

受験番号		氏名	
------	--	----	--

2024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23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 行列

$$A = \begin{pmatrix} 1/4 & 1/2 & 1/4 \\ 1/2 & 1/2 & -1/2 \\ 1/4 & -1/2 & 1/4 \end{pmatrix}$$

について、以下の問に答えよ。

- (1) 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  $\Lambda$  の組を一つ求めよ。
- (3)  $\lim_{n \rightarrow \infty} A^n$  の値を求めよ。

問2 閉区間  $[-1, 1]$  上の任意の連続関数  $f(x), g(x)$  に対し、 $f(x)$  と  $g(x)$  の内積を  $(f(x), g(x)) = \int_{-1}^1 f(x)g(x)dx$  で定義し、 $f(x)$  のノルムを  $\|f(x)\| = \sqrt{(f(x), f(x))}$  で定義する。いま、閉区間  $[-1, 1]$  上の連続関数  $f_1(x) = x$ ,  $f_2(x) = x^2 - 1/3$ ,  $f_3(x) = x^3 + ax^2 + bx$  ( $a, b$  は定数) が  $(f_1(x), f_3(x)) = (f_2(x), f_3(x)) = 0$  を満たしているとする。以下の問に答えよ。

- (1)  $\|f_2(x)\|^2$  の値を求めよ。
- (2) 定数  $a, b$  の値を定めよ。
- (3) 閉区間  $[-1, 1]$  上の関数  $f_4(x) = x^4$  を関数  $f_1(x), f_2(x), f_3(x)$  の線形結合  $\sum_{i=1}^3 c_i f_i(x)$  で近似したい。近

似誤差  $\left\| f_4(x) - \sum_{i=1}^3 c_i f_i(x) \right\|^2$  を最小にする係数  $c_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) 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進数である7.59375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、 $-7.59375$ を小数点以下を6桁とする12桁の2進数で表現せよ。
- (3) コンピュータ内の計算を模擬し、加算器を用いて以下の演算を行いたい。 $8 - 7.59375$ の演算を2の補数を用いて筆算で行え。なお、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 10進数 79 を16進数に、16進数 AB 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。(1) 25.25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ビット)	仮数部(23ビット)
1	10000110	00101100100000000000000

問4 プロセッサの算術シフト演算、論理シフト演算について以下の問いに答えよ。

- (1) 算術シフト演算と論理シフト演算の違いを説明せよ。
- (2) シフト演算器で割り算を行う場合の制約について述べよ。
- (3) プロセッサに除算器とシフト演算器がある場合、除算器を用いずにシフト演算器で割り算を行う場合の利点を説明せよ。
- (4) 2の補数表現の正負の8bitのデータを取り扱うことができ、0~3ビットの範囲で算術右シフト演算が可能なバレルシフトを設計したい。8bitの入力信号をD0~D7で表し、8bitの出力信号をO0~O7で表す。2つのセレクタが解答欄に記載されているので、不足している配線を補い、算術右シフト演算のバレルシフトを完成させよ。なお、それぞれのセレクタの選択信号SにはS1とS0の選択信号が接続されており、S1=0, S0=0のときにはシフト動作をせず(0ビットシフト)、入力値をそのまま出力、S1=0, S0=1のときに1ビット算術右シフトした結果を出力、S1=1, S0=0のときに2ビット算術右シフトした結果を出力、S1=1, S0=1のときに3ビット算術右シフトした結果を出力するものとする。

セレクタの補足説明: 図に記載されているセレクタは8bitの2つの入力信号のいずれかを選択し、8bitの出力ポートに出力する回路である。Sはどちらの入力信号を選択するかを示す選択信号である。S信号が0のときに入力信号A0~A7をO0~O7に出力し、S信号が1のときに入力信号B0~B7をO0~O7に出力する。ビット単位で考えれば、例えば、S信号が0のときにはA0信号がO0に出力され、S信号が1のときにはB0信号がO0に出力される。

問5 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 $6.0 \times 10^9$ 、 $3.0 \times 10^9$ 、 $1.0 \times 10^9$ となり、コンパイラ2では $8.5 \times 10^9$ 、 $2.5 \times 10^9$ 、 $1.0 \times 10^9$ 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5.0GHz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、解答用紙の表内の空欄に記入せよ。
- (2) このプログラムに関して、コンパイラ1が生成したコードとコンパイラ2が生成したコードのどちらが性能で優れているか。解答用紙の該当欄に、その理由とともに記入せよ。

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 push\_heap と delete\_min はヒープに対する操作の C 言語による記述である。ただし、MAXSIZE は十分大きく、またヒープのための配列 H[MAXSIZE] が宣言されており、そのヒープに蓄えられている整数値データの個数をグローバル変数 n で管理している。また図 1 はヒープの例である。各問に答えよ。

(1) 空 (n = 0) のヒープ H に対して push\_heap により 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 をこの順に挿入する。全て挿入後のヒープ H の配列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。

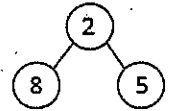


図 1: ヒープの例

(2) H[1]=1, H[2]=2, H[3]=3, H[4]=5, H[5]=4, H[6]=8, H[7]=9, H[8]=7, H[9]=6, H[10]=10 で与えられるヒープ H に対し、delete\_min(H), delete\_min(H), push\_heap(H, 2) をこの順で実行した後のヒープ H の配列の値を解答欄の表に記入せよ。

(3) 図 2 の AVL 木に 2 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 2 の AVL 木に 12 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。

```

void push_heap(int H[], int x) {
    int i, j;
    if(++n < MAXSIZE) {
        H[n] = x; i = n; j = i/2;
        while(j > 0 && x < H[j]) {
            H[i] = H[j]; i = j; j = i/2;
        }
        H[i] = x;
    }
}

void delete_min(int H[]) {
    int i, j, t;
    if(n >= 1) {
        H[1] = H[n--]; i = 1;
        while((j = i*2) <= n) {
            if(j < n && H[j] > H[j+1]) j++;
            if(H[i] <= H[j]) break;
            else {
                t = H[i]; H[i] = H[j]; H[j] = t;
            }
            i = j;
        }
    }
}
    
```

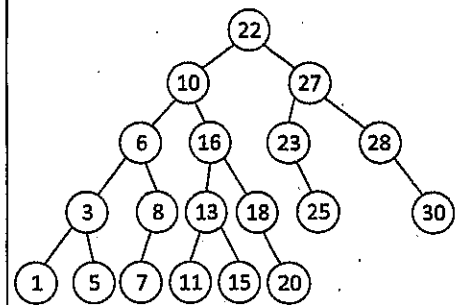


図 2: AVL 木

問2. 下記のプログラムは C 言語による記述で、x\_sort も quick\_sort も data[0]~data[n-1] に格納された整数値を降順に整列する。各問に答えよ。

(1) プログラムが完成するように空欄ア~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。外側の for 文の j の各値に対する反復処理において、swap が実行された直後(プログラム中の /\*p1\*/) の配列 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, 2, 3, 6, 7, 8};
```

(3) 以下のように宣言された配列 data に対して関数 quick\_sort(data, 0, 4) 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, 8, 2};
```

(4) ここに示した x\_sort と quick\_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, min, min_idx;
    for (ア; j > 0; j--) {
        min = data[0]; min_idx = 0;
        for (i = 1; i <= j; i++) {
            if (イ) {
                min = data[i]; min_idx = i;
            }
        }
        swap(&data[min_idx], &data[j]);
        /*p1*/
    }
}

void quick_sort(int data[], int left, int right) {
    int i, j, v;
    if(left < right) {
        v = data[right];
        i = left; j = right;
        while(i <= j) {
            while(data[i] > v) i = i+1;
            while(data[j] < v) j = j-1;
            if (ウ) swap(&data[i++], &data[j--]);
        }
        /*p2*/
        quick_sort(data, left, j);
        quick_sort(data, i, right);
    }
}
    
```

## 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2のREADY状態キューはプロセスB、プロセスCの順序、優先度1のREADY状態キューはプロセスD、プロセスEの順序でそれぞれつなげられているとする。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0.25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0.1秒と入出力待ち0.7秒を繰り返す。
- ・プロセスB（優先度2）は、プロセッサ処理0.2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0.3秒と入出力待ち0.3秒を繰り返す。
- ・プロセスD（優先度1）は、プロセッサ処理0.3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0.2秒と入出力待ち0.8秒を繰り返す。

<設問>

（設問1-1）プロセスB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。

（設問1-2）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。

（設問1-3）プロセスAの2回目のプロセッサ処理が開始するのは、何秒後か。

（設問1-4）プロセスEの最初のプロセッサ処理（0.2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（0.2秒間）が開始しない場合は、「なし」とし、その理由を記せ。

問2 領域管理におけるビットマップ管理法とリスト管理法の長所と短所を説明せよ。

問3 下記の設問に答えよ。

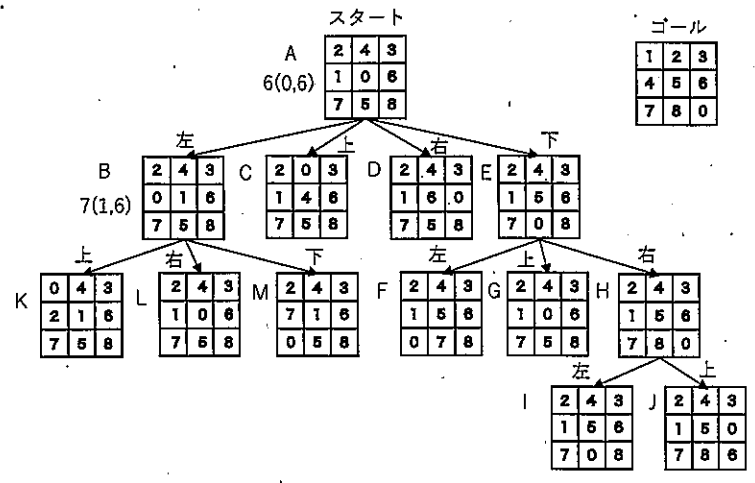
（設問3-1）ファイルシステムが多層構造の場合、ファイル名 `/usr/local/bin/prog1` で与えられる通常ファイルについて、そのファイル実体（ここでは、ファイルの先頭ブロック内のデータとする）を読み込むまでに、磁気ディスク装置からのブロック入力は何回発生するか。なお、1回の入力で一つのファイル管理部が読み込み、各ディレクトリと通常ファイルが持つファイル実体は1ブロックとする。

（設問3-2）通常ファイルのファイル管理部には、ファイル実体の格納位置を管理する情報が格納されている。ファイル実体の格納位置の管理法として、直接管理と間接管理がある。各方式の長所と短所を挙げて、説明せよ。

問題用紙

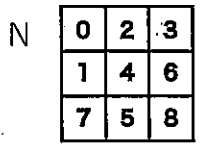
試験科目 人工知能

問1. 右図に示すようにスタート状態からゴール状態に駒を移動させる8パズルを考える(スペースは0で表す). 8パズルの探索空間(木構造)に対してA\*アルゴリズムを適用することを考える. A\*アルゴリズムにおける評価関数を $f'(X) = g(X) + h'(X)$ とし, 評価値が小さいノードXを探索する. ここで $g(X)$ はスタートノードAからノードXまでの最適経路のコストの評価値を表し,  $h'(X)$ はノードXからゴールノードまでの最適経路のコストの推定値を表す. 右図の8パズルにおける評価関数では $g(X)$ をスタートノードAからのノードXの深さとし,  $h'(X)$ はノードXにおけるゴール状態との異なる駒の数とする(ただしスペース0も含む).

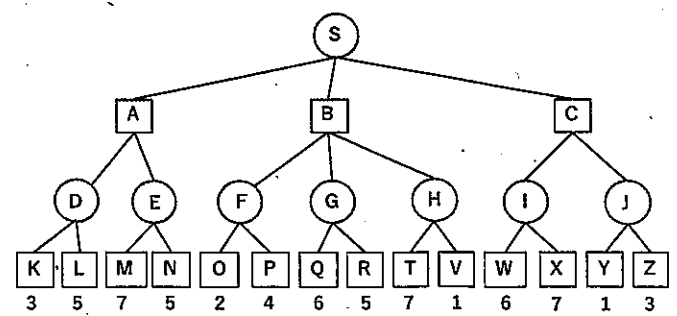


右図で駒に対する作用素は左, 上, 右, 下であり, この順に適用する. ここで「左」とはスペースの左側にある駒を右に動かすことを意味する. 右上の図においてノードAの評価値は $f'(A) = 6$ であり, ノードBの評価値は $f'(B) = 7$ である. またノードAとBでは括弧内に評価値の内訳を示している. 例えばノードBでは $g(B) = 1, h'(B) = 6$ であり, 図では「7(1,6)」と示している. 評価値が同じときは, 作用素が適用された順に探索を進めるとする. 上図はAから順番にA\*アルゴリズムを適用した結果, A, E, H, Jと順に探索したところ, Jの評価値がBの評価値を超えたため, Bに戻りMまで探索した状態を示している. 下記の問に答えよ.

- (1) ノードJの評価値 $f'(J)$ を求めよ. その際 $f'(J)$ の内訳である $g(J)$ と $h'(J)$ の値を上図のように括弧内に示すこと.
- (2) ノードBの次にKからMまで評価値を求めた結果, Bの次に進むノードはどれかノード名を答えなさい.
- (3) ノードCに対して, 作用素(左, 上, 右, 下)を適用した場合の各評価値をそれぞれ記述しなさい. ただし, 作用素が適用できない場合は「なし」と記述すること. また, 評価値の内訳を(1)と同様に括弧内に示すこと.
- (4) 右図に深さ2のノードNを示す. ノードNに対して可能な作用素を適用した結果, 評価値が最も小さくなった作用素と評価値および駒の配置を記述しなさい. 評価値の内訳を(1)と同様に括弧内に示すこと.
- (5) ノードAからスタートして上記の評価関数を利用することで最短でゴール状態に至るまでの作用素の列を答えなさい.



問2. 2人のプレイヤーが交替で手を指すゲーム(例えば将棋など)の遷移状態を木構造で表したゲームの木の探索について考える. 右図は, 先手の現在の局面Sから3手先までの可能な局面を示している. 葉ノードの下の数字は3手先の局面の評価値である. 評価値は大きい方が先手にとって良いことを表している.

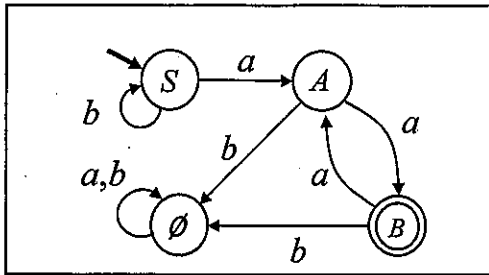


- (1) ミニマックス法を適用した場合, ノードAの評価値を求めよ.
- (2) ミニマックス法を適用した場合, ノードA, B, Cのうち先手が最も有利な局面を記号で答えよ.
- (3) アルファ・ベータ法を適用することで, ゲームの木を枝刈りすることを考える. 左側から縦型探索をする場合, アルファ・カットとベータ・カットのそれぞれ探索されないノードを全て答えよ.

問題用紙

試験科目 **オートマトンと言語理論**

問1 下図の決定性有限状態オートマトン $M_1$ 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。



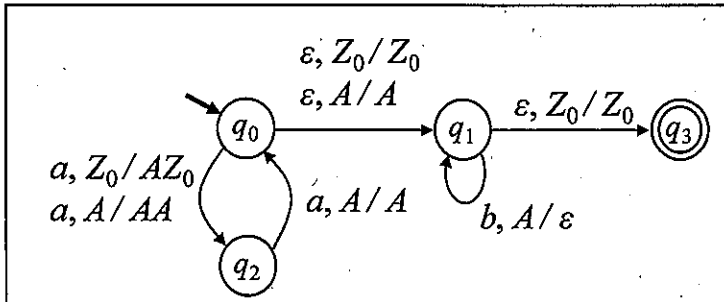
- (1)  $M_1$ と等価な正規表現を書け。
- (2)  $M_1$ が受理する言語を生成する正規文法を書け（生成規則のみを示せばよい）。
- (3) (2)の正規文法について、語  $baa$  の最左導出を求めよ。

問2 次の(1)(2)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）。

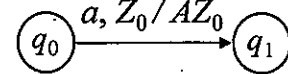
- (1)  $L = \{a^n b c^m | n \geq 0, m \geq 0\}$
- (2)  $L = \{a^n b^m c^n | n \geq 0, m \geq 0\}$

問3 次の(1)(2)に答えよ。

(1) 下図の状態遷移図で示されるプッシュダウンオートマトン $M_2$ によって受理される言語 $L(M_2)$ を示せ。



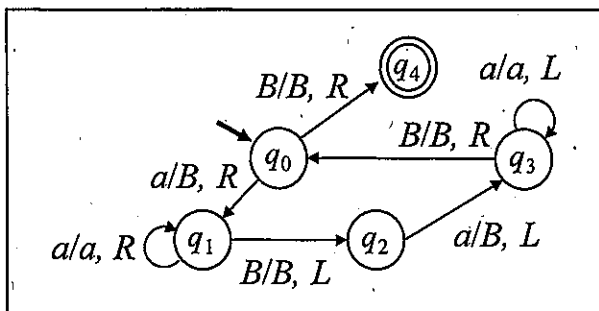
ただし、動作関数 $\delta(q_0, a, Z_0) = (q_1, AZ_0)$ は、下記のように図示するものとする。



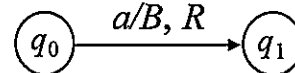
また、スタックアルファベットは $\{A, Z_0\}$ であり、 $Z_0$  はボトムマーカである。

(2) 言語 $L = \{a^{3n} b^n | n \geq 1\}$ を受理するプッシュダウンオートマトンの状態遷移図を書け。

問4 言語 $L = \{a^{2n} | n \geq 0\}$ 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 $\delta(q_0, a) = (q_1, B, R)$ は、下記のように図示するものとする。



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

- (1) 記号列  $aa$  を入力して受理されるまでにテープ上の  $a$  が  $B$  に書き換えられる回数を書け。
- (2) 記号列  $aa$  を入力して受理されるまでにテープヘッドが右に移動する回数を書け。
- (3) 記号列  $aaaaaa$  を入力して受理されるまでに状態 $q_2$ に到達する回数を書け。