

受験番号		氏名	
------	--	----	--

2025年度大学院環境生命自然科学研究科博士前期課程
計算機科学コース学力検査筆記試験問題

選択科目

科目名	応用数学	コンピュータ アーキテクチャ	データ構造と アルゴリズム	オペレーティング システム	人工知能	オートマトン と言語理論
選択する科目に○印 選択しない科目に×印						

注意

1. 試験時間：8月20日（火）10：00～12：30
2. 試験終了まで退室を認めない。
3. 6科目のうちから4科目を選択して解答すること。試験終了までに、上記の選択科目欄において、選択する科目に○印、選択しない科目に×印を記入すること。選択しない科目の解答用紙については、解答欄に大きく×印を記入すること。
4. 問題用紙，解答用紙，下書用紙が配布されている。
5. 問題用紙はこの表紙を含めて7枚である。
問題用紙の余白は計算用紙，下書用紙として使用してもよいが，この余白に記入された内容は採点対象としない。問題用紙は試験終了後，回収する。表紙上部の受験番号欄と氏名欄に受験番号と氏名を記入すること。
6. 解答用紙は7枚ある。選択しない科目の解答用紙も含めて，7枚すべての受験番号欄と氏名欄に受験番号と氏名を記入すること。（受験番号欄と氏名欄以外には受験番号や氏名を記入してはいけない。）解答欄が足りなければ，解答用紙の裏面に記入してもよいが，整理票の部分は切り離すので，整理票の裏面には記入しないこと。解答はすべて，対応する科目の解答用紙に記入し，他の科目の解答用紙には書かないこと。解答用紙は科目ごとにすべて回収する。
7. 下書用紙に記入された内容は採点対象としない。下書用紙は試験終了後，回収する。下書用紙上部の受験番号欄と氏名欄に受験番号と氏名を記入すること。

以上

問題用紙

試験
科目

応用数学

問1 3次元列ベクトル $\boldsymbol{x} = (x_1, x_2, x_3)^T$ の関数 $f(\boldsymbol{x}) = x_1^2 - 3x_2^2 + x_3^2 - 4x_1x_2 + 4x_2x_3 + 4x_3x_1$ について、以下の問に答えよ。

- (1) $f(\boldsymbol{x})$ はある対称行列 \boldsymbol{A} を用いて $f(\boldsymbol{x}) = \boldsymbol{x}^T \boldsymbol{A} \boldsymbol{x}$ と表される。 \boldsymbol{A} を求めよ。
- (2) (1) で求めた行列 \boldsymbol{A} の固有値をすべて求めよ。また、固有値の各々について、対応する固有ベクトルを一つ求めよ。
- (3) 制約条件 $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 1$ の下で $f(\boldsymbol{x})$ の値を最大にする \boldsymbol{x} の値を一つ求めよ。

問2 閉区間 $[-\pi, \pi]$ 上の関数 $f(x), g(x)$ の内積を $(f(x), g(x)) = \int_{-\pi}^{\pi} f(x)g(x) dx$ で定義する。以下の問に答えよ。

- (1) k と l を非負整数とすると $(\cos kx, \cos lx)$ の値を求めよ。答だけでなく導出過程も示すこと。
- (2) 閉区間 $[-\pi, \pi]$ 上の関数 $f(x) = \pi - |x|$ に対し、 $f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos kx$ を満たす a_k ($k = 0, 1, 2, \dots$) の値を求めよ。

試験 科目	コンピュータアーキテクチャ
----------	---------------

問1

- (1) 10進数である5.4375について、小数点以下を6桁とする12桁の2進数で表現せよ。
- (2) 2の補数を用いて、-5.4375を小数点以下を6桁とする12桁の2進数で表現せよ。

問2 IEEE 754規格の単精度浮動小数点に関する以下の問いに答えよ。単精度浮動小数点は符号ビット、指数部(8bit)、仮数部(23bit)で表現される。なお、指数部は127増しのバイアス(ゲタばき)で表現される。

- (1) 以下に示す単精度浮動小数点AとBの値を10進数で示せ。
- (2) A+Bの値を単精度浮動小数点(2進数)で表現せよ。
- (3) また、(2)の演算結果を16進数で示せ。

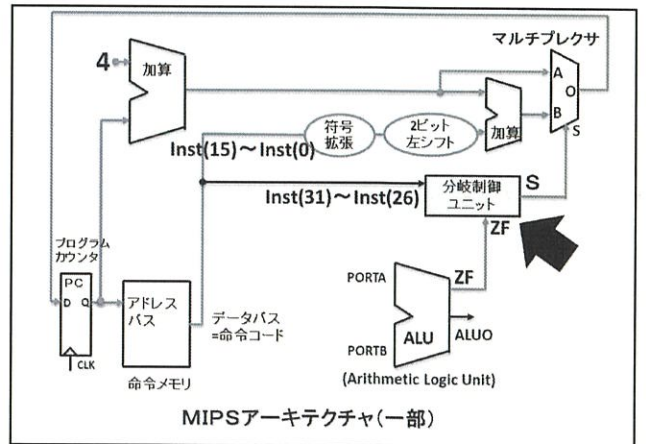
A	符号	指数部(8ビット)	仮数部(23ビット)	B	符号	指数部(8ビット)	仮数部(23ビット)
	1	10000000	01000000000000000000000		0	10000101	11110100000000000000000

問3 CPUと主記憶の間にキャッシュが存在し、クロック周波数が2.0GHzのコンピュータがある。このコンピュータについて、下記の(1)~(3)の設問に答えよ。各解答には、所定の欄に結果を記入するだけでなく計算過程も記述すること。

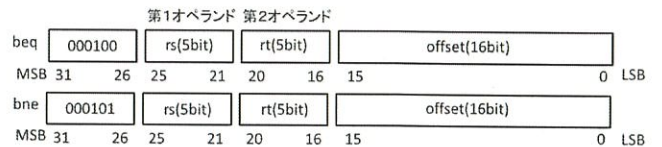
- (1) あるプログラムを実行する場合、もし、1次キャッシュが常にヒットすると仮定すればCPIは2.0になる。この場合の1命令当りの平均命令実行時間を求めよ(単位はns)。また、この場合のコンピュータの性能をMIPS値(1秒当りの命令実行数を100万単位で数えたもの)で表す場合、その値を求めよ。
- (2) キャッシュは1レベル構成であるとする。この場合、すべてのメモリ・アクセスはまず1次キャッシュに対して行われ、1次キャッシュでミスが発生した場合には主記憶がアクセスされる。主記憶へのアクセス時間は、ミスに関するすべての処理を含めて100nsである。(1)のプログラムの実行における1次キャッシュのミス率が3.0%である場合、このコンピュータのCPIとMIPS値を求めよ。
- (3) 上記の(2)の構成においてMIPS値を400にするためには1次キャッシュのミス率を何パーセントにまで改善すれば良いか？

問4 右図にパイプラインの無いMIPSアーキテクチャの一部と、beq命令、bne命令のコードを示す。このMIPSプロセッサのブランチ命令について、以下の問いに答えよ。

ただし、インストラクションメモリから読み出される命令コード(31bit~0bit)を(Inst(31), Inst(30), Inst(29), ..., Inst(0))と表現し、マルチプレクサはS=0のときにAポートの値が出力ポートOから出力され、S=1のときにBポートの値が出力ポートOから出力されるものとする。ALU(Arithmetic Logic Unit)は演算結果がゼロの時にZFに1を出力し、それ以外の時には0を出力するものとする。



- (1) 右図の分岐制御ユニットの論理関数式を示せ。なお、分岐制御への入力はInst(31)~Inst(26), ZFとし、出力はSとせよ。



beq, bne の機械語コード

- (2) 右に示すループ処理を記述するアセンブラプログラムを完成させたい。0x00400030にあるbeq命令は条件成立時(つまり2つの変数\$2と\$4の値が等しい時)に0x00400040に飛び、0x0040003Cにあるbeq命令は条件成立時に0x00400030に飛ぶものとする。なお、\$0~\$4は全てレジスタ番号を示し、\$0はゼロレジスタ(常に0の値を示す)を表す。それぞれのbeq命令の命令コードを16進数で示せ。

ループ処理のアセンブラプログラム

```

0x00400024  addi $3, $0, 0
0x00400028  addi $2, $0, 0
0x0040002C  addi $4, $0, 10
0x00400030  beq  $2, $4, █████
0x00400034  add  $3, $3, $2
0x00400038  addi $2, $2, 1
0x0040003C  beq  $0, $0, █████
0x00400040  ...
    
```

問題用紙

試験科目 データ構造とアルゴリズム

問1. 下記のプログラムは2分探索木に対する操作のC言語による記述である。各問に答えよ。

- (1) 空の2分探索木に insert により 5, 7, 1, 3, 10, 12, 6, 8, 2, 4, 9, 11 をこの順に挿入し、全て挿入後の2分探索木を traverse_tree により根から走査する。このとき出力される key の値を前から順に解答欄のマス目に記入せよ。
- (2) (1)で得られる2分探索木の根を delete_v に渡してある節点を削除する。その結果得られる2分探索木を traverse_tree により根から走査したとき出力される key の値を前から順に解答欄のマス目に記入せよ。
- (3) 図のAVL木に27を挿入して得られるAVL木を示せ。必要なら回転操作を行うこと。
- (4) 図のAVL木に15を挿入して得られるAVL木を示せ。必要なら回転操作を行うこと。

<pre> struct node{ int key; struct node *left, *right; }; struct node *insert(int x, struct node *v){ if(v == NULL){ v = malloc(sizeof(struct node)); if(v == NULL) exit(1); v->key = x; v->left = NULL; v->right = NULL; } else if(x < v->key) v->left = insert(x, v->left); else v->right = insert(x, v->right); return v; } void traverse_tree(struct node *v){ if(v != NULL){ printf("%d ", v->key); traverse_tree(v->left); traverse_tree(v->right); } } </pre>	<pre> struct node *delete_v(struct node *v){ struct node *c; if(v == NULL) return NULL; if(v->left == NULL){ c = v->right; free(v); return c; } v->left = delete_v(v->left); return v; } </pre>

図: AVL 木

問2. 下記のプログラムはC言語による記述で、x_sort は data[0]~data[n-1]に格納された整数値、heap_sort は data[1]~data[n]に格納された整数値をそれぞれ降順に整列する。各問に答えよ。

- (1) プログラムが完成するように空欄アとイを埋めよ。
- (2) 以下のように宣言された配列 data に対して関数 x_sort(data, 6)を呼び出した。for 文の i の各値における反復処理において、プログラム中の/*p1*/における配列 data の値を解答欄の表に記入せよ。なお解答欄の表の上の[数字]が配列の添え字を表す。

```
int data[] = {1, 7, 3, 2, 8, 5};
```

- (3) 以下のように宣言された配列 data に対して関数 heap_sort(data, 5)を呼び出した。2番目の while 文の開始直後(プログラム中の/*p2*/)における配列 data の値を n の各値に対応させて解答欄の表に記入せよ。

```
int data[] = {-1, 7, 3, 2, 1, 5};
```

- (4) ここに示した x_sort の最良時間計算量と最悪時間計算量をそれぞれ以下から選び記号で答えよ。ただし整列する整数値の個数を n とする。

- (a) $O(1)$ (b) $O(\log n)$ (c) $O(n)$ (d) $O(n \log n)$ (e) $O(n^2)$ (f) $O(n^3)$

<pre> void x_sort(int data[], int n){ int i, j, x; for(i = 1; i <= n-1; i++){ x = data[i]; j = i; while((j-1) >= 0 && data[j-1] < x){ [ア]; j--; } data[j] = x; /*p1*/ } } </pre>	<pre> void heap_sort(int data[], int n){ int i, j, k, x; for(k = n/2; k > 0; k--){ i = k; x = data[i]; while((j = 2*i) <= n){ if(j < n && data[j+1] < data[j]) j++; if(x <= data[j]) break; data[i] = data[j]; i = j; } data[i] = x; } while(n > 1){ /*p2*/ x = data[n]; data[n] = data[1]; n--; [イ]; while((j = 2*i) <= n){ if(j < n && data[j+1] < data[j]) j++; if(x <= data[j]) break; data[i] = data[j]; i = j; } data[i] = x; } } </pre>
---	--

問題用紙

試験
科目

オペレーティングシステム

問1 プロセスの処理状況および割り込み発生状況と対応する処理内容が以下の場合、下記の設問に答えよ。

<プロセスの処理状況>

下記の3つのプロセスが同時にREADY状態から始まる。ただし、プロセスの優先度は、値が大きいほど高いとする。プロセッサ処理のいかなる時点においてもプリエンプションは可能で、かつタイムスライス間隔は0.25秒の場合を考える。

- ・プロセスA（優先度4）は、プロセッサ処理0.1秒と入出力待ち0.75秒を繰り返す。
- ・プロセスB（優先度3）は、プロセッサ処理0.3秒と入出力待ち0.8秒を繰り返す。
- ・プロセスC（優先度2）は、プロセッサ処理0.45秒と入出力待ち0.5秒を繰り返す。

<割り込み発生状況と対応する処理内容>

次のように割り込みが発生し、割り込みに対応する処理が行われる。なお、割り込みレベルは、値が大きいほど高いとする。

- ・開始から0.5秒後に割り込みPが発生（割り込みレベル4）
- ・割り込みPに対応する処理は0.3秒間の処理（ただし、最初の0.2秒間はプログラムの走行レベルを変更せず、残りの0.1秒間は走行レベルを1に変更して処理を行う）

（設問1-1）割り込みPに対応する処理の終了直後に走行するプロセスはどれか。

（設問1-2）初めてタイムスライス機能が働くのは、何秒後で、タイムスライス直前まで走行していたプロセスはどれか、またタイムスライス直後に走行するプロセスはどれか。もし、タイムスライス機能が働かない場合は、「なし」とし、その理由を記せ。

（設問1-3）初めてプリエンプション機能が働くのは、何秒後で、プリエンプション直前まで走行していたプロセスはどれか、またプリエンプション直後に走行するプロセスはどれか。もし、プリエンプション機能が働かない場合は、「なし」とし、その理由を記せ。

（設問1-4）プロセッサが最初にアイドル状態（実行するプロセスが存在しない状態）になるのは、何秒後か。また、そのときのアイドル状態の長さは何秒か。もし、アイドル状態にならない場合は、「なし」と記せ。

問2 例外と割り込みに関する以下の設問に答えよ。

（設問2-1）例外と割り込みの発生要因について、それぞれ説明せよ。

（設問2-2）割り込み処理において、割り込み番号5の割り込みが発生したときに、0x8a00番地のプログラム（割り込み番号5に対応する処理を実行するプログラム）が起動されるまでの処理の流れを説明せよ。また、この処理で参照される割り込みベクタ表の番地を答えよ。ただし、割り込みベクタ表の先頭番地を0x1200、1エントリの大きさを4バイトとする。また、このプロセッサでは、割り込み番号は1番から始まるものとする。

問3 ファイル実体の管理において、等分割された領域の大きさが16KBで、「ファイル実体の格納位置に関する情報」の大きさが16エントリの場合、以下の設問に答えよ。

（設問3-1）全エントリで直接管理を行う場合、管理できるファイル実体の最大の大きさを示せ。

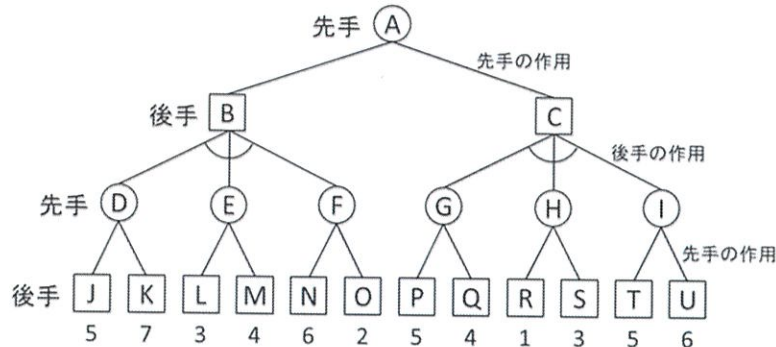
（設問3-2）最初の14エントリで直接管理、次の1エントリで1次の間接管理、次の1エントリで2次の間接管理を行う場合、管理できるファイル実体の最大の大きさと、その計算式を示せ。ただし、間接管理において、間接表の1エントリは8バイトとする。

問題用紙

試験
科目

人工知能

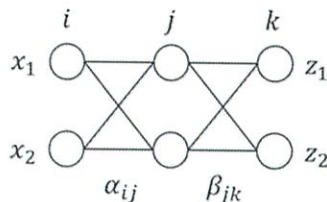
問 1. 2人のプレイヤーが交替で手を打つゲームについて、遷移状態を木構造で表したゲーム木の探索を考える。下図は、先手の現在の局面 A から 3 手先の局面を示している。葉ノードの下の数字は、先手から見た 3 手先の評価値であり、評価値が大きいほど先手が有利であることを表している。



- (1) ミニマックス法を用いて探索を行うとき、以下の問いに答えよ。
 - (a) ノード D とノード B の評価値を求めよ。
 - (b) 3 手先までの手をノードの列 (A → B → … など) で表せ。
- (2) アルファ・ベータ法を用いて探索を行うとき、以下の問いに答えよ。
 - (a) 次の文の空欄に当てはまるものを、最大化と最小化から選んで答えよ。
後手による評価値の [] 局面において先手の作用を枝刈りすることをベータカットと呼ぶ。
 - (b) 左側から深さ優先探索するとき、ベータカットにより探索されないノードを全て答えよ。
 - (c) 左側から深さ優先探索するとき、アルファカットにより探索されないノードを全て答えよ。

問 2. 誤差逆伝播法による多層ニューラルネットワークの学習について考える。

- (1) シグモイド関数 $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ について、以下の問いに答えよ。
 - (a) シグモイド関数 $y = f(x)$ の概形を図に書き込め。但し、 y 切片の値も書き込むこと。
 - (b) シグモイド関数の微分 $y = f'(x)$ の概形を図に書き込め。但し、 y 切片の値も書き込むこと。
- (2) 入力層、中間層、出力層の 3 層からなる下図のニューラルネットワークを考える。



入力層の i 番目 ($i = 1, 2$) のユニットの入力を x_i とし、中間層の j 番目 ($j = 1, 2$) のユニットの入力 u_j と出力 y_j を

$$u_j = \sum_{i=1}^2 \alpha_{ij} x_i, \quad y_j = f(u_j)$$

とする。出力層の k 番目 ($k = 1, 2$) のユニットの入力 v_k と出力 z_k を

$$v_k = \sum_{j=1}^2 \beta_{jk} y_j, \quad z_k = f(v_k)$$

とする。ここで α_{ij} および β_{jk} は、入力層の i 番目のユニットと中間層の j 番目のユニットの結合重み、および、中間層の j 番目のユニットと出力層の k 番目のユニットの結合重みである。また、活性化関数 f として、(1) のシグモイド関数を用いる。損失関数 E を出力 z_k と教師信号 t_k の二乗誤差

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^2 (z_k - t_k)^2$$

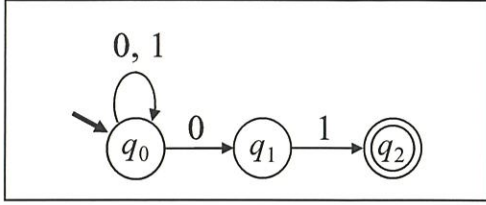
とするとき、結合重みの更新量を求めるための勾配 $\frac{\partial E}{\partial \beta_{11}}$ と $\frac{\partial E}{\partial \alpha_{21}}$ を計算せよ。

- (3) 活性化関数としてシグモイド関数を用いたときに、層の深いニューラルネットワークにおいて生じる勾配消失問題について、(1) と (2) の結果に触れながら説明せよ。

問題用紙

試験科目 オートマトンと言語理論

問1 下図の非決定性有限状態オートマトン M について、下記の(1)(2)(3)(4)に答えよ。



ただし、図中の記号の意味は次とする。



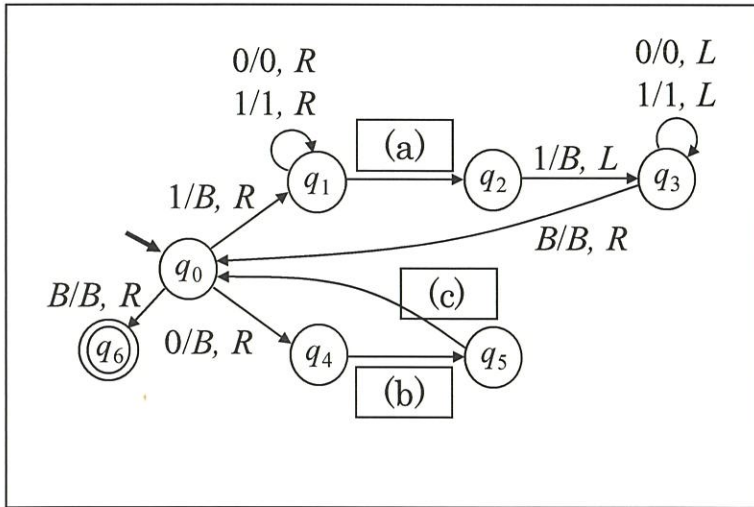
- (1) M に入力 001 を与えた後の状態集合を書き、入力が受理されるか否かを答えよ。
- (2) M によって受理される言語 $L(M)$ を書け。
- (3) M と等価な正規表現を書け。
- (4) M と等価な決定性有限状態オートマトンの状態遷移図を書け。

問2 (1) 文脈自由文法 G の書き換え規則 P が下記の(a)(b)(c)のようにそれぞれ与えられるとき、 G によって生成される言語 $L(G)$ をそれぞれ書け。なお、 S, A, B は非終端記号、 a, b は終端記号、 S は開始記号である。

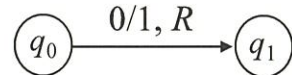
- (a) $S \rightarrow aSb | \epsilon$
- (b) $S \rightarrow aaSb | ab$
- (c) $S \rightarrow AB, A \rightarrow a | \epsilon, B \rightarrow b | BB$

(2) (c)のチョムスキー標準形を書け。

問3 言語 $L = \{1^n 0^{3m} 1^n | n \geq 0, m \geq 0\}$ を受理する下図のチューリングマシン (TM) について、下記の(1)(2)(3)に答えよ。



ただし、TMのテープヘッドの右への移動を R 、左への移動を L と表し、動作関数 $\delta(q_0, 0) = (q_1, 1, R)$ は、下記のように図示するものとする。



また、テープ上の記号の集合を $\{0, 1, B\}$ 、 B を空白記号とする。

- (1) 図中の(a)(b)(c)の空欄を埋めてTMを完成させよ。
- (2) 記号列 10001 を入力して受理されるまでにテープ上の1が B に書き換えられる回数を書け。
- (3) 記号列 1100011 を入力して受理されるまでに状態 q_0 に到達する回数を書け (開始時を含む)。