

受験番号		氏名	
------	--	----	--

2022年度大学院自然科学研究科博士前期課程
電子情報システム工学専攻（情報系）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19日（木）13:00～15:30
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 行列 A とベクトル b を次のように定める.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

以下の問に答えよ. ただし, 記号 $\|\cdot\|$ はベクトルのユークリッドノルムを表す.

- (1) A の固有値をすべて求めよ.
- (2) $A = Q\Lambda Q^T$ を満たす直交行列 Q と対角行列 Λ の組を一つ求めよ.
- (3) 上で求めた Q と Λ に対し, $\|\Lambda y - Q^T b\|$ を最小にするベクトル y の中で $\|y\|$ が最小のものを求めよ.
- (4) $\|Ax - b\|$ を最小にするベクトル x の中で $\|x\|$ が最小のものを求めよ.

問2 区間 $[-1, 1]$ 上の関数 $h(x) = 1 - |x|$ について, 以下の問に答えよ. ただし, 区間 $[-1, 1]$ 上の関数 $f(x), g(x)$ の内積を $(f, g) = \int_{-1}^1 f(x)g(x)dx$ で定義し, $f(x)$ のノルムを $\|f\| = \sqrt{(f, f)}$ で定義する.

- (1) $\|h\|^2 = (h, h)$ の値を求めよ.
- (2) $h(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos k\pi x$ を満たす定数 a_k ($k = 0, 1, 2, \dots$) の値を求めよ.
- (3) 上の結果と $\|h\|^2 = (h, h) = \left(\frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos k\pi x, \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos k\pi x \right) = \frac{a_0^2}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k^2$ が成り立つことを利用して $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^4}$ の値を求めよ.

試験科目 コンピュータアーキテクチャ

解答は全て解答用紙の該当欄に記入すること。

問1

- (1) 10進数の54、5.375、-30、-54を2進数で表現せよ。ただし、負の数は2の補数を用いて8ビットの2進数で表現すること。
- (2) 加算器を用いて以下の演算を行いたい。コンピュータ内の計算を模擬し、(a) 54-30、(b) -30-54の演算を2の補数を用いて筆算で計算せよ。尚、ビット数は8とする。筆算が終わったら「答え」の欄に計算結果を示すこと。

問2 10進数 154 を16進数に、16進数 FA を10進数に直せ。

問3 IEEE 754規格の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。(a) 右の値を10進数に直せ。



また (b) -2.5を単精度浮動小数点で表現せよ。なお、指数部は127増しのバイアス(ゲタばき)で表現される。

問4 あるコンピュータの命令セットは、A、B、Cの3クラスに分類され、それぞれのクラスのCPI (clock cycles per instruction) は1.0、2.0、3.0となっている。このコンピュータには2種のコンパイラ (コンパイラ1とコンパイラ2) が存在し、あるプログラムをコンパイルしてコード系列を生成すると、A、B、Cの各命令クラス別の実行命令数は、コンパイラ1ではそれぞれ 6.0×10^9 、 3.0×10^9 、 1.0×10^9 となり、コンパイラ2では 9.5×10^9 、 1.5×10^9 、 0.5×10^9 となる。このコンピュータにおいて、下記の (1)、(2) の設問に答えよ。

- (1) コンピュータのクロック周波数は4.0GHzである。このプログラムの実行全体における、実行命令数、CPUクロックサイクル数、実行時間、CPI、MIPS (million instructions per second) 値を、それぞれのコード系列に対応して求め、表内に記入せよ。MIPS値は整数で、CPIは有効数字3桁で求めよ。
- (2) このプログラムに関して、コンパイラ1とコンパイラ2のどちらの生成したコードが性能で優れているかを、その理由とともに示せ。

問5 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4.0GHz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)~(4) 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。MIPS値は整数で求めよ。

- (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(命令当りの平均クロック・サイクル数)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 β_1 は、その容量に応じて図1のようなになる。1次キャッシュの容量が16Kバイトの場合、このコンピュータのCPIを求めよ。また、この場合の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1次キャッシュの容量のみを変更するとすれば、どれだけの容量にすればよいか(単位はKバイト)。
- (4) 上記の (2) の構成に対して、1次キャッシュと主記憶との間に2次キャッシュを追加する。この2次キャッシュのアクセス時間はヒットの場合もミスの場合も10.0nsである。1次キャッシュでミスが発生した場合に2次キャッシュがアクセスされ、2次キャッシュでもミスが発生した場合には主記憶がアクセスされる。また、(1) のプログラムを実行した場合、2次キャッシュでもミスが発生して主記憶へのアクセスが必要となる割合(つまり2次キャッシュの大域的ミス率 β_2)は図2で示される。1次キャッシュの容量が16KバイトのままMIPS値を430以上にするためには、2次キャッシュの容量は最低でどれだけあればよいか(単位はKバイト)。

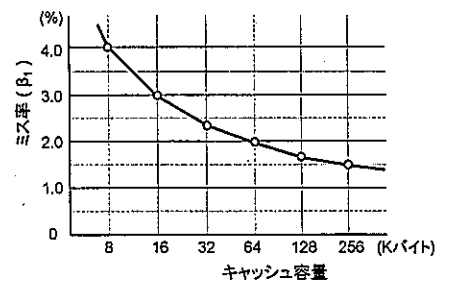


図1 1次キャッシュのミス率

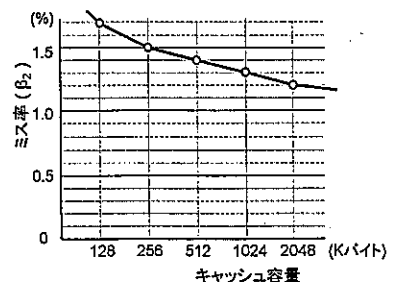


図2 2次キャッシュの大域的ミス率

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, 10, 7, 4, 3, 1, 8, 12, 11, 9, 2, 6 をこの順に挿入する。全て挿入後の2分探索木を図1のような木で示せ。
- (2) (1)で得られる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。
- (3) delete_min は、与えられた2分探索木から最小の key をもつ節点を一つ削除する。プログラムが完成するように空欄アとイを埋めよ。
- (4) 図2の2分探索木はAVL木である。これに9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。

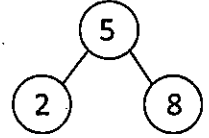


図1: 2分探索木の例

```

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);
    }
}
    
```

```

struct node *delete_min(struct node *v){
    struct node *c;
    if(v == NULL) return NULL;
    if(v->left == NULL){
        ア; free(v); return c;
    }
    v->left = delete_min(v->left); イ;
}
    
```

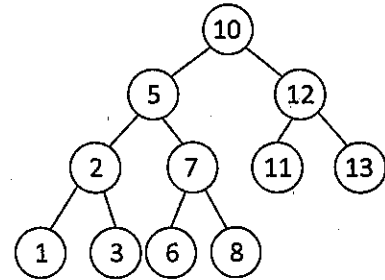


図2: AVL木

問2. 下記のプログラムはC言語による記述で、x_sort も merge_sort も配列 data に格納された整数値を降順に整列する。また data と同じサイズの整数配列 tmp が宣言されている。各問に答えよ。

- (1) プログラムが完成するように空欄ア〜ウを埋めよ。
- (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, 8, 5, 3, 7, 6};
```

- (3) 以下のように宣言された配列 data に対して関数 merge_sort(data, 0, 3) を呼び出した。プログラム中の /*p2*/ において配列 data の値を出力する場合、出力される値を出力順に解答欄の表に上から記入せよ。

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

- (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) $O(n^3)$

```

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){
            data[j] = data[j-1]; j--;
        }
        ア;
        /*p1*/
    }
}
    
```

```

void merge_sort(int data[], int left, int right){
    int middle, i, j, k, p;
    if(left < right){
        middle = (left+right)/2;
        merge_sort(data, left, middle);
        merge_sort(data, イ, right);
        p = 0;
        for(i = left; i <= middle; i++) tmp[p++] = data[i];
        i = middle + 1; j = 0; k = left;
        while(i <= right && j < p)
            if(tmp[j] >= data[i]) data[k++] = tmp[j++];
            else data[k++] = ウ;
        while(j < p) data[k++] = tmp[j++];
    }
    /*p2*/
}
    
```

問題用紙

試験
科目

オペレーティングシステム

問1 各プロセスの処理状況が以下の場合について、下記の設問に答えよ。

＜プロセスの処理状況＞

下記の4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。初期状態において、優先度2のREADY状態キューはプロセスB、プロセスCの順序でつながれているとする。また、READY状態キューは、FIFOによるキュー操作を仮定する。さらに、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不可能で、かつタイムスライス間隔が0.4秒の場合を考える。

- ・プロセスA(優先度3)は、プロセッサ処理0.2秒と入出力待ち0.8秒を繰り返す。
- ・プロセスB(優先度2)は、プロセッサ処理0.7秒と入出力待ち0.3秒を繰り返す。
- ・プロセスC(優先度2)は、プロセッサ処理0.3秒と入出力待ち1.0秒を繰り返す。
- ・プロセスD(優先度1)は、プロセッサ処理1.0秒と入出力待ち0.2秒を繰り返す。

(設問1-1) 最初の2秒間にタイムスライスは何回発生するか。

(設問1-2) タイムスライス機能により、走行するプロセスが初めて変化する(つまり、別プロセスへのプロセス切り替えが初めて発生する)のは、何秒後で、どのプロセスからどのプロセスへの切り替えが行われるか。もし、このような場合がまったく発生しない場合は、「なし」とし、その理由を記せ。

(設問1-3) プロセスBの最初のプロセッサ処理(0.7秒)が終了するのは、何秒後か。

(設問1-4) 2秒後にRUN状態にあるプロセスはどれか。全てのプロセスがWAIT状態の場合は、「なし」と記せ。

問2 領域の管理に関して、以下の設問に答えよ。

(設問2-1) 内部断片化と外部断片化について、それぞれどのような領域管理で発生するのか説明せよ。また、それぞれの断片化で問題が生じた場合の状態について説明せよ。

(設問2-2) 内部断片化の影響が特に大きくなる事例を1つ挙げよ。

(設問2-3) メモリの領域管理において、領域の管理単位の1ページの大きさを大きくしたページ(ここでは、Huge Pageと呼ぶ)を導入することが考えられる。Huge Pageを導入する利点と欠点を1つずつ説明せよ。

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12KBで、「ファイル実体の格納位置に関する情報」の大きさが6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3エントリで直接管理、次の2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4バイトとする。

(設問3-3) 直接管理と間接管理を組み合わせる場合、後半のエントリを間接管理とする理由を示せ。

問題用紙

試験科目	人工知能
------	------

問 1 A* アルゴリズムによって、8 パズルを解く場合を考える。いま、1~8 が各駒を表し、0 が空白を表すものとし、初期状態と目標状態がそれぞれ図 1, 2 のように与えられるとする。

1	4	2
3	0	7
6	8	5

図 1: 初期状態

0	1	2
3	4	5
6	7	8

図 2: 目標状態

1	4	2
3	8	7
6	5	0

図 3: UL 状態

空白 (0) に隣接する駒 1 つを空白の位置に移動する操作を単位操作と呼ぶ。単位操作は 4 種類あり、駒の動く方向によって、U(up), D(down), L(left), R(right) と表す。初期状態 (S) に単位操作の列を適用して得られる状態を単位操作の列で表し、以下では状態ラベルと呼ぶ。例えば、図 3 の状態は、初期状態に 2 つの単位操作 U, L をこの順に適用して得られた場合、状態ラベルは UL である。

ここで、単位操作の直後にその逆の単位操作を行うことは、無駄であるため考えない。また、複数の手順によって同じ配置が生じる場合には、最初に登場した状態ラベルを用いるものとする。このとき、初期状態から目標状態に至る手順 (単位操作の列) の中で、手順の長さが最小となるものを求める。

(1) 関数 \hat{h} は、各駒の現在の位置と目標状態での位置との間の距離の総和を表す。ここで、 m 行 n 列にある駒と、 s 行 t 列にある駒の距離 L は、 $L = |m - s| + |n - t|$ と定義する。この時、 \hat{h} をヒューリスティック関数として用いて A* アルゴリズムを動作させた場合について、以下の間に答えよ。

なお、OPEN リストとは探索すべき状態のリストであり、OPEN リスト内はコスト推定値 (初期状態からの手順の長さ + ヒューリスティック関数の和) で順序付けする。また、コスト推定値が同じ状態間では、状態ラベルを英単語と見た場合の辞書式順列により順序付けする。また、OPEN を (DL(8) R(9) UU(12)) のように、「状態ラベル (コスト推定値)」を要素とするリストで表すとする。OPEN の初期値は、(S(6)) である。

- (a) 最初から 5 回目の探索までのノード展開について、OPEN の変化を示せ。
 - (b) 最初から 5 回目の探索までに展開した状態の中で、 \hat{h} が 4 以下であるものを、OPEN リストに登録される順に全て示せ。
 - (c) 初期状態から目標状態までの手順を、単位操作の系列 (例えば、DLLUU など) で示せ。
- (2) 図 1 の初期状態から図 2 の目標状態への手順を、(a) 最良優先探索、(b) 幅優先探索、(c) 山登り法、の各探索法で解く場合を考える。この時、各探索法を実現するために、(1) の A* アルゴリズムをどのように変更すればよいか述べよ。

問 2 ニューラルネットワークの学習方法として、誤差逆伝播法がある。この方法において、中間層の i 番目のニューロンと、出力層の j 番目のニューロンをつなぐシナプス結合荷重 $w_{i,j}$ は、以下の式を使って繰り返し更新する。

$$w_{i,j} \leftarrow w_{i,j} - \eta \delta_j o_i$$

ただし、 η ($0 < \eta \leq 1$) は学習率、 o_i は中間層の i 番目のニューロンの出力信号である。また、ニューロンの出力信号は、入力信号 x を変数とする活性化関数 f によって得られ、変数 δ_j は、出力層の j 番目のニューロンへの入力信号 x_j による活性化関数 f の一次導関数に比例する。

$$\delta_j \propto \frac{\partial f(x_j)}{\partial x_j}$$

以下の間に答えよ。

- (1) 学習率 η を 0 に近い値にした場合、逆に 1 に近い値にした場合、それぞれどのような学習が行われると考えられるか述べよ。
- (2) 以下の (a)~(d) に示す 4 つの関数は、活性化関数として用いられる。このうち、誤差逆伝播法によるネットワークの学習において、適切ではない活性化関数 $f(u)$ (u : 変数) を以下から選べ。また、その理由を述べよ。

- (a) シグモイド関数 (b) tanh 関数 (c) ステップ関数 (d) ソフトプラス関数

$$f(u) = \frac{1}{1 + e^{-u}}$$

$$f(u) = \frac{e^u - e^{-u}}{e^u + e^{-u}}$$

$$f(u) = \begin{cases} 1 & : u > 0 \\ 0 & : u \leq 0 \end{cases}$$

$$f(u) = \log(1 + e^u)$$

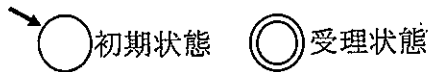
問題用紙

試験科目 **オートマトンと言語理論**

問1 非決定性有限状態オートマトン $M = (\{q_0, q_1, q_2\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_2\})$ の状態遷移関数 δ を次の表のとおり与える。表中、 \emptyset は遷移先がないことを表す。下記の(1)(2)(3)(4)に答えよ。

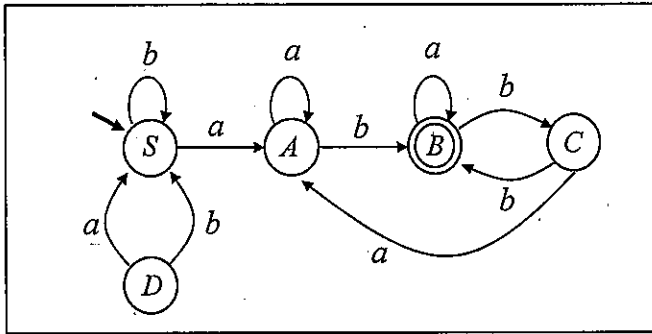
		入力	
		a	b
状態	q_0	$\{q_1, q_2\}$	\emptyset
	q_1	$\{q_1, q_2\}$	$\{q_1\}$
	q_2	$\{q_2\}$	\emptyset

(1) M の状態遷移図を書け。ただし、初期状態と受理状態は下の表記とすること。



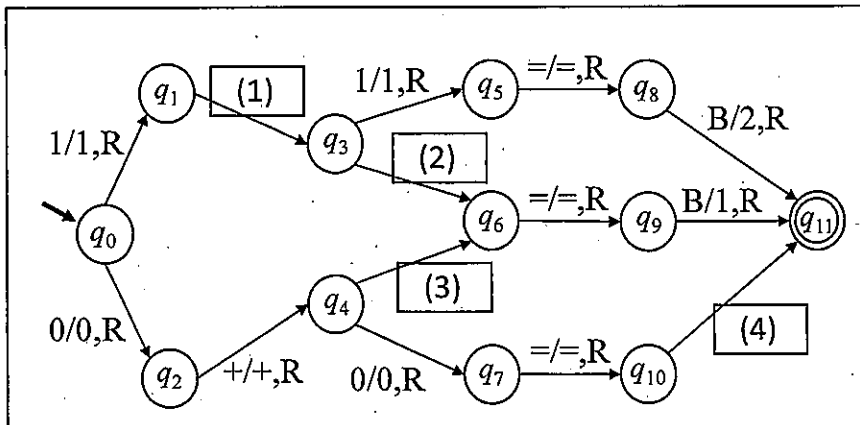
- (2) M に入力 aba を与えた後の状態集合を書き、入力が受理されるか否かを答えよ。
- (3) M が受理する言語を正規表現で書け。
- (4) M と等価な決定性有限オートマトンの状態遷移図を書け。

問2 次の状態遷移図で示される決定性有限状態オートマトンについて、下記の(1)(2)に答えよ。

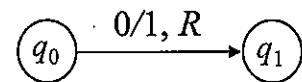


- (1) 最簡形の状態遷移図を書け。
- (2) (1) が受理する言語を生成する正規文法を書け (生成規則のみを示せばよい)。

問3 下図はテープ上に書かれた2つの数字(いずれも0または1である)の加算の式(例えば, "0+1=")の演算結果を "=" の右隣に出力するチューリングマシン(TM)の状態遷移図である。図中の(1)(2)(3)(4)の空欄を埋めてTMを完成させよ。



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 $\{0, 1, 2, +, =, B\}$ 、 B を空白記号とする。