

受験番号		氏名	
------	--	----	--

2026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（水）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 次式で与えられる行列 A の零空間を V とする。すなわち、 $V = \{x = (x_1, x_2, x_3, x_4)^T \in \mathbb{R}^4 \mid Ax = 0\}$ とする。ただし、 $\mathbb{R}^4$ は4次元実数ベクトルの集合を表し、 0 は零ベクトルを表す。以下の問に答えよ。

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 & 0 \\ -1 & 1 & -3 & 3 \\ 1 & 0 & 2 & -1 \\ 1 & 2 & 0 & 3 \end{pmatrix}$$

- (1) ベクトル $x = (x_1, x_2, x_3, x_4)^T \in \mathbb{R}^4$ に関する方程式 $Ax = 0$ の解の一般形を求めよ。
- (2) V の直交基底を求めよ。
- (3) ベクトル $b = (2, 0, 2, 6)^T$ 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 閉区間 $[-1, 1]$ 上の関数

$$f(t) = \begin{cases} t + \frac{1}{2}, & -1 \leq t < 0 \\ 0, & t = 0 \\ t - \frac{1}{2}, & 0 < t \leq 1 \end{cases}$$

のフーリエ級数を $g(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\pi t + b_k \sin k\pi t)$ とおく。ただし

$$a_k = \int_{-1}^1 f(t) \cos k\pi t \, dt \quad (k = 0, 1, 2, \dots), \quad b_k = \int_{-1}^1 f(t) \sin k\pi t \, dt \quad (k = 1, 2, \dots)$$

である。以下の問に答えよ。

- (1) a_k ($k = 0, 1, 2, \dots$) と b_k ($k = 1, 2, \dots$) の値を求めよ。
- (2) $g(-\frac{1}{4}) = \frac{1}{4}$ が成り立つことを利用して次の級数の値を求めよ。

$$\sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m}{2m+1} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \dots$$

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13.6875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、-13.6875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) $A \times B$ の値を単精度浮動小数点(2進数)で表現せよ。

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	10000010	11100000000000000000000		1	01111101	10000000000000000000000

問3 プロセッサの処理が右図の5つに分類できる時、以下の(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。

命令 フェッチ (IF)	レジスタの 読み出し (ID)	ALU操作 (EX)	データ・ア クセス (MEM)	レジスタの 書き込み (WB)
200 ps	100 ps	200 ps	200 ps	100 ps

- (1) あるプロセッサの各ステージの実行時間が上記の表ようになる時、パイプライン処理を用いないときのロード命令(lw 命令)実行時の最大動作周波数とレイテンシーを求めよ。(ps:ピコ秒を意味する)
 (2) (1)のプロセッサに5ステージのパイプライン処理を適用した場合について、プロセッサ実行時の最大動作周波数とレイテンシーを求めよ。ただし、パイプライン化に用いるフリップフロップのセットアップ時間やクロックの立ち上がりからフリップフロップの値が出力されるまでにかかる遅延時間は無視してよい。
 (3) (2)のパイプライン処理において、もし、パイプラインストールが一切ないものとする、パイプライン化する前のプロセッサと比較して、スループットが何倍になるのかを計算せよ。

問4 正負の値を表し、負の値は2の補数表現とする2進数の8bitの整数データ(D7, D6, D5, D4, D3, D2, D1, D0)がある。D0は最下位ビットを表す。このデータを16 bitの演算に用いるために16 bitのデータ長に拡張したい。16 bitのデータはB15～B0で表現し、B0が最下位ビットとする。この拡張には定数値1、定数値0、空欄(何も具体的な値を渡さない)も用いて良い。16 bitのデータ構造に対して、D7～D0、定数値1、定数値0、空欄をB15～B0にどのように割り当てれば良いのかを解答欄に示せ。

問5 符号付きの3bitの値A(a_2, a_1, a_0)と符号付きの3bitの値B(b_2, b_1, b_0)を入力に持ち、加算($A+B$)と減算($A-B$)の双方の演算ができる加減算器を設計したい。出力は3bitの値S(s_2, s_1, s_0)とする。以下の問いに答えよ。

- (1) 解答欄には3つの全加算器のブロック図が示されているので、この全加算器に適切な論理回路を書き加え、相互配線を記載し、加減算器を実現せよ。回路図の表記にはMIL回路記号を用いること。尚、全加算器の回路記号の C_i はキャリー入力、 C_o はキャリー出力、A, Bは2つの入力値、Sは加算結果を表す。各信号線には信号名($a_2, a_1, a_0, b_2, b_1, b_0, s_2, s_1, s_0$)を示すこと。加算、減算を切り替える制御信号はXとし、加算時にXを0、減算時にXを1として設計せよ。
 (2) この加減算器のオーバーフローを検知する回路を設計したい。オーバーフローが発生した時に1となる検知回路を(1)の回路図に加筆せよ。信号名はVとせよ。

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 9, 7, 4, 3, 5, 6, 12, 8, 2, 10, 1, 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 calc_v に渡した時に返される整数値を答えよ。
- (3) 図の AVL 木に 17 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 31 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 calc_v(struct node *v) {
    int leftv, rightv;
    if (v == NULL) return -1;
    leftv = calc_v(v->left); rightv = calc_v(v->right);
    if (leftv > rightv) return 1 + leftv;
    else return 1 + rightv;
}

```

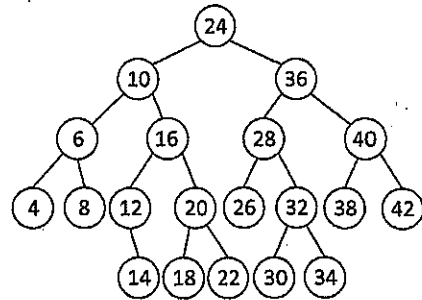


図: AVL 木

問2. 下記のプログラムはC言語による記述で、x_sort 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～エを埋めよ。
- (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, 2, 1, 6, 3, 8};
```

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

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

```

```

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, ウ, 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++] = data[i++];
        while(j < p) data[k++] = エ;
    }
    /*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5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3の READY 状態キューはプロセスA、プロセスBの順序、優先度2の READY 状態キューはプロセスC、プロセスDの順序でそれぞれ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タイムスライス以外でプリエンプションが不可能で、かつタイムスライス間隔が0.3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0.4秒と入出力待ち1.2秒を繰り返す。
- ・プロセスB（優先度3）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C（優先度2）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D（優先度2）は、プロセッサ処理0.5秒と入出力待ち0.5秒を繰り返す。
- ・プロセスE（優先度1）は、プロセッサ処理0.6秒と入出力待ち0.4秒を繰り返す。

<設問>

- (1) プロセスCの2回目のプロセッサ処理（0.2秒間）が終了するのは、何秒後か。
- (2) 3回目にタイムスライス機能が働くのは、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、まったく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。
- (3) プロセスBの2回目のプロセッサ処理が開始するのは、何秒後か。
- (4) プロセスEの最初のプロセッサ処理（0.6秒間）が開始するのは、何秒後か。もし、プロセスEの最初のプロセッサ処理（0.6秒間）が開始しない場合は、「なし」とし、その理由を記せ。

問2 以下の設問に答えよ。

- (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。
- (2) 外部断片化の状況を解消する方法について説明せよ。
- (3) 多重仮想メモリ空間について説明し、その特徴を説明せよ。

問3 下記の設問に答えよ。

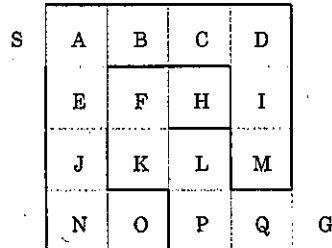
ファイルシステムが多層構造の場合、ファイル名 /usr/home/okadai/src/test-prog/test.c で与えられる通常ファイルについて、そのファイル実体（ここでは、ファイルの先頭ブロック内のデータとする）を読み込むまでに、磁気ディスク装置からのブロック入力は何回発生するか答えよ。なお、1回の入力で一つのファイル管理部を読み込み、各ディレクトリと通常ファイルが持つファイル実体は1ブロックとする。

問題用紙

試験
科目

人工知能

問1. 下図の迷路（太線は壁を表す）について、A*アルゴリズムを用いて、出発節点 S から節点 F を通って目標節点 G に至る経路を求めよ。但し、1文字分の移動を距離1とするマンハッタン距離を考え、迷路中の点 x における評価関数を $f(x) = g(x) + h(x)$ とする。ここで、 $g(x)$ は出発節点 S から点 x までの移動距離とする。また、 $h(x)$ は、点 x が節点 F に到達以前は、迷路に壁が無いと仮定したときの点 x から節点 F までの距離と節点 F から目標節点 G までの距離の和、点 x が節点 F を通過後は、迷路に壁が無いと仮定したときの点 x から目標節点 G までの距離とする。



- (1) 解答用紙のオープンリストとクローズドリストについて、ステップ3からステップ6までの空欄を埋めよ。但し、ステップ1やステップ2と同様に、各節点における評価関数の値を () で表せ。また、評価関数の値が同じときはアルファベット順に探索せよ。
- (2) 出発節点 S から節点 F を通って目標節点 G に至る経路を、S から G までの節点の列として、 $S \rightarrow A \rightarrow \dots \rightarrow G$ のように表せ。

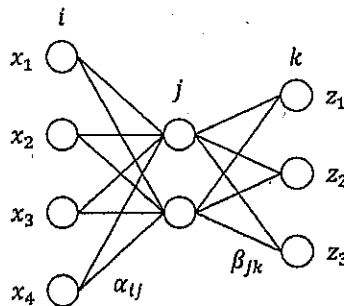
問2. 誤差逆伝播法による多層ニューラルネットワークの学習について考える。

- (1) ハイパボリックタンジェント関数 $f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$ について、以下の問いに答えよ。

(a) ハイパボリックタンジェント関数 $y = f(x)$ の概形を解答用紙の図に書き込め。

(b) ハイパボリックタンジェント関数の微分 $y = f'(x)$ の概形を解答用紙の図に書き込め。

- (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 ($i = 1, 2, 3, 4$) 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

$$u_j = \sum_{i=1}^4 \alpha_{ij} x_i, \quad y_j = f(u_j)$$

とする。出力層の k 番目 ($k = 1, 2, 3$) 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 は(1)のハイパボリックタンジェント関数とし、その微分は $f' = 1 - f^2$ と表される。

損失関数 E を出力層の出力 z_k と教師信号 t_k の二乗誤差の和

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^3 (z_k - t_k)^2$$

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 $\frac{\partial E}{\partial \alpha_{42}}$ を計算せよ。

問題用紙

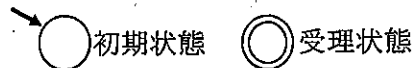
試験
科目

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 $M = (\{S, A, B\}, \{1, 2, 3\}, \delta, S, \{B\})$ 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)(5)に答えよ。

		入力		
		1	2	3
状態	S	{A}	$\emptyset$	$\emptyset$
	A	{A}	{A}	{A, B}
	B	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$

- (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。

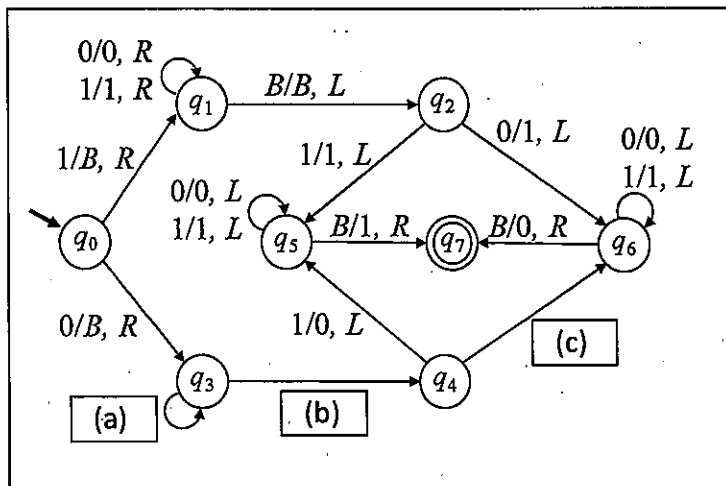


- (2) M に入力 1233 を与えた後の状態集合を書き、入力が受理されるか否かを答えよ。
 (3) M が受理する言語 $L(M)$ を正規表現で書け。
 (4) $L(M)$ を生成する正規文法を書け (生成規則のみを示せばよい)。
 (5) M と等価な決定性有限状態オートマトンの状態遷移図を書け。

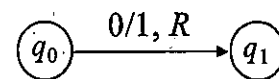
- 問2 次の(1)(2)(3)の言語を生成する文脈自由文法を書け (生成規則のみを示せばよい)。

- (1) $L = \{a^n b^n | n \geq 0\}$
 (2) $L = \{ba^n b^n a | n \geq 1\}$
 (3) $L = \{(ab)^n | n \geq 0\}$

- 問3 下図は、長さ 2 以上の入力記号列 $w \in \{0,1\}^*$ の両端の記号の入れ替えを行うチューリングマシン (TM) である。下記の(1)(2)(3)(4)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 110 を入力した場合、0 から 1 への書き換えが行われた直後に到達する状態を書け。
 (3) ある記号列 w_a を入力すると状態 q_5 に到達した。 w_a の右端の記号を書け。
 (4) 記号列 011 を入力して受理されるまでに、テープ上の入力 0 の部分のマス目書き換えられる回数を書け。