

受験 番号		氏 名	
----------	--	--------	--

2021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20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6枚ある。選択しない科目の解答用紙も含めて，6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

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

について、以下の問に答えよ。

- (1) 固有値をすべて求めよ。
- (2) 上で求めた固有値のそれぞれについて、対応する固有ベクトルの一般形を求めよ。
- (3) 制約条件 $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 1$ の下で $\mathbf{x}^T A \mathbf{x}$ の値を最小にするベクトル $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3)^T$ を一つ求めよ。

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

- (1) 区間 $[-1, 1]$ 上の関数 $\phi_1(x) = x, \phi_2(x) = 3x^2 - 1$ に対して $(\phi_1, \phi_2), \|\phi_1\|^2, \|\phi_2\|^2$ を求めよ。
- (2) 区間 $[-1, 1]$ 上の関数 $f(x) = 2x^3 - 1$ を前問の $\phi_1(x)$ と $\phi_2(x)$ の線形結合 $c_1\phi_1(x) + c_2\phi_2(x)$ で近似したい。近似誤差 $\|f - (c_1\phi_1 + c_2\phi_2)\|^2$ を最小にする c_1 と c_2 の値を求めよ。

問題用紙

試験
科目

コンピュータアーキテクチャ

問1 コンピュータアーキテクチャという用語の本来の定義について、マイクロアーキテクチャという用語の定義と対比させて説明せよ。

問2 プロセッサのパイプライン処理において発生するハザードは3種類に分類できる。その3種のハザードについて、それぞれ簡単に説明せよ。

問3 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40クロックサイクル、400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 (clock cycles per instruction) 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10.0%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10.0%である）場合、このコンピュータのCPIはどうなるか。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4 図1で示される TLB (translation-lookaside buffer) とキャッシュの構成を有するコンピュータについて、下記の (1)～(6) の設問に答えよ。なお、このコンピュータの主記憶はバイトアドレッシング方式を用いている。数値を求める設問には計算の過程も記述し、結果は解答欄に示す単位で答えること。解答の単位には、K (キロ) やM (メガ) 等を付けてもよい。

(1) (a) 図1のTLB、キャッシュの両者に採用されているブロック配置方式は何方式と呼ばれるか。この方式において、(b) もしウェイト数が1である場合は特に何方式と呼ばれるか。(c) もしセットの数が1である場合は特に何方式と呼ばれるか。

(2) 仮想アドレス32ビットにおける上位20ビットが仮想ページ番号である。主記憶における1ページのサイズを求めよ。

(3) TLBの各エントリには、物理ページ番号、タグ、有効ビット (V) 以外に、参照ビット (R) とダーティビット (D) を含んでいる。この参照ビットとダーティビット（後者は更新ビットとも呼ばれる）とは何か、それぞれ説明せよ。

(4) 多重仮想記憶の制御において高速なコンテキストスイッチを実現するためには、さらにTLBの各エントリにどのような情報を格納し、検索時にどうすれば良いか。

(5) ブロック内オフセットが4ビットで表されることから、キャッシュのブロックサイズは2⁴バイトである。このキャッシュが図1に示す通り4ウェイ構成である場合、データ部分の総容量を求めよ。

(6) キャッシュのブロックサイズは2⁴バイトのままで、データ部分の総容量を4倍にしてヒット率を向上させたい。そのためには、セット数を4倍にする、ウェイト数を4倍にする、の2案が考えられる。それぞれの案を実現する場合、このコンピュータの設計においてどのような考慮が必要になるのか説明せよ。なお、仮想記憶方式の仕様を含めて本コンピュータのアーキテクチャは変更しないものとする。

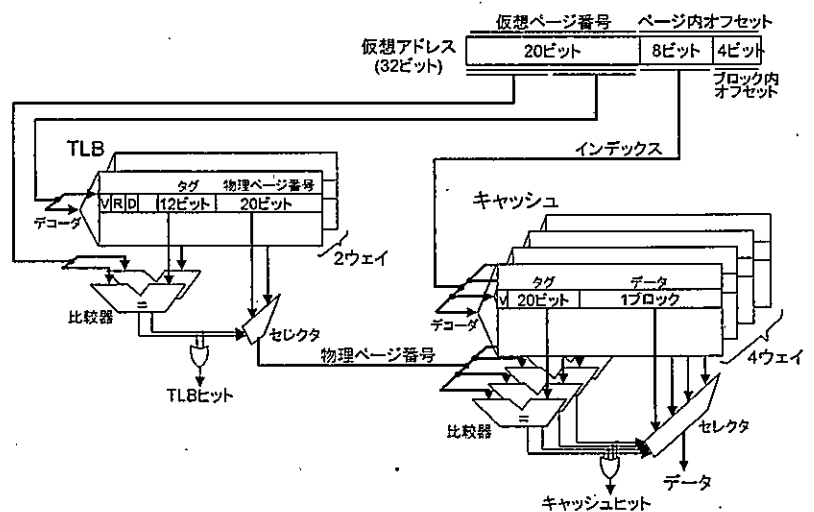


図1 TLBとキャッシュの構成

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 func と delete_max 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] と整数の配列 A[MAXSIZE] が宣言されており, ヒープ H 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。各問に答えよ。

- (1) 空 ($n = 0$) のヒープ H に対して push_heap により 1, 6, 2, 9, 5, 7, 4, 3, 8 をこの順に挿入する。全て挿入後のヒープ H を図のような 2 分木で示せ。
- (2) (1) の結果のヒープ H に対し, delete_max (H) を 3 回実行した後のヒープ H を 2 分木で示せ。
- (3) $H[1]=9, H[2]=8, H[3]=5, H[4]=7, H[5]=2, H[6]=3, H[7]=1, H[8]=4, H[9]=6$ で与えられるヒープ H に対し, func (H, A) を実行した後の配列 A 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 A の添え字を表す。

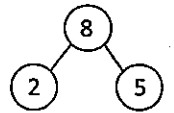


図: ヒープの例

```

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 func(int H[], int A[]){
    int x, i, j;
    while(n > 0){
        x = H[n]; A[n--] = H[1]; i = 1;
        while((j = i*2) <= n){
            if(j < n && H[j] < H[j+1]) j++;
            if(x >= H[j]) break;
            H[i] = H[j]; i = j;
        }
        H[i] = x;
    }
}
  
```

```

void delete_max(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;
        }
    }
}
  
```

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 data[0]~data[n-1] に格納された整数値を昇順に整列する。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。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[] = {7, 3, 1, 8, 2, 5};

- (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, 2) 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[] = {8, 5, 2};

- (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, max, max_idx;
    for(j = n-1; j > 0; j--){
        max = data[0]; max_idx = 0;
        for(i = 1; i <= j; i++){
            if(ア){
                max = data[i]; max_idx = i;
            }
        }
        swap(&data[max_idx], イ);
        /*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, middle+1, 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++] = ウ;
    }
    /*p2*/
}
  
```

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0.125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0.6秒を繰り返す。
- ・プロセスB（優先度3）は、プロセッサ処理0.2秒と入出力待ち0.5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。

<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0.25秒後に割り込みPが発生（割り込みレベル5）
- ・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）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、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1-2）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、まったく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1-3）プロセスCの最初のプロセッサ処理（0.3秒間）が終了するのは、何秒後か。

（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。もし、まったく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0x4bfc8（16進表現）が実アドレス0x157fc8（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8KB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。

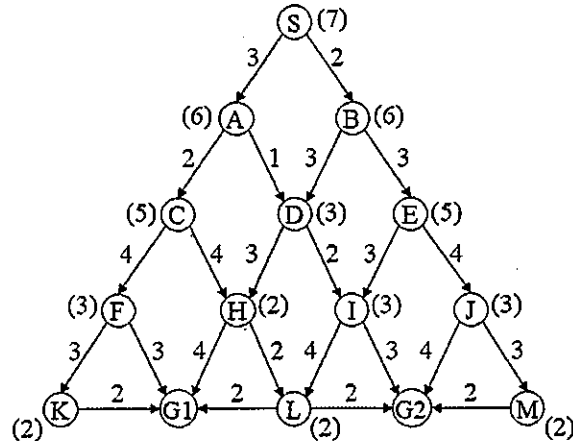
問3 ファイルシステムが多層構造の場合、ファイル名 /usr/home/okayama/src/OS/file.c で与えられる通常ファイルについて、そのファイル実体（ここでは、ファイルの先頭ブロック内のデータとする）を読み込むまでに、磁気ディスク装置からのブロック入力は何回発生するか。なお、1回の入力で一つのファイル管理部が読み込み、各ディレクトリと通常ファイルが持つファイル実体は1ブロックとする。

問題用紙

試験
科目

人 工 知 能

問 1 下に示すグラフにおいて、出発節点 S から出発して目標節点 G1 あるいは G2 のどちらかに至る最小コスト経路（最短経路）を、A* アルゴリズムによって探索する場合を考える。グラフ中の各エッジに対応するコストを、エッジの近傍に数字で示す。また、節点の記号を N とした場合、節点 N から目標節点 G1 あるいは G2 までのコストの推定値 $\hat{h}(N)$ を、N の後に括弧を付けて示す。このとき、以下の問に答えよ。



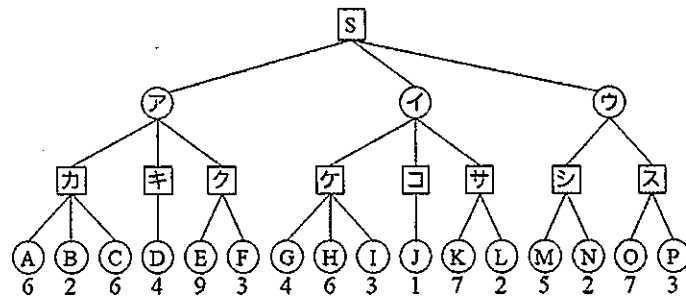
- (1) 探索過程における展開前の節点集合の変化を、open リストを用いて示せ。ここで、open リストとは、展開前の各節点の記号 N と、節点 N を通る最適な未知のコストの推定値 $\hat{f}(N)$ で表現されるペア $(N, \hat{f}(N))$ を要素とするリストである。なお、open リスト内のペアは、推定コストの昇順（推定コストが同じ場合には節点の記号のアルファベット順）に並べるものとする。open リストの初期状態は、 $((S, 7))$ であり、open リストの変化は節点を展開するごとに、次の例のように \Rightarrow を用いて表すものとする。

例： $((S, 7)) \Rightarrow ((Z, 8) (X, 9) (Y, 9)) \Rightarrow \dots \Rightarrow ((G, 5) (W, 9) (V, 10))$

- (2) 得られる最短経路を節点の列で示せ。

問 2 2 人の人間で行う完全ゲームを考える。ここで、完全ゲームとは、1) 2 人の人間が交互に手を指す；2) 自分の前に相手の選んだ手を観測できる；3) 指せる手の数・種類は有限である；4) ゲームが必ず有限の手番で終了、を満たすゲームであり、将棋やチェスなどが含まれる。

ゲームの木が次のように与えられた場合、以下の各問題に答えよ。ただし、□ は MAX 節点、○ は MIN 節点を表すものとし、各終端節点の下に書いてある数値は、その節点の評価値を表す。



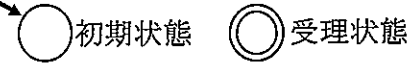
- (1) ミニマックス法を適用した時、各節点の評価値を解答用紙のゲーム木に記入し、根節点 S の評価値を求めよ。また、ミニマックス法で得られる最適解に対応する終端節点のアルファベットを示せ。
- (2) 左から順に節点を探索する条件でアルファ・ベータ法を適用した場合、探索される終端節点をゲーム木の左から順に列挙せよ。
- (3) 右から順に節点を探索する条件でアルファ・ベータ法を適用した場合、アルファカットにより探索されなくなる終端節点を列挙せよ。

問題用紙

試験
科目

オートマトンと言語理論

問1 $\{a, b\}$ 上の次の(1)(2)の言語を受理する決定性有限状態オートマトンの状態遷移図をそれぞれ書け。
ただし、初期状態と受理状態は右の表記とすること。



- (1) $L = \{w \mid w \text{ は部分列 } ab \text{ を含む}\}$
 (2) $L = \{w \mid w \text{ は部分列 } ab \text{ を含まない}\}$

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

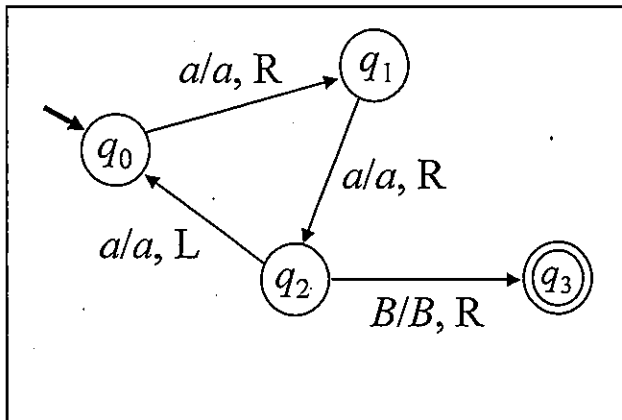
- (1) $L = \{a^n b^m \mid n \geq 0, m \geq 0\}$
 (2) $L = \{a^n b^m \mid n \geq m \geq 0\}$

問3 次の(1)(2)に答えよ。

- (1) 文脈自由文法 $G = \langle \{S, A, B\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AB, A \rightarrow a \mid \varepsilon, B \rightarrow SB \mid b\}, S \rangle$ をチョムスキー標準形へ変換せよ（生成規則のみを示せばよい）。
 (2) 正規表現 $a+ba^*b$ で表される言語を生成する正規文法を構成せよ（生成規則のみを示せばよい）。

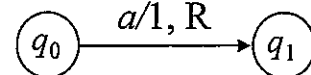
問4 次の(1)(2)に答えよ。

- (1) 下図の状態遷移図で示されるチューリングマシン（TM）によって受理される言語 L を示せ。



なお、初期状態と受理状態は問1と同じ表記である。

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



また、入力記号の集合を $\{a\}$ 、テープ記号の集合を $\{a, 0, 1, B\}$ 、 B を空白記号とする。

- (2) 言語 $L = \{a^{3n+1} \mid n \geq 0\}$ を受理するTMの状態遷移図を書け。