

立命館大学大学院
2024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.21～	
		2月 (2025年9月入学)	P.21～	
8月				
2月				
8月				
11月				
7月				
2月 (2025年9月入学)				
飛び級入学試験(日本語基準)		2月	P.21～	
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
2024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。

2024 年 8 月実施

2025 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。
- ・ 計算機科学コースに出願している場合は、④～⑨の中から 3 科目を選択し解答すること。
 - ・ 人間情報科学コースに出願している場合は、⑩・⑪から 1 科目を選択し解答すること。
- ※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の解答用紙は 2 枚余ります。

試験科目		配点		解答方法	
共通科目		①線形代数	100 点	合計 200 点	3 科目中 2 科目 を選択
		②確率統計	100 点		
		③データ構造とアルゴリズム	100 点		
専門 科目	計算機科学 コース	④計算機アーキテクチャ	-	合計 100 点	6 科目中 3 科目 を選択
		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	100 点	合計	2 科目中 1 科目 を選択
		⑪人工知能	100 点	100 点	

【試験時間】

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 科目につき解答用紙 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、外さないで下さい。
- (4) 無記名答案は無効とし、当該科目の得点は 0 点となります。
- (5) 問題用紙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

共通問題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. ベクトルの組 $\left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 4 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} \right\}$ が 1 次独立と 1 次従属のどちらであるか答えよ。

問 2. $A(7,1,-3)$ と $\beta: x+2y-3z+10=0$ が与えられたとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 点Aを通り、平面 β に垂直な直線 l を求めよ。
- (2) 平面 β と直線 l の交点をPとしたとき、APの長さを求めよ。

問 3. $C = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 3 & 6 \end{pmatrix}$ が与えられたとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 行列 C の固有値と固有ベクトルを求めよ。
- (2) C^n 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

共通問題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. 確率変数 X, Y が、同時確率密度関数

$$f(x, y) = Ce^{-2x^2 - y^2 + x - 2y}$$

に従うとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 定数 C を求めよ。
- (2) X, Y の平均を求めよ。
- (3) X, Y の分散共分散行列を求めよ。
- (4) X, Y は独立であるか、また無相関であるか、理由と共に答えよ。

問 2. 表が出る確率と裏が出る確率が共に $1/2$ であるコインを投げて、表が出たら x を $+1$ 、裏が出たら x を -1 する。 $x = 0$ からスタートし、コインを n 回投げた後の x (x_n) について、以下の問いに答えよ。

- (1) x_n の平均を求めよ。
- (2) $(x_n)^2$ の平均を求めよ。

問 3. パラメータ μ, σ をもつ対数正規分布 ($x > 0$)

$$P(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\log x - \mu)^2}{2\sigma^2}}$$

について、以下の問いに答えよ。

- (1) 対数正規分布の平均を求めよ。
- (2) 対数正規分布の最頻値を求めよ。
- (3) 対数正規分布の中央値を求めよ。
- (4) 対数正規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 $L(\mu, \sigma)$ を $X_1, X_2, \dots, X_{10}$ を用いて表せ。
- (5) (4) の対数尤度関数 $L(\mu, \sigma)$ を最大にする μ, σ を求めよ。

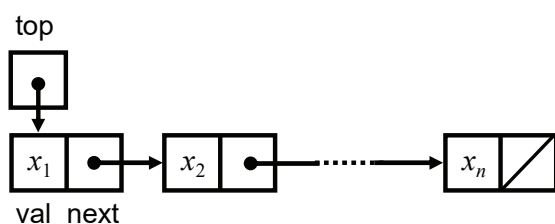
立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

共通問題③ データ構造とアルゴリズム

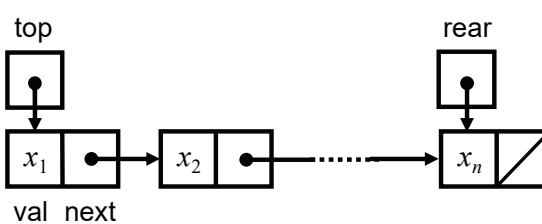
この問題は 2 ページあります。以下の問いにすべて答えよ。

- 問1. n 個の要素 $x_1, x_2, \dots, x_n$ からなる連結リストを、以下の実装方法 A や実装方法 B で実現したときの挙動を考える。以下の問いに答えよ。

実装方法 A：先頭の要素へのアドレスを図中の top が保持する。



実装方法 B：先頭の要素へのアドレスを図中の top が、末尾の要素へのアドレスを図中の rear が保持する。



- (1) 実装方法 B で実現され、新たな要素を末尾に追加し先頭の要素から削除する機能を有する連結リストの分類としてあてはまるものを、選択肢(a)から 1 つ選び答えよ。

選択肢(a)：

- ①キュー ②スタック ③単方向連結リスト ④双方向連結リスト ⑤環状（循環）リスト

- (2) 実装方法 A と実装方法 B における、末尾の要素の探索するために要する最悪時間計算量を、必要ならば要素数 n を用いて、オーダー表記でそれぞれ答えよ。

- (3) 先頭から順に要素 {7, 5, 3} を格納し先頭の要素のアドレスを list1 で保持した線形リストと、先頭から順に要素 {6, 4} を格納し先頭の要素のアドレスを list2 で保持した連結リストが、図 1 の疑似コードの関数に与えたとき、関数が返す連結リストの要素を先頭から順にすべて答えよ。なお、与えられたどちらの連結リストも実装方法 A で実現されている。

```

1: function searchTwoList(list1, list2) {
2:   if (list1 == NULL) return list2
3:   if (list2 == NULL) return list1
4:   if (list1.val >= list2.val) {
5:     list1.next = searchTwoList(list1.next, list2)
6:     return list1
7:   } else {
8:     list2.next = searchTwoList(list1, list2.next)
9:     return list2
10:  }
11: }
```

- (4) 実装方法 A で実現され、先頭の要素のアドレスを list1 と list2 でそれぞれ保持した 2 つの線形リストを、図 1 の疑似コードの関数を適用したときの

図 1：2 つの連結リストに対する疑似コード

最悪時間計算量を、線形リスト list1 の要素数 n と list2 の要素数 m を用いて、オーダー表記で答えよ。

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

問2. ソートする配列の要素数を n とするとき、以下の(1)から(3)の各条件を満たすソートアルゴリズムの名前を選択肢(b)からすべて選び答えよ。なお、ソートアルゴリズムが安定とは、値が同じ要素が2つ以上存在する配列をソートした場合に、ソートの前後でそれらの要素の順序が変わらないことをさす。

- (1) 最悪時間計算量が $O(n \log n)$ の安定なアルゴリズムである。
- (2) 最悪時間計算量が $O(n^2)$ の不安定なアルゴリズムである。
- (3) 最悪時間計算量が $O(n^2)$ の安定なアルゴリズムである。

選択肢(b)：

- ① バブルソート ② 選択ソート ③ 挿入ソート ④ ピープソート ⑤ マージソート ⑥ クイックソート

問3. ハッシュ法 (hashing) はデータ探索のアルゴリズムの一種で、探索対象の n 個の要素 $x_1, x_2, \dots, x_n$ の値を、ハッシュ関数でデータを記憶するための配列の添字などの値へと写像する。以下の問いに答えよ。

- (1) データ $S = \{10, 5, 6, 4, 2, 7, 3\}$ の先頭の要素から順に、各要素の値 a を3で割った剰余 ($\text{mod}(a, 3)$) を用いるハッシュ関数を適用するとき、最初に衝突が起きるのはどの要素の値か答えよ。
- (2) データの要素にハッシュ関数の衝突が起きていない場合の探索にかかる最悪時間計算量をオーダー表記で答えよ。

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 1. プロセッサの命令のパイプライン処理に関する以下の文の空欄 [A] から [P] に適した語句を解答せよ。但し同じ記号の空欄には同じ語句が入るものとする。

パイプライン処理は、連続する命令を少しずつオーバーラップさせて実行することにより、複数の [A] を並列に動作させるものである。図 1 は [A] の数が 5 であるプロセッサのパイプライン処理の様子を表している。図 1 で * 印が付されているのは、[B] を行うための [A] である。パイプライン処理は、1 つの命令の実行開始から実行終了までの時間、つまり [C] の改善を狙ったものではなく、一定時間内に処理される命令数、つまり [D] の改善を狙ったものである。

パイプライン処理はクロックサイクル毎に各命令の処理が次の [A] に進むことが理想であるが、それができない事象が起こり得る。これを [E] と呼ぶ。[E] は大きく分けて [F]、[G]、[H] に分類される。このうち [F] は、先行命令で得られる演算結果に後続命令が依存するために生じるものである。[G] は、先行する分岐命令の成否で後続命令を実行するか否かが決まるために生じるものである。[H] はハードウェア資源の競合により生じるものである。例えば、[B] を行うためのメモリアクセスとオペランドの読み書きのためのメモリアクセスを同時に行うことができない設計のプロセッサでは [H] が生じる。

[E] が生じた場合、パイプラインの一部を一時的に停止するのが一般的であり、これを [I] という。パイプライン処理で高い効果を引き出すためには、[I] の発生頻度を抑えることが重要である。

[F] を解消するため、先行命令で得られている演算結果を後続命令のそれを必要とする [A] に送り込むことを [J] という。[G] をなくすため、直後の命令を分岐の成否にかかわらず常に実行する分岐命令を導入することがあり、このタイプの分岐命令を [K] という。また、[G] により [I] が発生する確率を減らすための方法として、[L] が挙げられる。その他、繰り返し処理の何回かの反復を 1 回にまとめて反復回数を減らす [M] も分岐命令の実行回数の削減につながり、[G] の軽減に寄与し得る。

パイプライン処理を効率よく実装できるよう、命令セットアーキテクチャは注意深く設計する必要がある。例えば、[B] に必要なメモリアクセス回数が命令によって異なることは望ましくないので、全ての命令の [N] を同じにするのが一般的である。

ここまでは同時に 1 命令しか発行できない基本的なパイプライン処理について述べてきたが、より進んだアーキテクチャでは、複数の命令を同時に発行することで [D] の更なる向上を図っている。これは静的複数命令発行と動的複数命令発行に大別される。前者は同時に発行しても [E] が生じない複数の命令をまとめた大きな命令をコンパイラが生成する前提のアーキテクチャであり、アルファベット 4 文字の略語で [O] と呼ばれることが多い。後者は命令列中の複数命令間で [E] が発生しないかどうかを動的に判定し、可能な限り並列に実行するもので、[P] と呼ばれる。

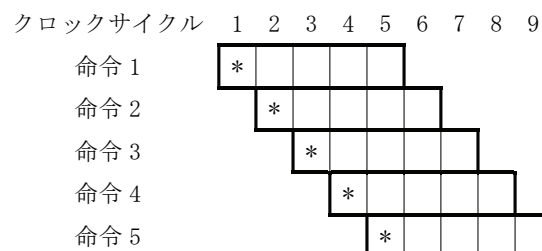


図 1

問 2. プロセッサ A があるプログラムを実行したところ、所要時間の 75%を演算処理が占め、残り 25%は入出力処理が占めていた。同じプログラムを演算処理の性能が格段に優れたプロセッサ B で実行する場合に期待できる性能向上の限界について、よく知られた法則の名前を挙げて議論せよ。但し、入出力処理の所要時間はプロセッサ A でもプロセッサ B でも変わらないものとする。

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

計算機科学⑤ オペレーティングシステム

以下の問いにすべて答えよ。

初期値 0 の共有変数を 2 つのスレッドで一方は 1000 万回 1 増やし、もう一方はやはり 1000 万回 1 減らす処理をする実行プログラム non-semaphore と semaphore がある。実行プログラム non-semaphore は共有変数に対して排他制御せず実行し、実行プログラム semaphore は排他制御して実行する。そのため実行プログラム non-semaphore では実行終了時に共有変数の値は必ずしも 0 にはならない。このとき、双方のプログラム実行にかかる処理時間を time コマンドを用いて計測したところ、以下のように表示された。

```
%time ./non-semaphore
```

```
./non-semaphore 0.11s user 0.00s system 197%cpu 0.056 total
```

```
%time ./semaphore
```

```
./semaphore 0.84s user 0.27s system 182%cpu 0.604 total
```

実行結果に表示された項目 user, system, cpu, total のうち、total はプログラムが起動してから終了するまで実質的に何秒かかったかを、cpu はプログラム実行中の CPU の稼働率を表している。また、user と system はプロセッサを動かしていた時間を表しており、特に system は OS を呼び出していた、つまりシステムコールにかかった時間を示している。cpu の値がどちらも 100%を越えているのはこの実行環境となったプロセッサが 2 つのプロセッサコアを稼働させていたためである。以下の問にプロセスの状態遷移を踏まえて答えよ。

- (1) cpu の値がどちらの実行プログラムも 200%よりも少し短いのは何を意味するかを答えよ。
- (2) cpu の値が non-semaphore の方が semaphore より 200%に近いのはなぜか答えよ。
- (3) 実行プログラム semaphore で実際にプロセッサを使っていた時間は user と system の和、つまり 1 秒強であるが、実際にはプロセッサコアが 2 つあるためその半分の 0.5 秒強であり、それは total の 0.604 秒より短い。このとき user, system, cpu, total の間で成立する関係式を記せ。ただし、上記のプログラム実行では様々な要因が実測値に影響を与えるため、正確に実測値に合致せず、1%くらいの誤差があってもよい。
- (4) 実行プログラム semaphore の方が user が長くかかるのはなぜか答えよ。

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．顧客や利用者の要求を仕様に正確に反映させることが難しい理由を 1 つ挙げ、説明せよ。

問 2．プロトタイプの作成を伴う開発プロセスの利点を 1 つ述べよ。

問 3．テストとデバッグの目的がどのように異なるか述べよ。

問 4．リファクタリングの目的と作業について説明せよ。

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. 伝送メディアの物理量として正電圧と負電圧を用いると仮定して、伝送路符号あるいはライン符号について以下小問二問に答えよ。

(1) 以下の二方式それぞれについて符号化方式を説明せよ。

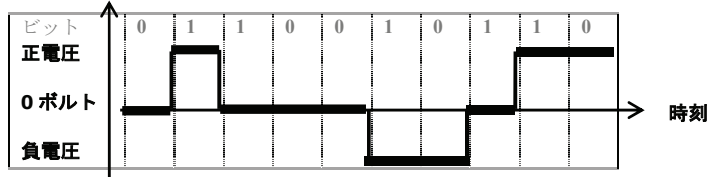
方式(1 ア)「non-return-to-zero level (NRZ(L); 非ゼロ復帰)」

方式(1 イ)「マンチェスタ符号 (あるいは位相符号化)」

(2) ビット列「0110010110」に対応する、伝送メディアの電圧変化を方式(2 ア)「non-return-to-zero level」

方式(2 イ)「マンチェスタ符号」二方式それぞれについて図示せよ。以下に図示表記例を示す。

伝送メディア電圧



MLT-3 (Multi-Level Transmit)符号による電圧変化表記例:

伝送路符号は太線部。縦点線は送信クロック立ち上がり時刻を示す。

問 2.

コンピュータネットワークに関する以下の説明文 (1) ~ (7) について、囲みの部分ア~コに最も適した文字列を記入しなさい。囲み内に選択肢がある場合には、選択肢の記号いずれか一つを記入しなさい。もし選択肢に適切なものが見当たらない場合は、適した用語を記入しなさい。同じ問題記号の囲みには同じ用語が入ると仮定せよ。

- (1) 1993 年に設立された業界主導の利益団体(interest group)であって、無線赤外線通信の完全な通信プロトコルセットの仕様を策定した団体の略称は **ア** ① ITU ② IETF ③ IEEE ④ IrDA である。この通信プロトコルセットそのものも、**ア** と呼ばれている。
- (2) バスアクセス制御方式である **イ** ① ALOHA ② CSMA ③ FDDI ④ IEEE 802.5 方式においては、各ノードはバス上に他端末の信号があるか否かを感知せず、送信パケットが準備できた時点で直ちに送信を開始する。
- (3) OSI 基本参照モデル(あるいは OSI 参照モデル)において、一つ又は複数の通信網を中継し、エンドシステム間のデータ転送を行う層は **ウ** ① 物理 ② データリンク ③ ネットワーク ④ トランスポート 層である。LAN において伝送距離を延長するために伝送路の途中でフレームを中継し、データリンク層での転送だけを行う装置を **エ** ① リピータ ② ルータ ③ ブリッジ ④ ONU と呼ぶ。
- (4) 小数点付き 10 進記法(dotted decimal notation) で 192.168.25.254 と示される IPv4 (Internet Protocol version 4) アドレスについて、このネットワークは クラス **オ** ① A ② B ③ C ④ D ⑤ E である。サブネットマスクが同じく小数点付き 10 進記法で 255.255.255.192 である場合、利用可能なホスト数は最大 **カ** ① 62 ② 168 ③ 192 ④ 254 である。
- (5) IP ヘッダの先頭 4 ビットは IP のバージョン番号を示しており、二進数で **キ** ① 0001 ② 0100 ③ 0110 ④ 1001 とあれば IPv6 (Internet Protocol version 6) が用いられていることを示す。IPv4, IPv6 それぞれの IP ヘッダのうち、ヘッダの大きさを示すヘッダ長フィールドは **ク** ① IPv4 のみ ② IPv6 のみ ③ IPv4 と IPv6 双方 ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿ にある。
- (6) IPv4 での TCP と UDP のうち、ヘッダに送信元ポート番号フィールドがあるのは **ケ** ① TCP だけ ② UDP だけ ③ TCP と UDP 両方 ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿ である。
- (7) **コ** ① RIP ② OSPF ③ BGP-4 ④ CIDR は、経由するルータの台数を距離メトリックとして最短経路を自動的に決定する動的経路制御プロトコルである。サブネットマスクの情報を近隣ルータに通知できないなどの理由で、大規模なネットワークに適用しにくい。

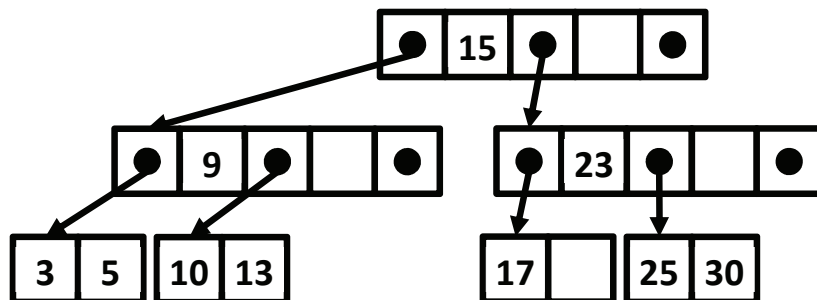
立命館大学大学院情報理工学研究科（博士課程前期課程）
情報理工学専攻

計算機科学⑧ データベース

以下の問いにすべて答えよ。

問 1. 以下の図に示す 2 次の B 木に対して操作 (1) (2) (3) (4) を行ったあとの B 木を図と同様の表記方法で描け。

- (1) 以下の B 木に対してキー値 19 のレコードを挿入
- (2) (1) の結果に対してキー値 21 のレコードを挿入
- (3) (2) の結果に対してキー値 33 のレコードを挿入
- (4) (3) の結果に対してキー値 14 のレコードを挿入



問 2. 次の第二正規形である表「発注伝票」を第三正規形に書き換えよ。ここで、下線部は主キーを表すものとする。
発注伝票 (注文番号、商品番号、商品名、注文数量)

問 3. 以下の学生表に対する SQL による問い合わせ (1) ~ (3) 中の空欄 A ~ F に適切なものを記載せよ。

学生番号	学生名	性別	GPA	生年月日	学科番号
100111	安田広美	女	3.3	1993-12-9	3
100115	木村克己	男	4.1	1981-7-21	2
100143	入江圭	男	1.9	1982-4-30	3
100222	市川典子	女	3.6	1992-9-8	2
100233	田村進一	男	2.6	1982-1-11	1
100262	黒木由実	女	4.5	1980-12-11	3

- (1) 学科番号 3 に所属している学生の学生番号、学生名、GPA を GPA の大きいものから順番に出力する。
SELECT 学生番号, 学生名, GPA FROM 学生 WHERE 学科番号 = 3 [A] GPA [B] ;
- (2) 男性の学生を対象に、学科ごとに学科番号と GPA の最低点を出力する。
SELECT 学科番号, [C] FROM 学生 WHERE 性別='男' [D] 学科番号;
- (3) 生年月日が 1982 年 1 月 1 日以降の学生の GPA の最大値よりも高い GPA の学生の全データを出力する。
SELECT * FROM 学生 WHERE GPA > [E] (SELECT GPA FROM 学生 WHERE 生年月日 [F] '1982-1-1');

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 ア ～ ソ 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 a～h 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）図 1 のグラフ G_1 において、辺の数字は移動コスト、括弧内の数字は各ノードの予測評価値を表す。グラフ G_1 に対し、A* アルゴリズムを用いてノード S から G までの経路を求めたとき、3 番目に「訪問済み（探索終了）」となるノードは ア であり、求めたノード S から G までの経路の総移動コストは イ となる。なお、1 番目に「訪問済み（探索終了）」になるノードはノード S である。またこの経路は、グラフ G_1 に対して最良優先探索で求めた経路と ウ 。

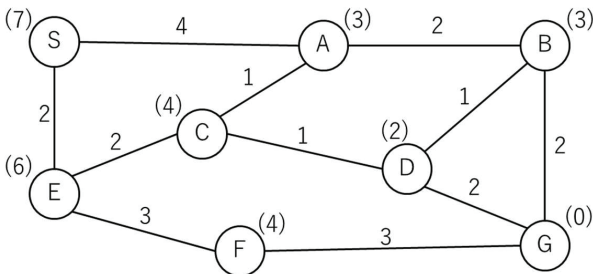


図 1：グラフ G_1 （辺の数字は移動コスト、括弧内は各ノードの予測評価値）

【（１）の選択肢】

a	E	b	B	c	C	d	同じである
e	7	f	8	g	9	h	異なる

（２）表 1 の利得行列で表現される標準型ゲームを考える。利得行列において各セルの左側が Player A の、右側が Player B の利得を表す。各 Player が合理的に行動するとする。表 1 内の α が $\alpha = 3$ のとき、各プレイヤーにおいて他方の行動にかかわらず Player A と Player B はそれぞれ エ の行動をとる。また表 1 内の α が オ の条件を満たすとき支配戦略均衡は存在しないがナッシュ均衡が存在し、このナッシュ均衡では Player A と Player B はそれぞれ カ の行動をとる。

表 1：利得行列

		Player B	
		b_1	b_2
Player A	a_1	(3, 2)	(α , 1)
	a_2	(5, 4)	(4, 3)

【（２）の選択肢】

a	$\alpha < 1$	b	$4 < \alpha$	c	(a_1 , b_1)	d	(a_1 , b_2)
e	$\alpha < 3$	f	$2 < \alpha < 4$	g	(a_2 , b_1)	h	(a_2 , b_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

（３）自己位置推定の手法である粒子フィルタは、 の近似手法である。粒子フィルタでは、確率分布から生成されたサンプル群を確率分布の代用とする と、確率分布からのサンプル点の抽出と重みを考慮した確率分布からのサンプル点の再抽出をする の手法を用いることで、有限個のサンプル点群の状態から自己位置の推定を可能にしている。

【（３）の選択肢】

a	Q 学習	b	ベイズフィルタ	c	カルマンフィルタ	d	SIR
e	モンテカルロ近似	f	SLAM	g	ボルツマン選択	h	LSTM

（４）教師あり学習が扱う問題は大きく分けて分類問題と回帰問題がある。分類問題を解く手法としては があり、回帰問題を解く手法としては がある。また回帰問題では、予測誤差の評価関数 $E(\theta)$ を最小化するように学習器のパラメータ θ を最適化することが問題を解く最も基本的な方法であり、 $E(\theta)$ をパラメータ θ で偏微分したときの偏微分係数に基づきパラメータ θ の最適化を行う手法を と呼ぶ。

【（４）の選択肢】

a	最急降下法	b	最小二乗法	c	一般線形モデル	d	k-means 法
e	最尤推定	f	BERD	g	ランダムフォレスト	h	表現学習

（５）形態素解析を行うために、単語の候補群をノードとし、単語間の接続関係を辺で表したグラフを と呼ぶ。 で形態素解析の結果を得るためには、単語間が接続する確率が低いほど高いコストを割り当てた場合に、経路の総コストを する経路を求めればよい。 の辺のコストを求める統計的アプローチとして、直前の $n-1$ 個の単語に条件づけられた単語の生成確率を考えるものを と呼ぶ。

【（５）の選択肢】

a	最大化	b	最小化	c	Bag-of-Words 表現	d	n-gram モデル
e	意味ネットワーク	f	混合分布モデル	g	構文木	h	単語ラティス

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3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、同図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。解答群の中から一つ選択せよ。

124	128	133	137	135
132	137	123	76	123
131	125	128	121	134
121	180	132	121	123
120	122	136	123	137

図1

【解答群】

- a) 76 b) 121 c) 125 d) 127 e) 180

（2）図2の画像に、あるフィルタを施したところ、図3の画像を得た。適用したフィルタは解答群のうちどれか。ただし、画素値は0～255の範囲で、フィルタの適用結果が0よりも小さい値（負値）になった場合はその絶対値を、また255よりも大きい場合は255を、それぞれ画素値としている。



図2

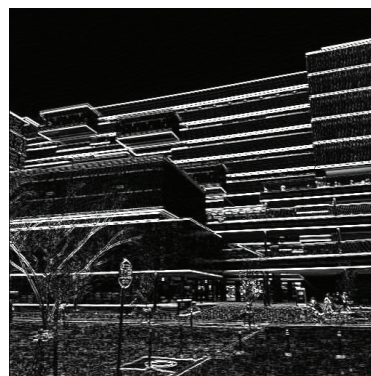


図3

【解答群】

a)

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

b)

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

c)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

d)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

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

問 2. 図 4 の画像の濃淡ヒストグラムを図 5 に示す。図 4 の画像に濃淡変換を施して図 6 を得たとき、図 6 の画像の濃淡ヒストグラムとして適切なものを解答群から一つ選択せよ。



図 4

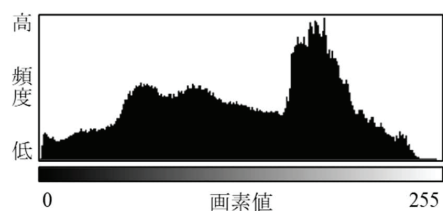
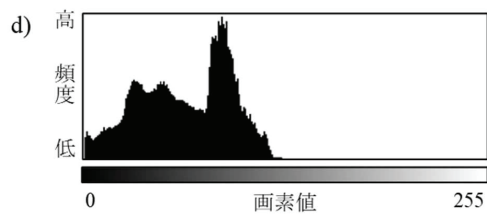
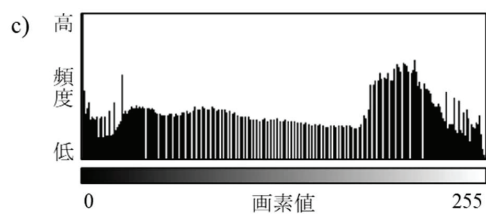
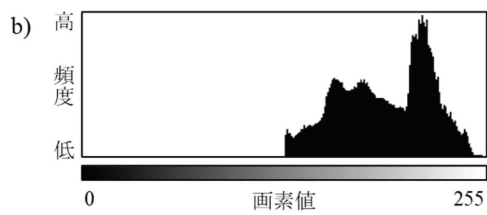
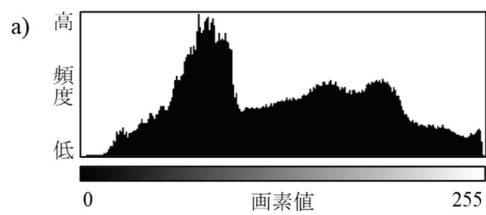


図 5



図 6

【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

問 3. 図 7 の画像を、図 8 の状態になるように画像を回転・平行移動させた。この座標変換が次式で表されるとき、 a, b, c, d, e, f の値を求めよ。なお、この座標変換により図 7 における座標 $(0, 0)$ が図 8 における $(150, 0)$ に移動した。

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$$

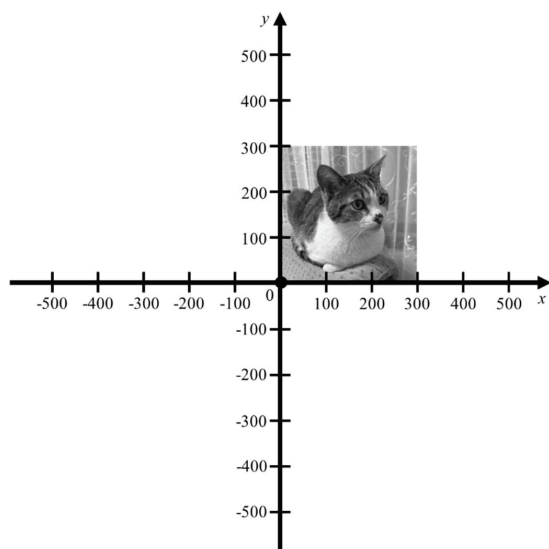


図 7

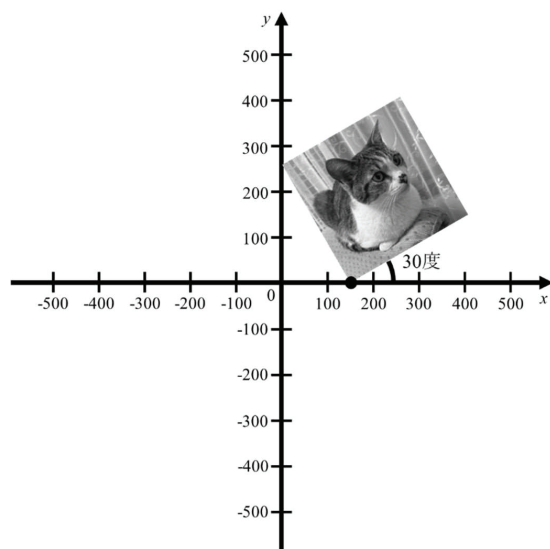


図 8

問 4. 画像 $f(x, y)$ において、 $(1, 1)$ 、 $(2, 1)$ 、 $(1, 2)$ 、 $(2, 2)$ での画素値がそれぞれ $f(1, 1) = 20$ 、 $f(2, 1) = 120$ 、 $f(1, 2) = 20$ 、 $f(2, 2) = 170$ である。 $f(1.4, 1.7)$ の値をニアレストネイバー(Nearest neighbor)補間法とバイリニア(Bilinear)補間法で求めよ。ただし、計算結果が整数値でない場合は、小数点以下を切り捨てて整数値で答えよ。

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

この問題は 2 ページあります。以下の空欄 (a) ～ (j) に適する語句を答えよ。

最適探索

ヒューリスティックな知識（予測評価値）を用いず，コストの和を最小化する最適経路を確実に発見するための手法が最適探索である。

最適探索のアルゴリズム

1. コスト値を 0 とした初期状態をオープンリストに追加する。クローズドリストを空に初期化する。
2. **while** (a) が空ではない. **do**
3. (b) から先頭の要素 s を取り出す。 (c) に s を追加する。
4. s が (d) ならば，解は発見されたとして探索を終了。
5. s から接続していてまだ探索していない状態をすべてオープンリストに追加する。オープンリスト内の状態の累積コストの推定値 $\hat{g}(s)$ を再計算し，累積コストの推定値が (e) 順に並べ替える。
6. **end while**

Q 学習 (Q-learning)

最適行動価値関数 $Q^*(s, a)$ の Q 値を推定することで強化学習を実現する学習を Q 学習と呼ぶ。ここで， s と a はそれぞれ状態と行動を表す。Q 学習では，まずすべての (s, a) の組み合わせに対して $Q(s, a)$ の値を記録するテーブルを用意する。この値を徐々に更新して真の Q 値である $Q^*(s, a)$ に近づけることを目指す。

Q 学習のアルゴリズム

1. Q 値を初期化する。
2. **for** $i = 1$ to L **do**
3. 時刻 $t = 1$ として， s_0 を観測する。
4. **repeat**
5. 方策 π に従って行動 a_t を選択して実行する。
6. 環境から (f) と (g) を観測する。
7. Q 学習の更新式に従って (h) の値を更新する。
8. 時刻 $t \leftarrow t + 1$ とする。
9. **until** ゴールに到達する。もしくは，終了条件に達する。
10. **end for**

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

ベイズフィルタ

自らの得た観測（センサ情報） $o_{1:t}$ と、自らが行ってきた行動 $a_{1:t}$ から自己位置 s_t を推定する手法として最も基本的な手法がベイズフィルタである。 $F_0(s_0)$ の初期値はすべての場所にそれぞれ等確率で存在するとする。 T は最大ステップ数である。

ベイズフィルタのアルゴリズム

1. $F_0(s_0)$ を初期化する。 $F_0(s_0) = P(s_0)$
2. **for** $t = 1$ to T **do**
3. a_{t-1} で移動し、 o_t を観測する。
4. すべての s_t に対して下記の G_t を計算する。
 $G_t(s_t) \leftarrow P(o_t | s_t) \sum_{s_{t-1}} \boxed{(i)} F_{t-1}(s_{t-1})$
5. $F_t(s_t) \leftarrow \boxed{(j)} / \sum_s G_t(s)$
6. **end for**

2025 年 2 月実施

2025 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。
- ・ 計算機科学コースに出願している場合は、④～⑨の中から 3 科目を選択し解答すること。
 - ・ 人間情報科学コースに出願している場合は、⑩・⑪から 1 科目を選択し解答すること。
- ※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の解答用紙は 2 枚余ります。

試験科目		配点		解答方法	
共通科目		①線形代数	100 点	合計 200 点	3 科目中 2 科目 を選択
		②確率統計	100 点		
		③データ構造とアルゴリズム	100 点		
専門 科目	計算機科学 コース	④計算機アーキテクチャ	-	合計 100 点	6 科目中 3 科目 を選択
		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	100 点	合計	2 科目中 1 科目 を選択
		⑪人工知能	100 点	100 点	

【試験時間】

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 科目につき解答用紙 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、外さないで下さい。
- (4) 無記名答案は無効とし、当該科目の得点は 0 点となります。
- (5) 問題用紙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。

問 1. 次の行列 P と行列 A の積 PA を行列 A' として求めよ。

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} 6 & 8 & 1 \\ 2 & 4 & 9 \\ \alpha & 5 & 7 \end{pmatrix}$$

問 2. 問題 1 で求めた行列 A' のすくなくとも 1 つの固有値が 0 となる時 α の値を求めよ。

問 3. 問題 1 で求めた行列 A' について、 $\text{rank}(A')$ を求めよ。ただし、 α は問題 2 で求めた値とせよ。

問 4. 問題 1 で求めた行列 A' の固有値を全て求めよ。ただし、 α は問題 2 で求めた値とせよ。

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

共通科目② 確率統計

問 1. 電車が遅延する日（イベント A ）と 2 割以上の学生が遅刻する日（イベント B ）の関係を考える。以下の情報が提供されているとする。

- ・ 電車が遅延する日の確率 $P(A)$ は 0.2 である。
- ・ 2 割以上の学生が遅刻する日の確率 $P(B)$ は 0.15 である。
- ・ 電車が遅延した場合に 2 割以上の学生が遅刻する確率 $P(B|A)$ は 0.75 である。

このとき、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。

- (1) イベント A と イベント B の同時確率 $P(A, B)$ を求めよ。
- (2) イベント A と イベント B は独立か否か、理由とともに答えよ。
- (3) イベント B が生じた場合に、イベント A が生じる条件付き確率 $P(A|B)$ を求めよ。

問 2. X と Y の 4 組のデータ $\{(x_i, y_i)\} = \{(1, 3), (2, 5), (3, 5), (4, 7)\}$ に対して、以下の問いに答えよ。

- (1) X の分散、 Y の分散、 X と Y の共分散を求めよ。
- (2) X と Y の（ピアソンの積率）相関係数を求めよ。
- (3) 4 組のデータに基づいて線形回帰モデルを構築し、 $x_5 = 5$ のときの y の値 y_5 を推定せよ。

問 3. パラメータ λ をもつ指数分布 ($\lambda > 0$)

$$P(T)dT = \lambda e^{-\lambda T} dT$$

について、以下の問いに答えよ（ただし、 $T \geq 0$ ）。

- (1) 指数分布の平均を求めよ。
- (2) 指数分布の最頻値を求めよ。
- (3) 指数分布の中央値を求めよ。
- (4) 指数分布に従う母集団から 10 個の独立なサンプル $T_1, T_2, \dots, T_{10}$ が得られたとする。対数尤度関数 $L(\lambda)$ を λ と $T_1, T_2, \dots, T_{10}$ を用いて表せ。
- (5) (4) 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. バブルソートについて述べた以下の説明文に対して、囲みの空欄部分 ① ～ ⑤ に最も適した数値または語句を答えよ。なお、囲み内に選択肢がある場合は、選択肢の中から適した語句を選び、アルファベットで示された記号で答えること。

配列 A の初期値が先頭から順に $\{5, 2, 7, 1\}$ で、 i 番目の添字番号の要素を $A[i]$ ($0 \leq i \leq 3$) で表す場合を考える。バブルソートで配列 A の要素を昇順に並び替え、1 回目に発生する交換が 5 と 2 であるとき、2 回目の交換は、① と ② となる。そのバブルソートの終了までに、計 ③ 回の交換が行われる。バブルソートの時間計算量を配列 A の要素数 n を用いてオーダー表記で表すと、最善時間計算量は ④ (a) $O(1)$, (b) $O(\log n)$, (c) $O(n)$, (d) $O(n \log n)$, (e) $O(n^2)$ で、最悪時間計算量は ⑤ (a) $O(1)$, (b) $O(\log n)$, (c) $O(n)$, (d) $O(n \log n)$, (e) $O(n^2)$ である。

問 2. 二分探索法は、探索空間を半分に分割することを繰り返すアルゴリズムである。図 1 と図 2 は、 n 個の要素の値が重複なく昇順に格納された配列 A から二分探索法によって値 key を探索する疑似コードである。 i 番目の添字番号の要素を $A[i]$ ($0 \leq i \leq n-1$) とする。図 1 の中の関数 `length` は与えられた配列 A の長さ n を返す。図 1 と図 2 の床関数 $\lfloor x \rfloor$ は実数 x 以下の最大の整数を返す。これらの二分探索法について、以下の問いに答えよ。

Algorithm BinarySearch1 (A, key)

```

start ← 0;
end ← length( $A$ ) - 1;
while (start ≤ end)
    mid ←  $\lfloor (start + end) / 2 \rfloor$ ;
    if ( $key = A[mid]$ ) then
        return mid;
    else if (①) then
        ② ;
    else
        start ← mid + 1;
return -1;

```

図 1: 非再帰による実装法

Algorithm BinarySearch2 ($A, start, end, key$)

```

mid ←  $\lfloor (start + end) / 2 \rfloor$ 
if ( $key = A[mid]$ ) then
    return mid;
else if (① and ③) then
    return BinarySearch2( $A, start, mid - 1, key$ );
else if (④ and  $mid < end$ ) then
    return BinarySearch2(⑤);
else
    return -1;

```

図 2: 再帰による実装法

- (1) 図 1 と図 2 の中の囲みの空欄部分 ① ～ ⑤ にあてはまる疑似コードを答えよ。なお同じ空欄番号の囲みには同じ疑似コードが入るものとする。
- (2) 図 1 の `BinarySearch1` を用い、配列 $A = \{1, 2, 5, 7\}$ に対し `BinarySearch1( $A, 5$ )` を実行したときの返り値を答えよ。
- (3) 図 1 の `BinarySearch1` の関数が `-1` を返すのは、どのような場合かを答えよ。
- (4) 図 1 の二分探索法の最善時間計算量と最悪時間計算量を、 $O(1)$, $O(\log n)$, $O(n)$, $O(n \log n)$, $O(n^2)$ の中からそれぞれ選び答えよ。
- (5) 図 2 の `BinarySearch2` を用い、配列 $A = \{1, 2, 5, 7\}$ に対し `BinarySearch2( $A, 0, 3, 5$ )` を実行したときに、関数 `BinarySearch2` が呼び出される回数を、`BinarySearch2( $A, 0, 3, 5$ )` の呼び出しを 1 回と数え、答えよ。
- (6) 図 2 の `BinarySearch2` のように再帰呼び出しを用いる場合よりも、図 1 の `BinarySearch1` のように再帰呼び出しを用いない実装のほうが、実行時間が短くなる場合が多い。この理由を簡潔に述べよ。

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 1. アドレス空間が 2^{32} バイト、キャッシュの容量が 128K バイト、キャッシュブロックのサイズが 64 バイトの時に、以下の 3 方式のキャッシュにおけるタグ、インデックス、オフセットのビット長を答えよ。導出過程も示せ。

- A) ダイレクトマッピング方式
- B) フルアソシアティブ方式
- C) 4 ウェイ・セットアソシアティブ方式

問 2. パイプライン処理における「制御ハザードによるストール」とは何かを説明せよ。また、その影響を軽減する分岐予測を行う手法を考える。その場合に分岐予測が成功した場合と失敗した場合のそれぞれで、分岐予測を行わない方式で分岐が成立する場合に比べて、パイプライン処理の効率がどのように変化するかを説明せよ。

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

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。

プログラム 1

```

1 処理1
2 LOCK(X)
3 処理2
4 LOCK(Y)
5 処理3
6 UNLOCK(Y)
7 UNLOCK(X)
8 処理4
  
```

プログラム 2

```

1 処理A
2 LOCK(Y)
3 処理B
4 LOCK(X)
5 処理C
6 UNLOCK(X)
7 UNLOCK(Y)
8 処理D
  
```

共有メモリ領域上の共有変数 X , Y を使う図のようなプログラム 1, 2 を考える。行頭の数字は行番号を表す。ただし処理 2 は変数 X のみに書き込みを行う処理、処理 B は変数 Y のみに書き込みを行う処理、処理 3 と処理 C は変数 X と変数 Y の両方に書き込みを行う処理である。処理 1、処理 4、処理 A、処理 D は X にも Y にも書き込みを行わない。またここでは共有変数には二つの状態「未使用」と「使用中」がある。共有変数 V に対し、 $\text{LOCK}(V)$ と $\text{UNLOCK}(V)$ は次のように動作する。

$\text{LOCK}(V)$ の動作：

1. V の状態が「未使用」のとき、 V の状態を「使用中」にして次の行に進む。
2. V の状態が「使用中」のとき、 V の状態が「未使用」になるまで待機し、 V の状態が「未使用」になった後に V の状態を「使用中」にして次の行に進む。

$\text{UNLOCK}(V)$ の動作：

1. V の状態が「未使用」のとき、何もせず次の行に進む。
2. V の状態が「使用中」のとき、 V の状態を「未使用」にして次の行に進む。

これらのプログラムについて、以下の問いに全て答えよ。

問 1. これらのプログラムを並行に実行すると、プログラムがいつまでも終了せず途中で停止することがある。このような状態の名称を答えよ。またこのような状態が起きたとすると、プログラム 1 とプログラム 2 はそれぞれ何行目で停止するか。

問 2. これらのプログラムを並行に実行しても問 1 で答えた状態が起こらないように、プログラム 1 とプログラム 2 のいずれかまたは両方を、プログラム中の行を適切に入れ替えることで変更せよ。プログラムの行番号は省略してよい。ただし処理 1 から処理 4 および処理 A から処理 D の順序関係は変更できない（例えば処理 1 の前に処理 2 を実行することは許されない）。また $\text{LOCK}(V)$ は一度に一つの変数の使用しか宣言できない。すなわち二つの共有変数 V_1, V_2 に対し、 $\text{LOCK}(V_1, V_2)$ のようにそれらを同時に使用中にすることはできないものとする。

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

問 3. LOCK(V) の実現方法について、一般に Test and Set と呼ばれる機械語命令を使う方法を、Test and Set 命令の動作およびコンテキストスイッチが起こるタイミングによらず正しく動作する理由を明確にして説明せよ。

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．インクリメンタル(漸増的)開発が、ウォーターフォールモデルによる開発よりも効果的である理由を説明せよ。

問 2．Web 上で動作するチケット発行システムのソフトウェアを開発することを考える。非機能要件の例を 1 つ挙げよ。

問 3．ソフトウェアシステムの開発において、クライアントサーバアーキテクチャを採用する利点を説明せよ。

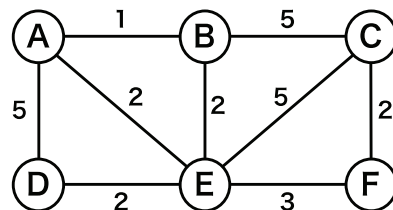
問 4．ソフトウェアのリエンジニアリングを説明せよ。

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⑦ コンピュータネットワーク

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. 右図のようなネットワークにおいて、ノードAから各ノードへの最短距離を求めたい。ただし図中の○内はノードの名前を示す記号であり、ノード間の線は接続を表す。接続の横に書かれている数字は、その接続の距離（あるいは通過コスト）である。



- (1) ダイクストラのアルゴリズム（あるいはダイクストラ法）を一手順ずつ説明しながら図のネットワークに適用せよ。途中経過や説明文章などアルゴリズムの説明に必要な事柄を省略してはならない。ノードAから到達できないノードがあれば指摘せよ。
- (2) ダイクストラ法で最短距離が確定するノードの順番及び確定した各ノードへの最短距離およびそれを与える経路を示せ。Aから到達不能のノードについては省略してよい。最短距離確定順は、ノードの記号のみをカンマ「,」で接続して示せ。例えば ノードA, D, C, BだけがAから到達可能で、この順に最短距離確定と回答したい場合、確定順: A, D, C, B と表記せよ。各ノード記号に続いてコロン「:」、最短距離を与える経路、コロン「:」、最短距離と表記して、各ノードへの最短距離およびそれを与える経路を示せ。また、経路は通過順にノードの番号のみをマイナス記号「-」で接続せよ。例えばノードEへの最短距離が10で、途中にノードGを通過するのが最短距離を与える経路であると解答したい場合、E:A-G-E:10 と表記せよ。なお、ノードAからノードAへの最短距離は最初に0と確定するためA:A-A:0 は自明であるが、この旨も省略せずに答案に明記すること。

問2. コンピュータネットワークに関する以下の説明文（1）～（8）について、囲みの部分ア～コに最も適した文字列を記入しなさい。囲み内に選択肢がある場合には、選択肢の記号いずれか一つを記入しなさい。もし選択肢に適切なものが見当たらない場合は、適した用語を記入しなさい。

- (1) インターネットで利用される技術の標準化を策定し、その技術仕様を RFC(Request for Comments)と呼ばれる形式で保存・公開している組織の英語での略称は ア ① ITU ② IETF ③ IEEE ④ IrDA である。
- (2) メディアアクセス制御方式 ALOHA(あるいは Pure ALOHA)の最大スループットは、自然対数の底(あるいはネイピア数) e を用いて イ と書ける。
- (3) OSI 基本参照モデル(あるいは OSI 参照モデル)において、電気信号や光のような伝送媒体を用いてビットの転送を行う層は ウ 層である。一方、セッション層(あるいはセッション層)では例えば エ ① 応用プロセス間の対話制御、② 抽象構文から転送構文への変換、③ 光ファイバーの規定、④ 経路制御 を行う。
- (4) LAN(ローカルエリアネットワーク)において伝送距離を延長するために伝送路の途中でフレームを中継し、データリンク層での転送だけを行う装置を オ ① リピータ ② ルータ ③ ブリッジ ④ ONU と呼ぶ。
- (5) 小数点付き10進記法(dotted decimal notation)で10.11.23.58と示されるIPv4(Internet Protocol version 4)アドレスについて、このIPネットワークはクラス カ ① A ② B ③ C ④ D ⑤ E である。サブネットマスクが同じく小数点付き10進記法で255.255.255.192である場合、このIPネットワークで使用するべきブロードキャストアドレスは キ ① 10.255.255.255 ② 10.11.255.255 ③ 10.11.23.63 ④ 10.11.23.255 である。
- (6) IPv4, IPv6(Internet Protocol version 6)それぞれのIPヘッダのうち、ヘッダの大きさを示すヘッダ長フィールドは ク ① IPv4のみ ② IPv6のみ ③ IPv4とIPv6双方 にある。
- (7) IPv4でのIP, TCPとUDPそれぞれについて、ヘッダが固定長のものは ケ ① TCP だけ ② UDP だけ ③ TCPとUDP だけ ④ IP だけ ⑤ IPとTCP だけ ⑥ IPとUDP だけ ⑦ 三ヘッダ全部 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

- (8)

コ ① Return-to-zero ② NRZ(L) ③ マンチェスタ符号 ④ MLT-3
--

 は、伝送メディアの物理量の「高→低」か「低→高」の等間隔の二遷移のいずれかが各データビットの符号化であるような伝送路符号またはライン符号であって、10BASE-T のようなイーサネット規格に用いられている。

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

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，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，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. 次の文書ベクトル A、B、C のベクトル間類似度（コサイン類似度）を計算し、最も類似度が高い文書のペアを求めよ。計算過程および計算結果をすべて示すこと。

$$\text{文書 A} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} \quad \text{文書 B} = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{文書 C} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix}$$

問 3. 1000 件の書籍が登録されている書籍管理システムに対して、利用者がキーワードを入れて書籍を検索したところ 12 件が表示され、そのうち 9 件がキーワードに合致していた。一方、検索結果に表示されていない書籍のうち 6 件がキーワードに合致していることがわかった。このとき、この検索の再現率(Recall)および適合率(Precision)を求めよ。

問 4. 以下の 2 つの関係 P と Q に対して、結合演算 (1) $P \bowtie_{B < C} Q$ 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
4	1	4
3	1	4

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1. 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 ア ～ ソ 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）ある画像判別器は犬の画像が提示された場合には確率0.6で「犬」、確率0.4で「猫」と、猫の画像が提示された場合には確率0.2で「犬」、確率0.8で「猫」と出力する。また、入力される画像のうち、70%が犬の画像、30%が猫の画像であるとする。このとき、以下の確率を求めよ。ただし、選択肢では小数点以下三桁までを示している。

- 1. 「猫」の画像が入力され、かつその画像が「猫」と判別される確率は ア である。
- 2. 入力された画像が「犬」と判別される確率は イ である。
- 3. 判別結果が「犬」であるとき、入力した画像が「犬」である確率は ウ である。

【（1）の選択肢】

a	0.240	b	0.300	c	0.420	d	0.480
e	0.600	f	0.625	g	0.800	h	0.875

（2）図1は2人のプレイヤーが交互に意思決定を行うゲームのゲーム木を表しており、□ノードは先手の盤面を、○ノードは後手の盤面である。また各ノードのアルファベットは各盤面の名前であり、ノードに添えられた数字はその盤面の評価値である。このとき、後手が先手の利得を最も低くする手を選ぶことを仮定して、先手が最も高い利得が得られる手を選ぶ戦略を エ と呼ぶ。先手が エ を取るとしたとき、ノードAの評価値は オ となる。また、図1のゲーム木において盤面の評価が左から右に進む場合に、不必要な探索を避けるためにαβ法を適用したとき、βカットで枝切りされるノード集合は カ となる。

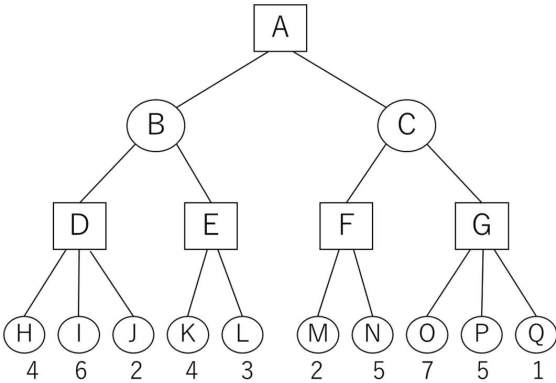


図1：ゲーム木

【（2）の選択肢】

a	4	b	5	c	6	d	{P, Q}
e	{L, P, Q}	f	{J, L, Q}	g	ミニマックス戦略	h	支配戦略

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

（３）k-means 法は各データ点を最も距離の近い代表点に割り当て、その後、代表点の座標を割り当てられたデータ点の で更新することを繰り返すクラスタリング手法である。2 次元データ $\{(1, 1), (2, 0), (2, 3), (3, 2), (4, 4)\}$ に $k=2$ として k-means 法を適用することを考える。いま、代表点 A、B の座標が $A(1, 2)$ 、 $B(4, 3)$ のとき、データ $a=(2, 3)$ が割り当てられる代表点は であり、データ a が割り当てられた代表点の座標は に更新される。

【（３）の選択肢】

a	A	b	最大値	c	重心値	d	期待値
e	B	f	(3 , 3)	g	$\left(\frac{5}{3}, \frac{4}{3} \right)$	h	$\left(2, \frac{3}{2} \right)$

（４）教師あり学習で扱う回帰問題とは、入力ベクトルに対して を返す連続的な関数関係を学習する問題である。回帰問題と解くための基本的な考え方は、予測誤差を最小化するように学習器の最適なパラメータを求める方法である。このうち、予測誤差を表す評価関数として二乗誤差の総和を用いるものを 、パラメータで偏微分し偏微分係数に応じてパラメータを増減させる手法を と呼ぶ。

【（４）の選択肢】

a	ワード法	b	カーネル法	c	最小二乗法	d	誤差逆伝搬法
e	最急降下法	f	実数値	g	期待値	h	二値

（５）以下は論理式 $(A \rightarrow B) \rightarrow C$ の連言標準形への変換の過程を示している。式の右に記載しているのは、その式変形に利用した法則である。空欄部分 ～ に適したものを選択肢から選べ。

$$\begin{aligned} & (A \rightarrow B) \rightarrow C \\ \Leftrightarrow & \text{ } \vee C \\ \Leftrightarrow & (A \wedge \neg B) \vee C \\ \Leftrightarrow & \text{ } \end{aligned}$$

$\left. \begin{array}{l} \leftarrow \\ \leftarrow \end{array} \right\}$ 含意の除去

$\left. \begin{array}{l} \leftarrow \\ \leftarrow \end{array} \right\}$

$\left. \begin{array}{l} \leftarrow \end{array} \right\}$ 分配律

【（５）の選択肢】

a	ド・モルガンの法則	b	同値記号の除去	c	結合律	d	$\neg(\neg A \wedge B)$
e	$\neg(\neg A \vee B)$	f	$(A \wedge C) \vee (\neg B \wedge C)$	g	$(A \vee C) \wedge (\neg B \vee C)$	h	$(A \vee \neg B \vee C)$

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

以下の問いにすべて答えよ。

問 1.

100	60
50	40

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)であり、これら 4 点の画素値 $I(x, y)$ は $I(0,0)=100$, $I(1,0)=60$, $I(0,1)=50$, $I(1,1)=40$ である。小数座標(0.8,0.3)の画素値 $I(0.8,0.3)$ をバイリニア補間で求めよ。

問 2. $G(x, y) = A \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2}\right)$, $A > 0$ は 2 次元ガウス関数を表す数式であるが、これを用いて 2 次元のデジタルフィルタを設計する。フィルタの値は 8 ビットの非負の整数 (0~255) で表現し、フィルタリングの結果は最終的にそのフィルタの値の総和で割って正規化されるものとする。

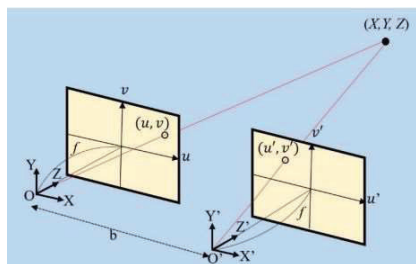
(1) $G(x, y)$ が最大値を取る点の座標 (x, y) とその点における $G(x, y)$ を求めよ。

(2) 8 ビットを最大限に有効利用するために A を幾らとすべきか。

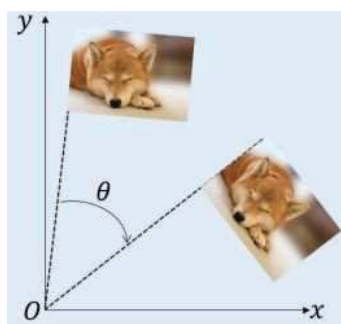
(3) フィルタのサイズ (画素単位) を $(2U+1) \times (2U+1)$ とするとき、 U (整数) を決めよ。

ただし、 $\exp(-1/2) \doteq 0.6$, $\exp(-2) \doteq 0.135$, $\exp(-4.5) \doteq 0.0111$, $\exp(-8) \doteq 0.0003$ 。

問 3. 下図が示すような、カメラ間隔が 300mm の平行ステレオにおいて、左画像の点 $(u, v) = (400, 300)$ (単位: 画素) と右画像の点 $(u', v') = (200, 300)$ (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、左カメラの画像座標系の u 軸と右カメラの画像座標系の u' 軸は、同一直線上にあってワールド座標の X 軸と平行し、左カメラの画像座標系の v 軸と右カメラの画像座標系の v' 軸はワールド座標の Y 軸と平行する。 (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。



問 4. 下図が示すように、画像を 45 度時計回りに回転したあと、 x 方向で 50、 y 方向で -20 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、各パラメータ a, b, c, d, e, f を求めよ。ただし、 (x, y) は回転と平行移動前の座標であり、 (x', y') は回転と平行移動後の座標である。



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

人間情報科学⑩ 人工知能

以下の空欄 (a) ～ (j) に適する語句をすべて答えよ。

最良優先探索

ヒューリスティックな知識としての予想評価値を頼りに探索を進めるのが最良優先探索である。

最良優先探索のアルゴリズム

1. コスト値を 0 とした初期状態を (a) に追加する。 (b) を空に初期化する。
2. **while** オープンリストが空ではない. **do**
3. オープンリストから先頭の要素 s を取り出す。クローズドリストに s を追加する。
4. s が目標状態ならば、解は発見されたとして探索を終了。
5. s から (c) してまだ探査していない状態をすべてオープンリストに追加する。オープンリスト内の状態を、予測評価値 $\hat{h}(s)$ が小さい順に並べ替える。
6. **end while** 探索を終了。

方策

Q 学習における代表的な方策 π を以下に示す。

グリーディ法 (greedy method) 最も Q 値が (d) 行動を必ず選択する。

ランダム法 (random method) あらゆる行動を等 (e) で選択する。

ϵ -グリーディ法 (epsilon-greedy method) 確率 (f) で全行動からランダムによる行動選択を行い、確率 (g) でグリーディ法による行動選択を行う。

ボルツマン選択 (Boltzmann exploration policy) (h) 分布と呼ばれる確率分布を行動価値関数を用いてつくることで方策とする。

粒子フィルタ

粒子フィルタはベイズフィルタに (i) 近似とベイズフィルタの更新式における Sampling Importance Resampling (SIR) を導入することで実現されるベイズフィルタの近似手法である。各粒子を (j) 確率に従って移動させた後に、各粒子について観測確率で重みを付けてリサンプリングするだけの非常に単純なアルゴリズムになっている。