上”の関係スキーマは

売上（伝票番号、店舗ID、店舗名、店舗住所、売上日、商品コード、商品名、単価、数量、小計）
となっており、主キーは（伝票番号、商品コード）である。この関係において部分関数従属性として以下のものが存在している。

{伝票番号} → {店舗ID、店舗名、店舗住所、売上日}

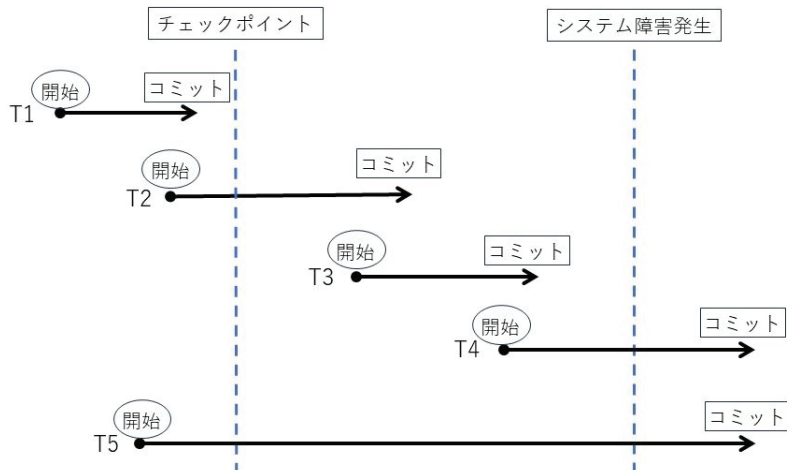
{商品コード} → {商品名、単価}

この関係を第二正規形に正規化したものを示せ。キー属性には下線を引くこと。

問2.

データベースの障害復旧に関する記述のA、Bにあてはまる語句を記載するとともに、以下の設問に答えよ。

データベースの障害復旧は、チェックポイントとログを用いて行われる。DBMSは、障害発生によりコミットできなかったトランザクションの操作を取り消すことができる。このようにログを用いてトランザクション開始以前の状態に戻す処理を[A]と呼ぶ。次に、チェックポイントから障害発生時までにコミットされたトランザクションは、ログに書かれた処理をデータに反映させることで処理を再現する。このような処理を[B]と呼ぶ。



(1) 以上の図においてAの処理が必要なトランザクションをすべて挙げよ。

(2) 以上の図においてBの処理が必要なトランザクションをすべて挙げよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は2ページあります。

問3.

次の関係表について、次の問い合わせ（1）（2）をSQLで記載せよ。

表「学生情報」

学生番号	名前	性別	GPA	学科番号
1001	安田博美	女	3.3	3
1002	木村克己	男	4.1	1
1003	桜井信二	男	4.3	2
1004	入江敬	男	3.2	3
1005	田村真一	男	3.7	1
1006	市川紀子	女	3.4	2

表「サークル」

学生番号	サークル名	所属日
1001	茶道部	2023-4-1
1003	サッカー部	2022-4-1
1005	ゴルフ部	2023-10-1
1006	卓球部	2022-5-1

- （1） 学科ごとの学科番号、GPA 最高値を学科番号順に出力する。
- （2） 2023 年 4 月以降にサークルに所属した学生の名前と所属するサークル名を出力する。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑨ 人工知能

この問題は2ページあります。以下の問いにすべて答えよ。

問. 人工知能に関連する以下の説明文（1）～（5）について、囲みの空欄部分 ～ に最も適した語句または数字を、説明文ごとの選択肢から選び、アルファベットで示された記号で答えよ。ただし、選択肢には無関係のものも含まれていることに注意せよ。なお、同じ問題記号の囲みには同じ語句が入ると仮定せよ。

（1）すべてのコメントは肯定的な内容か否定的な内容かに分類され、あるコメントが肯定的な内容か否定的な内容かを を用いて判定することを考える。 は に基づく分類器であり、単語の生成に相互依存性や相関がないという仮定をおき、ベイズの定理に基づいて文書を分類する。各内容における3つの単語の発生確率は表1に示す通りであり、各単語の発生は互いに独立であるとする。肯定的な内容が確率0.6で投稿される時、「おすすめ」と「性能」が含まれ、「返品」が含まれていないメールが肯定的な内容である確率は である。

表1：各単語の発生確率

	「おすすめ」	「返品」	「性能」
肯定的な内容	0.70	0.10	0.50
否定的な内容	0.30	0.25	0.40

【（1）の選択肢】

a	SVM	b	ナイーブベイズフィルタ	c	識別モデル	d	確率的生成モデル
e	n-gram モデル	f	0.189	g	0.652	h	0.840

（2）プレイヤーの利得の総和が0になるゲームを といい、表2はそのゲームのある利得行列を表しており、表内の値はプレイヤー1の利得である。プレイヤーが自身のある行動に対して得られるであろう利得の中で最小のものしか得られないと考え、その中で自身の得られる利得を最大化する行動を選ぶ戦略を といい、この戦略に従うと表2のゲームではプレイヤー1は行動 を選ぶ。

表2：利得行列

		プレイヤー2		
		b_1	b_2	b_3
プレイヤー1	a_1	4	3	3
	a_2	1	5	2
	a_3	3	2	4

【（2）の選択肢】

a	ミニマックス戦略	b	マックスミニ戦略	c	展開型ゲーム	d	ナッシュゲーム
e	a_1	f	a_2	g	a_3	h	ゼロ・サムゲーム

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は2ページあります。

(3) s_t を時刻 t の状態、 a_t を時刻 t でとった行動、 o_t を時刻 t の観測で得られた結果、 $F_t(s_t)$ を時刻 t において状態が s_t である確率を表すとする。このとき、自己位置推定のアルゴリズムであるベイズフィルタでは、各時刻 t で以下の計算を行う。下記の計算式の空欄を埋めよ。

1. すべての s_t に対して、 $G_t(s_t) \leftarrow$ $\sum_{s_{t-1}}$ $F_{t-1}(s_{t-1})$ を求める。
2. すべての s_t に対して、 $F_t(s_t) \leftarrow G_t(s_t) / \sum_s G_t(s)$ を求める。

また、2.で行っている処理は である。

【(3)の選択肢】

a	$P(s_t)$	b	$P(a_t s_t)$	c	$P(o_t s_t)$	d	$P(s_t a_{t-1})$
e	$P(s_t s_{t-1}, a_{t-1})$	f	汎化	g	リサンプリング	h	正規化

(4) 主に画像認識において広く用いられるニューラルネットワークとして がある。 がもつプリーング層には、入力ベクトルの次元を小さくする役割がある。また、 は内部に文脈情報を保持する変数をもつことで、時間方向に配置される系列データについて出力値を予測する学習を行うことができるニューラルネットワークである。 における学習には、時間方向に展開するように誤差逆伝播法を拡張した手法である がある。

【(4)の選択肢】

a	ウォード法	b	カーネル法	c	BPTT 法	d	リカレントニューラルネットワーク
e	k-means 法	f	BERT	g	単純パーセプトロン	h	畳み込みニューラルネットワーク

(5) 自然言語処理において、文の最も小さな文法単位への分割と品詞の推定を行うことを といい、与えられた言語の文法に従って文法構造を解析することを という。 の句構造文法を前提とした文脈自由文法に基づく解析では、その解析結果が と呼ばれる構造で表される。

【(5)の選択肢】

a	形態素解析	b	構文解析	c	意味解析	d	文脈解析
e	オントロジー	f	構文木	g	単語ラティス	h	意味ネットワーク

専門科目

人間情報科学

⑩画像処理

⑪人工知能

人間情報科学を選択する
場合、⑩～⑪から1問を
解答すること

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

人間情報科学⑩ 画像処理

この問題は2ページあります。以下の問いにすべて答えよ。

問1.

40	60
50	70

の4点の画素値が与えられており、それぞれの点の座標は(0, 0), (1, 0), (0, 1), (1, 1)である。

$I(0, 0)=40$, $I(1, 0)=60$, $I(0, 1)=50$, $I(1, 1)=70$

小数座標(0.3, 0.6)の画素値 $I(0.3, 0.6)$ をバイリニア補間で求めよ。

問2.

数式 $F(x) = A(-x)\exp(-\frac{x^2}{2})$ はガウス関数の1次微分を表す数式であり、ここで A は正の整数とする。これを用いて1

次元のデジタルフィルタを設計する。フィルタ $F(x)$ の値は8ビットの整数(-128~127)で表現する。

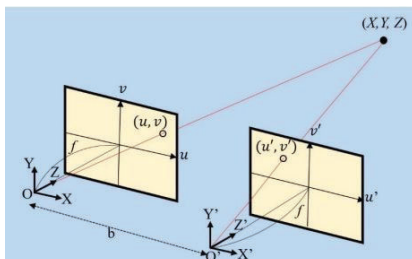
- (1) フィルタが最大値を取る点の整数座標 x_1 を求めよ。
- (2) フィルタが最小値を取る点の整数座標 x_2 を求めよ。
- (3) A を幾らとすべきか。
- (4) フィルタのサイズ $(2U+1)$ における U (整数) を決めよ。

ただし、 $\exp(-1/2) \approx 0.6$, $\exp(-2) \approx 0.135$, $\exp(-9/2) \approx 0.0111$, $\exp(-8) \approx 0.0003$ 。

問3.

図のようなカメラ間隔が100mmの平行ステレオにおいて、左画像の点(500, 100) (単位: 画素)と右画像の(300, 100)

(単位: 画素)が対応しているとする。この対応点座標から3次元座標 (X, Y, Z) (単位: mm) を求めよ。ただし、画像座標の u 軸と u' 軸は、同一直線上にあつてワールド座標の X 軸と平行、画像軸の v 軸と v' 軸はワールド座標の Y 軸と平行、 (u, v) 座標の原点はワールド座標の Z 軸上にあり、2台のカメラの内部パラメータは同一とする。焦点距離 $f=1000$ 画素とする。



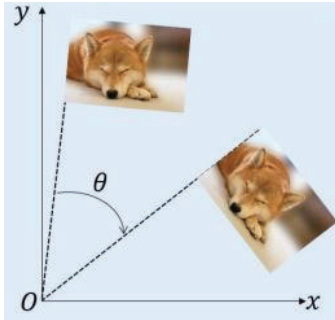
立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は2ページあります。

問4.

図のように画像を60度時計回りに回転したあと、x方向で30, y方向で-10平行移動した後の座標を

$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$ で表すときに、a, b, c, d, e, fの各パラメータを求めよ。



立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

人間情報科学⑩ 人工知能

以下の問いにすべて答えよ。

- (1) 以下の7つのデータ点 X がある。これらを $k=3$ の k -means 法でクラスタリングする。

$$X = \{(0,0), (0,1), (0,2), (3,0), (6,0), (6,1), (6,2)\}$$

初期の代表点集合 C を

$$C = \{(0,4), (3,0), (6,4)\}$$

とした際に、 k -means 法のクラスタリングを収束するまで実行し、その経緯をすべて示せ。経緯に関しては各ステップにおける代表点の座標の変化と、各データ点の各クラスタへの割り当て状況を示せ。

- (2) 次の述語論理式のスコールム標準形を求めて、節集合形式で表しなさい。

$$\forall x \exists y [P(x) \rightarrow Q(x, y)] \wedge \neg (\forall x [P(x) \wedge \forall z R(z)])$$

- (3)

(3-1) ゲーム理論におけるナッシュ均衡と支配戦略均衡の違いを説明せよ。

(3-2) 混合正規分布モデル (Gaussian Mixture Model) とは何か説明せよ。

(3-3) 自然言語処理における n -gram モデルとは何か？ 例をあげて説明せよ。

(3-4) 教師あり学習、強化学習、教師なし学習の違いを説明せよ。

9月入学用

2024年2月実施

2024年度立命館大学大学院情報理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（共通科目・専門科目）

情報理工学専攻（計算機科学コース・人間情報科学コース）

【解答方法】

問題冊子はコース共通です。下記の方法に従って解答して下さい。

- 1) 共通科目については、①～③の中から2科目を選択すること。
 - 2) 専門科目については、出願しているコースの試験科目を選択すること。
 - ・ 計算機科学コースを選択する場合は④～⑨の中から3問を解答すること。
 - ・ 人間情報科学コースを選択する場合は⑩・⑪から1問を解答すること。
- ※出願しているコースと異なるコースの試験科目を解答した場合、得点は0点となります。
※人間情報科学コースを受験する場合、解答用紙は2枚余ります。

共通科目	①線形代数 ②確率統計 ③データ構造とアルゴリズム	
専門科目	計算機科学 コース	④計算機アーキテクチャ ⑤オペレーティングシステム ⑥ソフトウェア工学 ⑦コンピュータネットワーク ⑧データベース ⑨人工知能
	人間情報科学 コース	⑩画像処理 ⑪人工知能

【解答時間】

9:30～11:30（120分）

※試験時間中の途中退室は認めません。

※気分が悪い場合やトイレに行きたい場合は静かに手を挙げて監督者に知らせてください。

【注意事項】

- (1) 解答は1問につき解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 解答用紙のホッチキスは、はずさないで下さい。
- (4) 無記名答案は無効です。また、問題冊子および解答用紙の持ち帰りは認めません。

共通科目

- ①線形代数
- ②確率統計
- ③データ構造とアルゴリズム

①～③の中から2科目を
解答すること

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

共通科目① 線形代数

以下の問いにすべて答えよ。計算の途中経過も記載すること。

問1. 2点 $X(4, -1, 3), Y(2, 0, -5)$ を結ぶ線分 XY を $2:3$ に内分する点 P と外分する点 Q をそれぞれ求めよ。

問2. 4点 $A(3, -2, 5), B(-3, -2, 1), C(0, 2, -4), D(1, 1, 0)$ が与えられたとき、以下の問いに答えよ。

- (1) ベクトル積 $\overrightarrow{AB} \times \overrightarrow{AC}$ を求めよ。
- (2) 3点 A, B, C を通る平面の方程式を $ax + by + cz + d = 0$ とする。このときの実数 a, b, c, d を求めよ。
- (3) 三角形 ABC の面積を求めよ。
- (4) 四面体 $ABCD$ の体積を求めよ。

問3. 以下の行列 G, H が与えられたとき、 $G^n = H^n$ を満たす整数 n ($0 < n < 30$) を求めよ。

$$G = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \quad H = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} -\sqrt{3} & 1 \\ -1 & -\sqrt{3} \end{bmatrix}$$

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

共通科目② 確率統計

以下の問いにすべて答えよ。計算過程や考え方も全て示すこと。

問 1. 2つの連続型の確率変数 X と Y の同時確率密度関数 $P(x, y)$ が

$$P(x, y) = C \exp\left(-\frac{(x+y)^2}{2} - k\frac{(x-y)^2}{2}\right)$$

で与えられるとき ($k > 0$, $C > 0$)、以下の問いに答えよ。

- (1) C を求め、周辺化分布 $P(x) = \int_{-\infty}^{\infty} P(x, y) dy$ 、 $P(y) = \int_{-\infty}^{\infty} P(x, y) dx$ を求めよ。

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-a(x-b)^2} dx = \sqrt{\frac{\pi}{a}} \text{ を用いても良い。}$$

- (2) 条件付き確率密度関数 $P_Y(y|X=x)$ を求めよ。
 (3) 一般の確率変数 Z_1 と Z_2 が独立である条件を、条件付き確率密度関数 $P_{Z_2}(z_2|Z_1=z_1)$ を用いて示せ。
 (4) 確率変数 X と Y が独立であるとき、 k の条件を答えよ。

問 2. パラメータ λ をもつポアソン分布

$$P(X=k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

について、以下の問いに答えよ。

- (1) ポアソン分布の平均を求めよ。
 (2) ポアソン分布の分散を求めよ。
 (3) ポアソン分布に従う母集団から 10 個の独立なサンプル X_1, X_2, \dots, X_{10} が得られたとする。対数尤度関数 $L(\lambda)$ を X_1, X_2, \dots, X_{10} を用いて表せ。
 (4) (3) の対数尤度関数 $L(\lambda)$ を最大にする λ を求めよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

共通科目③ データ構造とアルゴリズム

以下の問いにすべて答えよ。

問 1. 図 1 は連結有向グラフ $G = (V, E)$ の例であり、円は頂点を、中の数字は頂点番号を示す。図 2 は連結有向グラフ G のある頂点 $s \in V$ から幅優先探索 (BFS) を行うアルゴリズムの擬似コードである。 $|V| = n$ 、 $|E| = m$ の任意のグラフ G' を仮定する。以下の (1) ~ (5) の問いに答えよ。

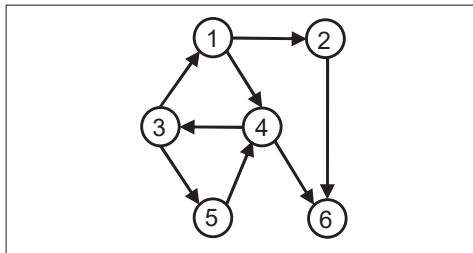


図 1 : 連結有向グラフ G の例

```

1: function BFS( $G, s$ ):
2:   空のキュー  $Q$  を作成する
3:   頂点  $s$  に訪問済みの印をつける
4:   ENQUEUE( $Q, s$ )
5:   while  $Q$  が空でない間
6:      $u \leftarrow$  DEQUEUE( $Q$ )
7:     for each 頂点  $u$  に隣接している頂点  $v$  do
8:       if  $v$  が未訪問 then
9:         頂点  $v$  に訪問済みの印をつける
10:        ENQUEUE( $Q, v$ )

```

図 2 : グラフの幅優先探索 (BFS) の擬似コード

- (1) グラフ G' を隣接行列で実現したときに、2 つの頂点間が隣接しているかの判定にかかる時間計算量をオーダー表記で答えよ。
- (2) グラフ G' を隣接リストで実現したときの空間計算量をオーダー表記で答えよ。
- (3) 図 2 の BFS のアルゴリズムに、図 1 のグラフ G と s として頂点 1 が与えられたとき、訪問するすべての頂点を 1 から訪問順に示せ。ただし、隣接する頂点が複数あるとき頂点番号の昇順で探索する。
- (4) 図 2 の BFS のアルゴリズムにグラフ G' が与えられたときのキュー Q の空間計算量をオーダー表記で答えよ。
- (5) 図 2 の擬似コードを深さ優先探索のアルゴリズムに変更するとき、キューに関する処理を何に変更する必要があるかを簡潔に答えよ。

問 2. ソートアルゴリズムに関する下記の文章の空欄 (1) ~ (10) に入る適切な単語や式を答えよ。

n 個の要素からなるデータをソートするとき、ソートの対象となる数の範囲が事前にわかる場合は、時間計算量が $O(n)$ でソートできる (1) などの高速なアルゴリズムが利用できる。一方、汎用的なソートのアルゴリズムのとして、選択ソートやマージソート、クイックソートがある。選択ソートは、昇順でソートする場合に、未整理な部分から (2) を選び、未整理な部分の先頭要素と交換する処理を繰り返し、平均時間計算量と最悪時間計算量は O ((3)) となる。マージソートはデータを 2 つに分割を繰り返し、分割した要素同士を (4) しながらか統合する。平均時間計算量は O ((5)) で、最悪時間計算量は O ((6)) となる。クイックソートは、 (7) と呼ぶ基準でデータを分割する処理を再帰的に繰り返し、平均時間計算量は O ((8)) で、最悪時間計算量は O ((9)) となる。アルゴリズムを安定なソートか不安定なソートかで区別するとき、マージソートは (10) ソートといえる。

専門科目

計算機科学

- ④ 計算機アーキテクチャ
- ⑤ オペレーティングシステム
- ⑥ ソフトウェア工学
- ⑦ コンピュータネットワーク
- ⑧ データベース
- ⑨ 人工知能

計算機科学を選択する場合、
④～⑨の中から3問を解答
すること

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学④ 計算機アーキテクチャ

以下の問いにすべて答えよ。

なお「ADD \$1, \$2, \$3」は、2番レジスタの値と3番レジスタの値を加算した結果を1番レジスタに格納するマシン語の命令とする。

問1. 以下の i1, i2, i3, i4 の4つの命令列の実行を考える。

i1: ADD \$1, \$2, \$3

i2: ADD \$4, \$1, \$5

i3: ADD \$6, \$3, \$5

i4: ADD \$7, \$5, \$6

1クロックサイクルで2つのADD命令を同時に実行可能なCPUにおいて、上記の4命令をアウト・オブ・オーダー実行する場合とイン・オーダー実行する場合のそれぞれの場合で、各クロックサイクルでどの命令が実行されるかを説明せよ。

問2. 1クロックサイクルで2つのADD命令を同時に実行可能なCPUで、以下の i1, i2, i3, i4, i5 の5つの命令列をアウト・オブ・オーダー実行することを考える。仮に1クロックサイクルで2つのADD命令を実行できれば、3クロックサイクルで全ての実行が終わるはずだが、このままでは全ての命令の実行を完了するためには5クロックサイクル必要である。その理由を述べよ。

i1: ADD \$1, \$9, \$3

i2: ADD \$3, \$1, \$2

i3: ADD \$5, \$3, \$7

i4: ADD \$3, \$9, \$8

i5: ADD \$4, \$3, \$2

問3. 問2の状況を解決する手法として「レジスタリネーミング」と呼ばれる手法がある。レジスタリネーミングにより、問2の5つの命令の実行を3クロックサイクルでどのように実行できるようになるのかを説明せよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑤ オペレーティングシステム

プログラムは実行を開始するとプロセスとして OS によって管理される。プロセスは、プロセス自体の処理内容や他プロセスとの関係において、状態を遷移しながら処理を進める。このプロセスの状態遷移について、次の各問に答えよ。

問 1. プロセスはどのような状態を取りうるか説明せよ。

問 2. どのような場合にプロセスの状態が遷移するか、状態遷移図を用いて説明せよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑥ ソフトウェア工学

以下の問いにすべて答えよ。

問1. ソフトウェア開発プロセスには、ウォーターフォールモデルや進化型プロトタイピングがある。開発当初において要求仕様が完全に定義できないというリスクに対する管理の観点から、これらの違いを述べよ。

問2. モジュールの独立性を測る基準であるモジュール強度（凝集度）を説明せよ。

問3. トップダウン統合テストでスタブが必要とされる理由を述べよ。

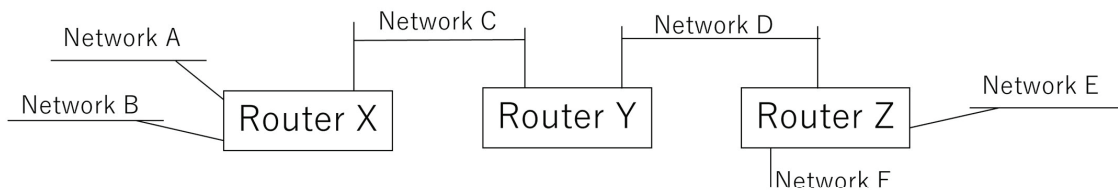
問4. ソフトウェア開発に版管理を導入する利点を述べよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑦ コンピュータネットワーク

以下の問いにすべて答えよ。

問 1. 以下のネットワークにおいて、ルータ X、Y、および Z の経路表が距離ベクトルアルゴリズムによって作成された。以下の 3 つの経路表を完成させよ。なお、答えは解答用紙に記入せよ。



Router X			Router Y			Router Z		
Destination	Next	Distance	Destination	Next	Distance	Destination	Next	Distance
A	X	0	C	Y	0	D	Z	0
B	X	0	D	Y	0	E	Z	0
(1)	(2)	0	(8)	X	1	F	Z	0
(3)	(4)	1	B	(9)	(10)	(15)	(16)	1
E	(5)	2	E	(11)	(12)	(17)	(18)	2
(6)	Y	(7)	F	(13)	(14)	B	(19)	(20)

問 2. 5120×2880 ピクセル (5K) の解像度で、真のカラー (1 ピクセルあたり 3 バイトの色情報を使用) を利用した画像が、2.5 Gb/s の Ethernet 通信リンクを介して転送される。未圧縮の画像の転送にはどれくらいの時間がかかるか？

問 3. コンピュータネットワークに関する以下の説明について、正しい場合は T を、誤っている場合は F を解答用紙に記入せよ。

- (1) イーサネットは LAN であり、OSI 参照モデルの第 2 層に位置づけられる。
- (2) UDP はコネクションレスサービスを提供し、パケットを迅速に配信する。パケット損失が発生した場合、UDP は再送を行わない。
- (3) DNS はホスト名を対応する MAC アドレスに変換する。
- (4) リアルタイム音声を IP ネットワークで転送する場合 TCP より UDP が選ばれる。
- (5) 周波数分割多重ではフレーム化が必要である。
- (6) 回線交換ネットワークでは、回線を確立するためにシグナリングと制御が必要である。
- (7) 伝送遅延を減少させる方法の一つは、より高速な伝送システムを使用することである。
- (8) フレームが長い、もしくは、伝播時間が短いほど、Ethernet LAN での利用率 (効率) が向上する。
- (9) HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) は UDP の上で実行される。
- (10) バス型トポロジでは、ネットワーク上の各ステーションが他の 2 つのステーションに接続され、ループまたはリングを形成する。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑧ データベース

この問題は2ページあります。以下の問いにすべて答えよ。

問1.

第一正規形の関係“売上”の関係スキーマは

売上（伝票番号、店舗ID、店舗名、店舗住所、売上日、商品コード、商品名、単価、数量、小計）
となっており、主キーは（伝票番号、商品コード）である。この関係において部分関数従属性として以下のものが存在している。

{伝票番号} → {店舗ID、店舗名、店舗住所、売上日}

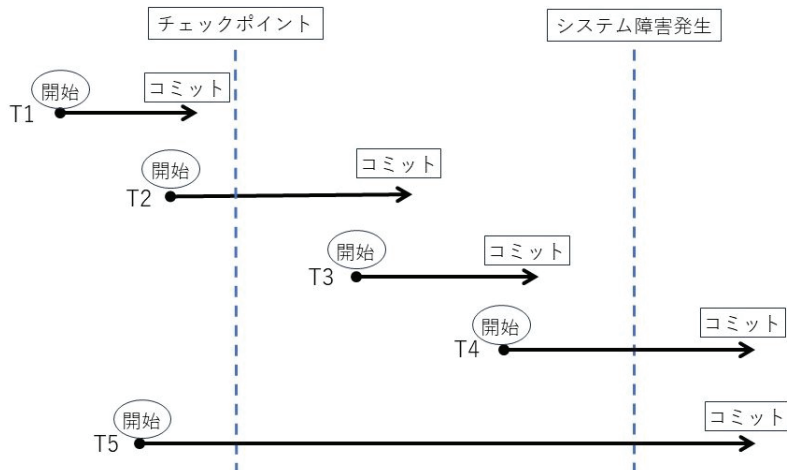
{商品コード} → {商品名、単価}

この関係を第二正規形に正規化したものを示せ。キー属性には下線を引くこと。

問2.

データベースの障害復旧に関する記述のA、Bにあてはまる語句を記載するとともに、以下の設問に答えよ。

データベースの障害復旧は、チェックポイントとログを用いて行われる。DBMSは、障害発生によりコミットできなかったトランザクションの操作を取り消すことができる。このようにログを用いてトランザクション開始以前の状態に戻す処理を[A]と呼ぶ。次に、チェックポイントから障害発生時までにコミットされたトランザクションは、ログに書かれた処理をデータに反映させることで処理を再現する。このような処理を[B]と呼ぶ。



- (1) 以上の図においてAの処理が必要なトランザクションをすべて挙げよ。
- (2) 以上の図においてBの処理が必要なトランザクションをすべて挙げよ。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は2ページあります。

問3.

次の関係表について、次の問い合わせ（1）（2）をSQLで記載せよ。

表「学生情報」

学生番号	名前	性別	GPA	学科番号
1001	安田博美	女	3.3	3
1002	木村克己	男	4.1	1
1003	桜井信二	男	4.3	2
1004	入江敬	男	3.2	3
1005	田村真一	男	3.7	1
1006	市川紀子	女	3.4	2

表「サークル」

学生番号	サークル名	所属日
1001	茶道部	2023-4-1
1003	サッカー部	2022-4-1
1005	ゴルフ部	2023-10-1
1006	卓球部	2022-5-1

- （1） 学科ごとの学科番号、GPA 最高値を学科番号順に出力する。
- （2） 2023 年 4 月以降にサークルに所属した学生の名前と所属するサークル名を出力する。

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑨ 人工知能

この問題は2ページあります。以下の問いにすべて答えよ。

問. 人工知能に関連する以下の説明文（1）～（5）について、囲みの空欄部分 ～ に最も適した語句または数字を、説明文ごとの選択肢から選び、アルファベットで示された記号で答えよ。ただし、選択肢には無関係のものも含まれていることに注意せよ。なお、同じ問題記号の囲みには同じ語句が入ると仮定せよ。

（1）すべてのコメントは肯定的な内容か否定的な内容かに分類され、あるコメントが肯定的な内容か否定的な内容かを を用いて判定することを考える。 は に基づく分類器であり、単語の生成に相互依存性や相関がないという仮定をおき、ベイズの定理に基づいて文書を分類する。各内容における3つの単語の発生確率は表1に示す通りであり、各単語の発生は互いに独立であるとする。肯定的な内容が確率0.6で投稿されるとき、「おすすめ」と「性能」が含まれ、「返品」が含まれていないメールが肯定的な内容である確率は である。

表1：各単語の発生確率

	「おすすめ」	「返品」	「性能」
肯定的な内容	0.70	0.10	0.50
否定的な内容	0.30	0.25	0.40

【（1）の選択肢】

a	SVM	b	ナイーブベイズフィルタ	c	識別モデル	d	確率的生成モデル
e	n-gram モデル	f	0.189	g	0.652	h	0.840

（2）プレイヤーの利得の総和が0になるゲームを といい、表2はそのゲームのある利得行列を表しており、表内の値はプレイヤー1の利得である。プレイヤーが自身のある行動に対して得られるであろう利得の中で最小のものしか得られないと考え、その中で自身の得られる利得を最大化する行動を選ぶ戦略を といい、この戦略に従うと表2のゲームではプレイヤー1は行動 を選ぶ。

表2：利得行列

		プレイヤー2		
		b_1	b_2	b_3
プレイヤー1	a_1	4	3	3
	a_2	1	5	2
	a_3	3	2	4

【（2）の選択肢】

a	ミニマックス戦略	b	マックスミニ戦略	c	展開型ゲーム	d	ナッシュゲーム
e	a_1	f	a_2	g	a_3	h	ゼロ・サムゲーム

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は2ページあります。

(3) s_t を時刻 t の状態、 a_t を時刻 t でとった行動、 o_t を時刻 t の観測で得られた結果、 $F_t(s_t)$ を時刻 t において状態が s_t である確率を表すとする。このとき、自己位置推定のアルゴリズムであるベイズフィルタでは、各時刻 t で以下の計算を行う。下記の計算式の空欄を埋めよ。

1. すべての s_t に対して、 $G_t(s_t) \leftarrow$ $\sum_{s_{t-1}}$ $F_{t-1}(s_{t-1})$ を求める。
2. すべての s_t に対して、 $F_t(s_t) \leftarrow G_t(s_t) / \sum_s G_t(s)$ を求める。

また、2.で行っている処理は である。

【(3)の選択肢】

a	$P(s_t)$	b	$P(a_t s_t)$	c	$P(o_t s_t)$	d	$P(s_t a_{t-1})$
e	$P(s_t s_{t-1}, a_{t-1})$	f	汎化	g	リサンプリング	h	正規化

(4) 主に画像認識において広く用いられるニューラルネットワークとして がある。 がもつプリーング層には、入力ベクトルの次元を小さくする役割がある。また、 は内部に文脈情報を保持する変数をもつことで、時間方向に配置される系列データについて出力値を予測する学習を行うことができるニューラルネットワークである。 における学習には、時間方向に展開するように誤差逆伝播法を拡張した手法である がある。

【(4)の選択肢】

a	ウォード法	b	カーネル法	c	BPTT 法	d	リカレントニューラルネットワーク
e	k-means 法	f	BERT	g	単純パーセプトロン	h	畳み込みニューラルネットワーク

(5) 自然言語処理において、文の最も小さな文法単位への分割と品詞の推定を行うことを といい、与えられた言語の文法に従って文法構造を解析することを という。 の句構造文法を前提とした文脈自由文法に基づく解析では、その解析結果が と呼ばれる構造で表される。

【(5)の選択肢】

a	形態素解析	b	構文解析	c	意味解析	d	文脈解析
e	オントロジー	f	構文木	g	単語ラティス	h	意味ネットワーク

専門科目

人間情報科学

⑩画像処理

⑪人工知能

人間情報科学を選択する
場合、⑩～⑪から1問を
解答すること

立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

人間情報科学⑩ 画像処理

この問題は2ページあります。以下の問いにすべて答えよ。

問1.

40	60
50	70

の4点の画素値が与えられており、それぞれの点の座標は(0, 0), (1, 0), (0, 1), (1, 1)である。

$I(0, 0)=40$, $I(1, 0)=60$, $I(0, 1)=50$, $I(1, 1)=70$

小数座標(0.3, 0.6)の画素値 $I(0.3, 0.6)$ をバイリニア補間で求めよ。

問2.

数式 $F(x) = A(-x)\exp(-\frac{x^2}{2})$ はガウス関数の1次微分を表す数式であり、ここで A は正の整数とする。これを用いて1

次元のデジタルフィルタを設計する。フィルタ $F(x)$ の値は8ビットの整数(-128~127)で表現する。

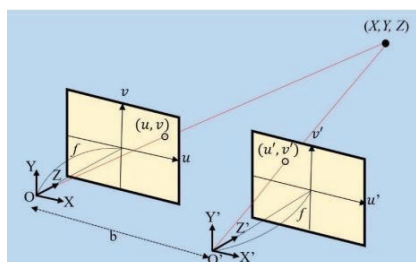
- (1) フィルタが最大値を取る点の整数座標 x_1 を求めよ。
- (2) フィルタが最小値を取る点の整数座標 x_2 を求めよ。
- (3) A を幾らとすべきか。
- (4) フィルタのサイズ $(2U+1)$ における U (整数) を決めよ。

ただし、 $\exp(-1/2) \approx 0.6$, $\exp(-2) \approx 0.135$, $\exp(-9/2) \approx 0.0111$, $\exp(-8) \approx 0.0003$ 。

問3.

図のようなカメラ間隔が100mmの平行ステレオにおいて、左画像の点(500, 100) (単位: 画素)と右画像の(300, 100)

(単位: 画素)が対応しているとする。この対応点座標から3次元座標 (X, Y, Z) (単位: mm) を求めよ。ただし、画像座標の u 軸と u' 軸は、同一直線上にあってワールド座標の X 軸と平行、画像軸の v 軸と v' 軸はワールド座標の Y 軸と平行、 (u, v) 座標の原点はワールド座標の Z 軸上にあり、2台のカメラの内部パラメータは同一とする。焦点距離 $f=1000$ 画素とする。



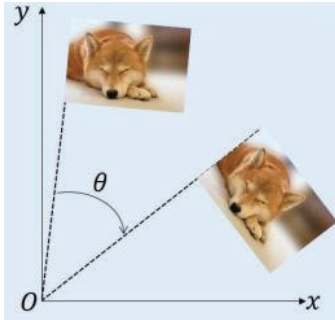
立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

※この問題は2ページあります。

問4.

図のように画像を60度時計回りに回転したあと、x方向で30、y方向で-10平行移動した後の座標を

$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$ で表すときに、a, b, c, d, e, fの各パラメータを求めよ。



立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

人間情報科学⑩ 人工知能

以下の問いにすべて答えよ。

(1) 以下の7つのデータ点 X がある。これらを $k=3$ の k -means 法でクラスタリングする。

$$X = \{(0,0), (0,1), (0,2), (3,0), (6,0), (6,1), (6,2)\}$$

初期の代表点集合 C を

$$C = \{(0,4), (3,0), (6,4)\}$$

とした際に、 k -means 法のクラスタリングを収束するまで実行し、その経緯をすべて示せ。経緯に関しては各ステップにおける代表点の座標の変化と、各データ点の各クラスタへの割り当て状況を示せ。

(2) 次の述語論理式のスコールム標準形を求めて、節集合形式で表しなさい。

$$\forall x \exists y [P(x) \rightarrow Q(x, y)] \wedge \neg (\forall x [P(x) \wedge \forall z R(z)])$$

(3)

(3-1) ゲーム理論におけるナッシュ均衡と支配戦略均衡の違いを説明せよ。

(3-2) 混合正規分布モデル (Gaussian Mixture Model) とは何か説明せよ。

(3-3) 自然言語処理における n -gram モデルとは何か？ 例をあげて説明せよ。

(3-4) 教師あり学習、強化学習、教師なし学習の違いを説明せよ。