

北海道大学 大学院情報科学研究科
複合情報学専攻 修士課程入学試験

平成 20 年 8 月 19 日(火) 13:00~15:00

専門科目 1

受験上の注意

- 本問題冊子に問題が五問あり，問 1（計算機プログラミング）と問 2（コンピュータ工学）は必修問題である．問 3（情報数学），問 4（情報理論），および問 5（線形代数学）の三問から二問を選択し，合計四問について解答せよ．
- 選択問題チェック票に受験番号および，選択した科目に印を記入すること．
- 解答用の答案用紙は 4 枚である．この他に下書き用の草案紙 4 枚を配付する．
- 全ての答案用紙に，受験番号，選択した問題番号(例えば，問 3 など)を必ず記入すること．
- 解答は，問題ごとに別々の答案用紙に記入すること(裏面を使用してもよい．答案用紙が不足したり，破損したりした場合には試験監督員に申し出て受け取ること)．
- 解答が複数枚にわたる時は，1/2, 2/2 のように答案用紙にページ番号を必ず付すこと，及び受験番号，選択した問題番号を各ページに記入すること．
- 問題冊子，草案紙は持ち帰り，答案用紙と選択問題チェック票を提出すること．
- 机の上に置いてよいものは，筆記用具（鉛筆，消しゴム，鉛筆削りなど），時計，特に指示があったもののみである．時計は計時機能のみを使用し，アラームの使用を禁ずる．携帯電話等は電源を切っておくこと．電卓，電子辞書などは使用不可である．

専門科目 1

選択問題チェック票

1. 受験番号を記入せよ.
2. 問 3 から問 5 までに選択した 2 問について, ○を記入せよ. なお, 選択した問と答案用紙に記入したものと一致しているか, 十分に確かめること.
3. 本チェック票は答案用紙と一緒に提出すること.

受験番号	
------	--

問 1	計算機プログラミング	必修
問 2	コンピュータ工学	必修
問 3	情報数学	選択した 二問に○ を記入す ること
問 4	情報理論	
問 5	線形代数学	

問 1. 計算機プログラミング

以下の問いに答えよ。

(1) 4 ビットの二進数 0011 を以下の式に従って $[0,1]$ の範囲のある実数に変換し、表示するプログラムを作成したい。ただし d_i は右から第 i ビット目の値 (0 or 1) を表す。

$$f(d_1, d_2, d_3, d_4) = (2^0 \times d_1 + 2^1 \times d_2 + 2^2 \times d_3 + 2^3 \times d_4) / 15$$

以下の C 言語ソースコードの (ア) ~ (オ) を適切に埋め、プログラムを完成させなさい。

ソースコード

```

1  #include <stdio.h>
2
3  double DA( int data[], int size );
4
5  int main() {
6      int data[] = { 1, 1, 0, 0 };
7      printf( "%f\n", DA(data, 4) );
8      return 0;
9  }
10
11 double DA( int data[], int size ) {
12     int i;
13     int b, d;
14     d = (ア) ;
15     for ( i = 0; i < size; i++ ) {
16         if ( i == 0 ) b = (イ) ;
17         else b *= (ウ) ;
18         if ( data[i] == 1 ) {
19             d += (エ) ;
20         }
21     }
22     return (オ) ;
23 }
```

(2) ある遊園地の入園料は次のように定められてある。(i) 5 歳以下は無料, (ii) 15 歳未満は 100 円, (iii) 15 歳以上の場合, 男性は 200 円, 女性は 150 円. これらの規則に従って, 年齢と性別を入力すると入場料を返す関数を作りたい. 以下の C 言語ソースコードの空白を適切に埋め, プログラムを完成させなさい.

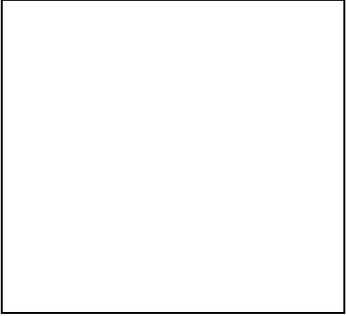
ソースコード

```
#include <stdio.h>

#define MALE 1
#define FEMALE 2

int price( int age, int s );

int main() {
    int age, s;
    printf( "年齢を入力して下さい > " );
    scanf( "%d", &age );
    printf( "性別 (男性 1, 女性 2) > " );
    scanf( "%d", &s );
    printf( "入場料は %d 円です¥n", price( age, s ) );
    return 0;
}

int price( int age, int s ) {
    int result = 0;
    
    return result;
}
```

(3) 以下は二つのベクトルの内積を求めて表示する C 言語ソースコードの一部である。ここではベクトルを配列として表現してある。このソースコード中で使用されている関数 `double dotproduct(double A[N], double B[N])`; を定義しなさい。この関数は、二つの配列 `double A[N], double B[N]` を引数として受け取り、これら二つのベクトルの内積を戻り値として返すものとする。

ソースコード

```
#include <stdio.h>

#define N 2

double dotproduct( double A[ N ], double B[ N ] );
int main() {
    double A[ N ] = { 1, 2 };
    double B[ N ] = { 5, 6 };
    printf( "A^T B = %lf\n", dotproduct( A, B ) );
    return 0;
}
```

(4) 以下の C 言語ソースコード中の (ア) ~ (オ) において、選択肢群の中から a, b, c のいずれかを割り当てて正常に動作するプログラムを完成させなさい。

ソースコード

```
#include <stdio.h>

int main(){
    int i, sum = 0, a[ 20 ];
    int *p = (ア) sum;
    a[ 0 ] = 0;
    a[ 1 ] = 1;
    (イ) p = a[ 0 ] + a[ 1 ];

    for( i = 2; i < 20; i++ ){
        a[i] = a[ i - 2 ] + a[ i - 1 ];
        *p += (ウ) (a+i);
    }
    printf("pointer:%p    value:%d\n", (エ) p, (オ) p);
    return 0 ;
}
```

選択肢群

- a: ポインタ演算子「*」
- b: アドレス演算子「&」
- c: 何も無し

(5) C 言語において、次のように定義された構造体によって図で示される木構造を作成した。

```
struct TREE { int value; struct TREE *child; struct TREE *sibling; };
```

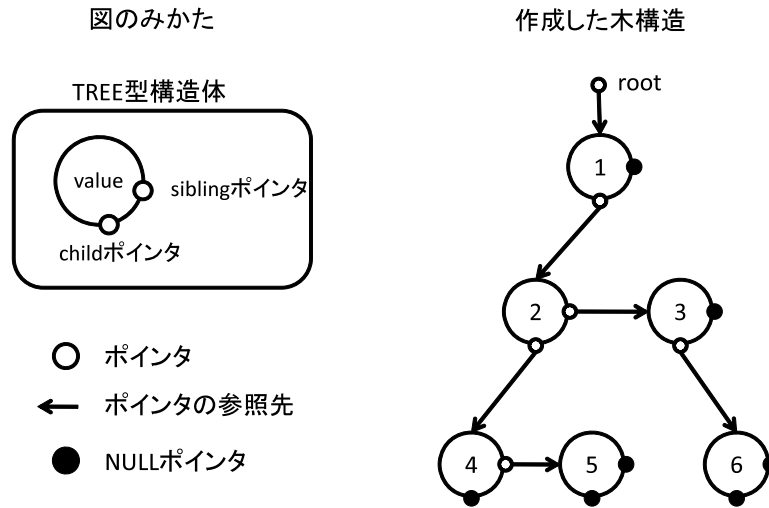


図 構造体による木構造

この時、root ポインタを引数に下記の print_tree 関数を呼び出した場合、木構造に格納された値がどのような順番で表示されるか答えなさい (例：1 → 2 → 3 など)。

ソースコード

```
void print_tree( struct TREE *p ) {  
    if ( p->sibling != NULL ) print_tree( p->sibling );  
    printf( "%d¥n", p->value );  
    if ( p->child != NULL ) print_tree( p->child );  
    return;  
}
```

問 2. コンピュータ工学

以下の問いに答えよ。

(1) 半導体素子からなる ROM, DRAM, SRAM について, それぞれの機能と特徴を簡潔に示し, 計算機を構成するどの部分にそれぞれ用いられているか示せ。

(2) スタックマシン (0 アドレス方式) を用いて, $D=A*B+C$ を計算するプログラムは次のように書くことが出来る。

PUSH(A)→PUSH(B)→MLT→PUSH(C)→ADD→POP(D)

この例にならい, $D=X*Y+Z/(P-Q)$ を逆ポーランド記法に従ってスタックマシンにより結果を得るためのプログラムを示せ。なお, かけ算は MLT, 割り算は DIV, たし算は ADD, 引き算を SUB で表すものとする。

(3) 以下の文章の空欄を埋めよ。ただし, 数値については直接その数値(階乗の場合は計算せずそのままの形)を, 語句については選択肢群から最も適切と思われるものを選んで答えよ。

計算機の技術革新はまさに日進月歩である。現在は第 (ア) 世代の終盤とされており, たとえば, 現在のパーソナルコンピュータの主流である 64bit CPU は, 1980 年代後半の 16bit CPU と比べ, (イ) の大きさの上限は実に (ウ) 倍である。しかしながら, (エ) や (オ) が求める (イ) 利用量も同様に肥大化するため, (エ) ではその適切な管理が求められる。代表的な方法は, 16bit CPU の頃によくみられたように, (イ) に展開される (オ) を, (カ) する部分の (キ) (ク) と呼び出しに応じて (ケ) する (コ) (ク) に分ける (コ) であるが, プログラム作成が煩雑であるため, (イ) 全体をあらかじめ複数の (サ) に分けて (エ) が (サ) を切り替える (シ) がある。この方法は, 置き換える (サ) を (ス) に (ケ) させることで, (イ) の大きさを超えた利用が可能となるなど, 長所も多いが, CPU がジョブの多くを (サ) の切り替えに要してしまう (セ) という本末転倒な問題の回避も課題としてあげられる。その他の方法としては, 割り当て単位を (サ) のような固定長ではなく, 必要分を確保するよう可変長にした (ソ) がある。これも (ス) の利用が可能であるが, 使用済部分が増えると十分な大きさを確保できない (タ) という問題が生じるため, (チ) という作業が必要となる。最近の (エ) では (シ) と (ソ) を組み合わせ, 両者の利点を活用するのが一般的である。

選択肢群 (五十音順):

アプリケーション・インタプリタ・オーバレイ・オペレーティングシステム・管理・
キャッシュ・クリティカルセクション・コンパイラ・主記憶・常駐・スタック・スラッシング・
スワップ・セグメンテーション・セグメント・デッドロック・2次記憶・パイプライン・
フラグメント・ブロッキング・ページ・ページング・メモリコンパクション・ルート

問 3. 情報数学

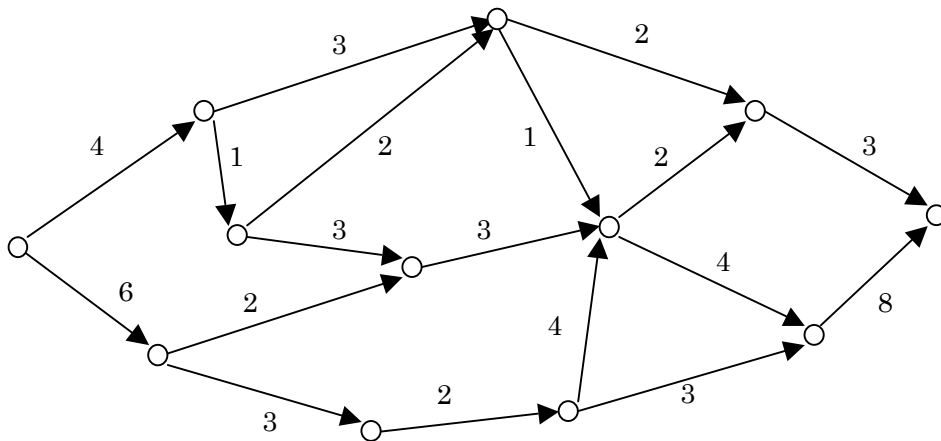
以下の問いに答えよ。ただし、必要に応じてその導出の過程を示すこと。

(1) 集合 $A = \{a, b, c, d\}$ のべき集合を求めよ。

(2) $x = (x_1x_0)$, $y = (y_1y_0)$ をそれぞれ 2 ビットの符号無し 2 進数で符号化した整数とする。 $x > y$ となるとき $z = 1$, それ以外るとき $z = 0$ を出力する論理回路を MIL 形式で図示せよ。ただし、添え字の数字の大きな変数を上位のビットとする。

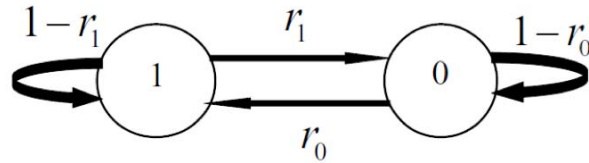
(3) 正 6 面体の各面に 1~6 の数字を割り当てる場合、可能な組み合わせは何通り存在するか。ただし、回転を行うことにより同一の数字の割り当てとなるものは 1 通りと数える。

(4) 以下に示す有向グラフについて、最小カットを図示するとともに、最大フローの値を求めよ。ただし、リンクに付された数値はその容量を表す。



問 4. 情報理論

マルコフ情報源と情報源符号化に関して以下の問い(1)-(4)に答えよ.



$X = 0, 1$ 間の状態遷移が上図で与えられるマルコフ情報源($0 \rightarrow 1, 1 \rightarrow 0, 0 \rightarrow 0, 1 \rightarrow 1$ の遷移確率がそれぞれ, $r_0, r_1, 1-r_0, 1-r_1$)を考える. ただし, $0 < r_0 < 1, 0 < r_1 < 1$ とする.

- (1) n ステップ後に記号 $X = 0, 1$ をとる確率 $P_n(X = 1), P_n(X = 0)$ をそれぞれ求めよ.
(※ 初期条件を $P_0(X = 1) = p_0, P_0(X = 0) = p_1$ とする)
- (2) $n \rightarrow \infty$ での定常分布 $P_\infty(X = 1), P_\infty(X = 0)$ を求め, これが初期条件の選び方に依らないことを示せ. また, これら定常分布から生成される記号 $X = 0, 1$ を情報源とするエントロピー $H(X)$ を求めよ.
- (3) ある情報源を調べたところ, 6 種類の記号(アルファベット)がそれぞれ下表のような確率で出現することがわかった. このとき, 記号 $0, 1$ を用いたハフマン符号を構成し, 符号語を示せ.

記号	出現確率	符号語
A	0.4	
B	0.3	
C	0.11	
D	0.09	
E	0.08	
F	0.02	

- (4) (3)で得られたハフマン符号の平均符号長を求めよ.

問 5. 線形代数学

(1) 行列 $\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -4 \end{pmatrix}$ に関し, 以下の問いに答えよ.

- a. \mathbf{A} の固有値 λ_1, λ_2 を求めよ.
- b. \mathbf{A} の固有ベクトル v_1, v_2 を求めよ.
- c. 次の関係を満たす行列 \mathbf{T} を求めよ.

$$\mathbf{T}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{T} = \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{pmatrix}$$

(2) 以下の設問に答えよ.

d. 実ベクトル空間 \mathbf{R}^3 における以下のベクトルを考える.

$$\mathbf{a}_1 = (0, 1, 1), \quad \mathbf{a}_2 = (1, 0, 1), \quad \mathbf{a}_3 = (2, 2, -1)$$

これらのベクトルを, $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3$ の順序で正規直交化せよ.

e. 実ベクトル空間 \mathbf{R}^4 における以下のベクトルを考える.

$$\mathbf{b}_1 = (1, 0, 3, 2), \quad \mathbf{b}_2 = (2, 1, 0, 3), \quad \mathbf{b}_3 = (0, 3, 2, 1), \quad \mathbf{b}_4 = (3, 2, 1, 0)$$

これらのベクトルから生成される部分空間 W の次元を求めよ.