

受験 番号		氏 名	
----------	--	------------	--

2023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24日（水）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 ベクトル $a_1 = (1, -2, 3, -3)^T$, $a_2 = (2, 3, -1, 1)^T$, $a_3 = (3, 2, 1, -1)^T$ によって張られるベクトル空間を V とする。以下の問に答えよ。

- (1) V の基底を求めよ。
- (2) V の直交基底を求めよ。
- (3) ベクトル $b = (2, 0, 2, 3)^T$ の V 上への射影を求めよ (すなわち, $\|b - x\|$ を最小にする $x \in V$ を求めよ)。ただし $\|\cdot\|$ はユークリッドノルムを表す。

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

- (1) k と l を異なる正整数とすると、 $\left(\sin \frac{k\pi x}{2}, \sin \frac{l\pi x}{2}\right) = 0$ であることを、内積の定義に従って積分を計算することにより示せ。
- (2) k を正整数とすると、 $\left(\sin \frac{k\pi x}{2}, \sin \frac{k\pi x}{2}\right)$ の値を求めよ。
- (3) 次式で定義される区間 $[-2, 2]$ 上の関数 $h(x)$ に対して $h(x) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin \frac{k\pi x}{2}$ を満たす b_k ($k = 1, 2, \dots$) の値を求めよ。

$$h(x) = \begin{cases} x+2, & -2 \leq x < -1 \text{ のとき} \\ -x, & -1 \leq x \leq 1 \text{ のとき} \\ x-2, & 1 < x \leq 2 \text{ のとき} \end{cases}$$

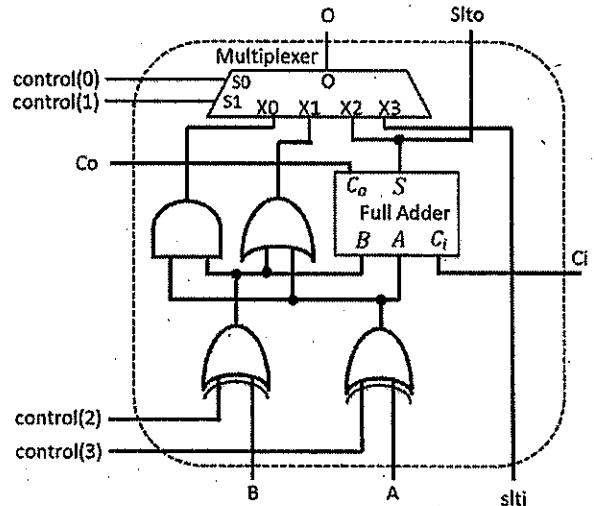
試験科目 コンピュータアーキテクチャ

解答は全て解答用紙の該当欄に記入すること。

- 問1
- (1) 10進数である10.6875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、 -10.6875 を小数点以下を6桁とする12桁の2進数で表現せよ。
 - (3) 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、(3-a) $15 - 10.6875$ 、(3-b) $8 - 10.6875$ の演算を2の補数を用いて筆算で行え。尚、総桁数は12桁とし、小数点以下を6桁とする。最後に筆算から導き出せる演算結果を解答欄に示すこと。

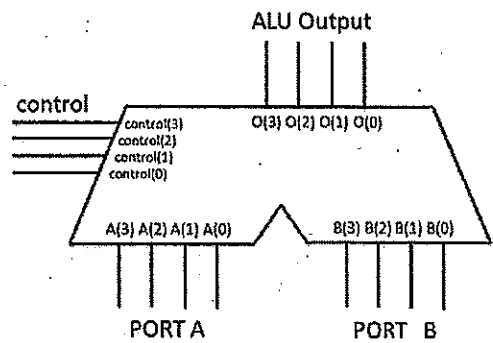
- 問2 IEEE 754規格の単精度浮動小数点は符号ビット、指数部(8bit)、仮数部(23bit)で表現される。(1) 40.5を単精度浮動小数点で表現せよ。また、(2) 右上の図に示した値を10進数に直せ。なお、指数部は127増しのバイアス(ゲタばき)で表現される。
- | | | |
|----|----------------|-------------------------|
| 符号 | 指数部
(8 bit) | 仮数部(23 bit) |
| 1 | 10000001 | 01000110000000000000000 |

- 問3 1bit ALU(Arithmetic and Logic Unit)のブロック図を図(a)にまた、図(a)の1bit ALUを4つ用いた4bit ALUのブロック図を図(b)に示す。図(a)のMultiplexer(マルチプレクサ)のS1, S0は制御信号、X0, X1, X2, X3は入力信号、Oは出力信号を表す。そして、S1=0, S0=0の時にX0, S1=0, S0=1の時にX1, S1=1, S0=0の時にX2, S1=1, S0=1の時にX3がOに出力されるものとする。またFull Adder(全加算器)のSは加算出力、Coはキャリー出力、A, Bは入力信号、Ciはキャリー入力とする。



図(a)

- (1) Full Adder の加算出力Sとキャリー出力Coの簡単化された論理関数式を示せ。
- (2) 図(a)のALUで実行できる命令は加算(ADD: $A+B$)、減算(SUB: $A-B$)、論理演算のAND, OR, NOR及びSLT(Set Less Than)命令である。これらの命令はcontrol(3)~(0)の4bitのコードにより選択される。このcontrol(3)~(0)の4bitの各コードに対応する命令(ADD, SUB, AND, OR, NOR, SLT)を解答欄の表の中に記入せよ。
- (3) 図(a)の1bit ALUを用いて図(b)に示す4bit ALUを実現したい。ここで、ALUの入力(PORT A)をA(3)~A(0)で、ALUの入力(PORT B)をB(3)~B(0)で、ALUの出力をO(3)~O(0)で、ALUの制御信号をcontrol(3)~ control(0)で表す。解答欄に示すブロック図に必要な配線を追加し、4bit ALUを完成させよ。すなわち、control(3), control(2), control(1), control(0)の配線、キャリーチェーン、SLT命令の配線sltiとsltoを正しく接続し、回路図を完成させよ。尚、0に固定すべき信号線には0と記述し、開放しておくべき信号線はそのままにしておいて良い。



図(b)

- 問4 CPUと主記憶の間に1次キャッシュと2次キャッシュが存在するコンピュータがある。このマシンでは、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2次キャッシュがアクセスされる。求めるデータが1次キャッシュにも2次キャッシュにも保持されていない場合にはさらに主記憶がアクセスされる。2次キャッシュ、主記憶のアクセスにはそれぞれ50クロックサイクル、600クロックサイクルを要する。
- もし1次キャッシュが常にヒットすると仮定すればCPIが1.5となるプログラムの実行において、命令あたりの1次キャッシュのミス率が2.0%であり、さらに、2次キャッシュへのアクセスの25.0%でミスが発生して主記憶へのアクセスが必要となる(つまり、2次キャッシュの局所的ミス率が25.0%である)場合、このコンピュータのCPIを示せ。解答には、所定の欄に結果を記入するだけでなく計算の過程も記述すること。

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 10, 2, 8, 3, 5, 12, 6, 1, 7, 4, 11, 9 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) search_node は, 指定した整数値 (x) に等しい key をもつ節点が2分探索木にあれば1, なければ0を返す。プログラムが完成するように空欄アとイを埋めよ。
- (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。

```

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){
        traverse_tree(v->left);
        traverse_tree(v->right);
        printf("%d ", v->key);
    }
}
    
```

```

int search_node(int x, struct node *v){
    while(v != NULL){
        if(x == v->key) return 1;
        else if(x < v->key) ;
        else ;
    }
    return 0;
}
    
```

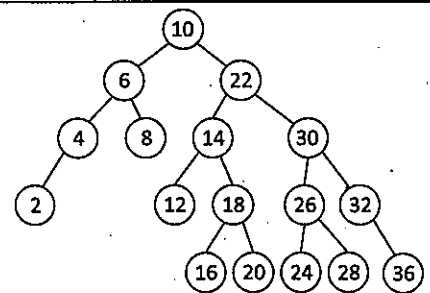


図: AVL 木

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昇順に整列する。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。外の for 文の j の各値における反復処理において, 内の for 文を抜けた直後 (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[] = {5, 3, 7, 2, 8, 1};
```

- (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, 5, 8, 1, 2, 6};
```

- (4) ここに示した x_sort と heap_sort の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 swap(int *a, int *b){
    int x;
    x = *a; *a = *b; *b = x;
}
void x_sort(int data[], int n){
    int i, j;
    for(j = 1; j <= n-1; j++){
        for(i = 0; i <= n-j-1; i++){
            if() swap(&data[i], &data[i+1]);
        }
        /*p1*/
    }
}
    
```

```

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] = ; n--; i = 1;
        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;
    }
}
    
```

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0.2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0.7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0.4秒と入出力待ち0.6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0.35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 ページング方式のアドレス変換において、仮想アドレス $0x36a7a$ （16進表現）が実アドレス $0x827a$ （16進表現）に変換される様子を図に示し、説明せよ。

ただし、ページの大きさは2KBとする。なお、図や説明において、アドレスや数値は16進表現とすること。

問3 以下の設問に答えよ。

（設問3-1）セマフォを実現する際に、テストアンドセット命令を用いることができる。テストアンドセット命令を用いない場合に生じる可能性がある問題を説明せよ。

（設問3-2）例外処理の前処理でレジスタの退避を行い、後処理でレジスタの回復を行う理由を示せ。

問題用紙

試験 科目	人工知能
----------	------

問1

図1は、格子状の地図において各マス目の一部の頂点に節点が配置されている。この時、図1において、出発節点Sから目標節点Gへの経路をA*アルゴリズムによって求める場合を考える。ここで、節点間の移動は、黒太線を通る経路に沿って行い、点線で示される経路は移動できない。また、この移動に伴うコスト(以後、移動コスト)は、節点間のマンハッタン距離とする。すなわち、上下左右いずれも1マス移動すると、マンハッタン距離は1となり、例えば、節点Bから節点Cへの移動は、右に2マス、下に1マス移動となり、この時のマンハッタン距離は2+1=3である。

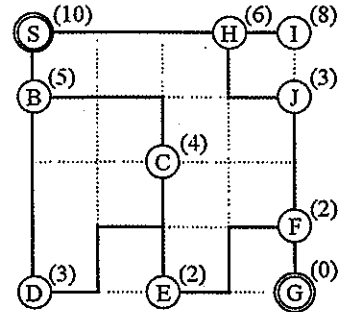


図1

- (1) 関数 \hat{h} は、現在の節点から目標節点までに要すると推定されるコストを表し、図1の各節点の右上にある括弧内の値が、その節点における関数 \hat{h} の値である。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、以下の問(a), (b)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=(出発節点Sから現在の節点に到るまでの移動コストと、ヒューリスティック関数の和)で順序付けするとする。ここで、コスト推定値が同じ節点間では、節点名のアルファベット順により順序付けする。また、OPENを(B(S,6), I(H,12))のように、「現在の節点(その前にいた節点, 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(*,10))である。

次の移動先の節点として、その前にいた節点には戻らない。例えば、出発節点Sから節点Bへ移動した後、次の移動先の節点としては節点C,Dであり、出発節点Sは考慮しない。また、例えば節点Iのように、次の移動先が見つからない場合は、その節点の情報をOPENリストから除き、リストに残っている節点から次の探索を行う。

- (a) 最初から6回目の探索までの展開について、OPENの変化を示せ。
 (b) 出発節点Sから目標節点Gまでの経路を、SからGまでに辿る節点の列(例えば、S → B → ... など)で示せ。
- (2) 図1の出発節点Sから目標節点Gへの経路を、最良優先探索で解く場合を考える。この時、以下の問に答えよ。
 (a) 最良優先探索を実現するために、(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。
 (b) 最良優先探索によって、出発節点Sから目標節点Gまで経路を求め、SからGまでに辿る節点の列で示せ。

問2 N層からなる多階層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、第n層($n=1, \dots, N-1$)のi番目のニューロンと、その次の第n+1層のj番目のニューロンをつなぐシナプス結合荷重 $w_{i,j}^{n,n+1}$ は、以下の式を使って繰り返し更新する。

$$w_{i,j}^{n,n+1} \leftarrow w_{i,j}^{n,n+1} - \eta \delta_j^{n+1} o_i^n \quad (1)$$

ただし、 η ($0 < \eta \leq 1$) は学習率、 o_i^n は第n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、入力信号を変数とする活性化関数 f によって得られ、変数 δ_j^{n+1} は、第n+1層のj番目のニューロンへの入力信号による活性化関数 f の一次導関数 f' に比例する。

$$\delta_j^{n+1} \propto f'(x_j^{n+1}) \quad (2)$$

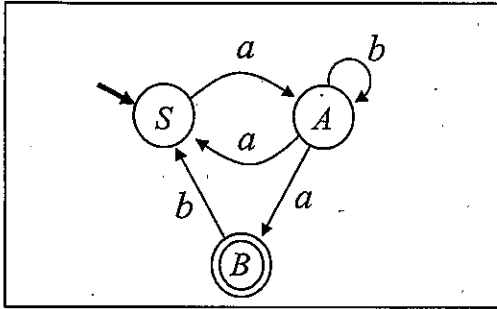
以下の問に答えよ:

- (1) 層数Nが大きくなる、つまり多階層ネットワークの層が深くなると、複雑な問題を解決できる可能性がある。一方、層が深いネットワークにおいて、誤差逆伝播法ではニューロンの学習が進まない問題が生じる。この学習が進まない原因を述べよ。
 (2) 誤差逆伝播法によるネットワークの学習において、活性化関数として用いる関数として満たすべき条件を挙げよ。また、その理由を述べよ。

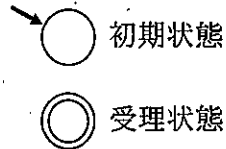
問題用紙

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)に答えよ。

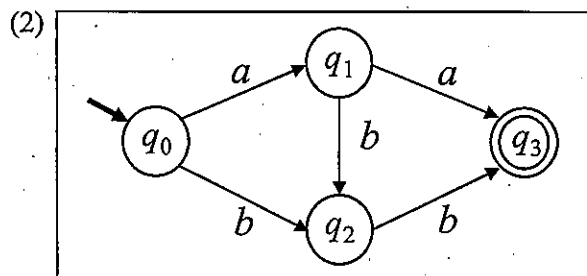
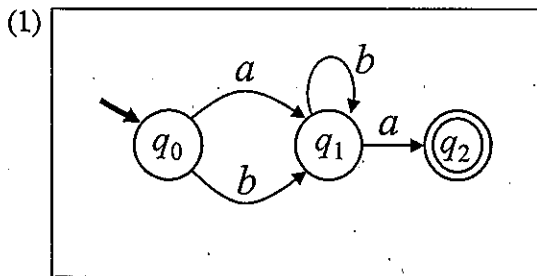


ただし、図中の記号の意味は次とする。



- (1) M に入力 $abba$ 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 を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)。
- (3) 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 下図の(1)(2)の有限状態オートマトンと等価な正規表現をそれぞれ書け。

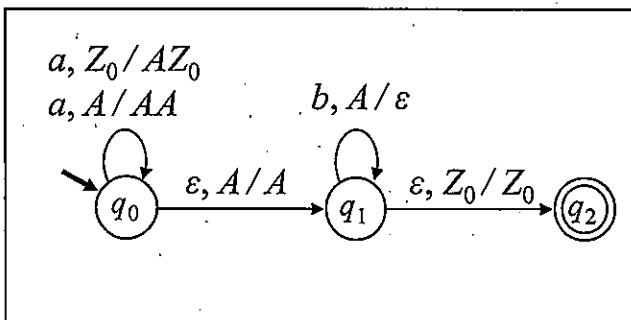


問3 文脈自由文法 $G = \langle \{S, A\}, \{a, b\}, P, S \rangle$ において、生成規則 P が次の通り与えられるとき、下記の(1)(2)(3)(4)に答えよ。

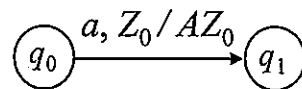
$$S \rightarrow AS|b, \quad A \rightarrow aA|\epsilon$$

- (1) G による語 ab の最左導出を書け。
- (2) G が生成する言語 $L(G)$ がどのような言語であるかを書け。
- (3) G があいまいな文法であることを示せ。
- (4) G をチョムスキー標準形に変換せよ (変換後の生成規則のみを示せばよい)。

問4 下図は言語 $L_1 = \{a^n b^n | n \geq 1\}$ を受理するプッシュダウンオートマトン (PDA) の状態遷移図である。本図を参考にし、言語 $L_2 = \{ab^n ab^n | n \geq 1\}$ を受理する PDA の状態遷移図を書け。



ただし、動作関数 $\delta(q_0, a, Z_0) = (q_1, AZ_0)$ は、下記のように図示するものとする。



また、スタックアルファベットは $\Gamma = \{A, Z_0\}$ であり、 Z_0 はボトムマーカである。