平成30年度(10月期)及び平成31年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 問　題　用　紙		
専攻名	電子情報科学専攻（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ①電気回路	P. 1／10

注意：問１と問２の解答は別々の答案用紙に書くこと．

問１．　図１のように正弦波交流電源$v(t)$と負荷Zから構成される回路を考える．負荷Zは抵抗RとリアクタンスXの直列接続から構成されるとする．ここで，$\dot{V} = 10\angle 0$ [V]の正弦波交流電圧を回路に印加したとき，$i(t) = 5\sqrt{2}\sin\left(100t + \frac{\pi}{3}\right)$ [A]の定常電流が流れた．ただし，$\dot{V}$は$v(t)$の極座標表示（フェーザ表示）である．

(1)　負荷インピーダンスの値を極座標表示（フェーザ表示）で表せ．

(2)　負荷インピーダンスの値を複素数表示で表せ．

(3)　負荷 Z を構成するリアクタンス素子の種類とその値を，単位を含めて示せ．

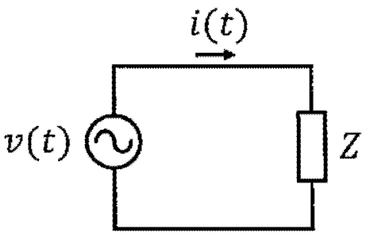

図１

注意：問１と問２の解答は別々の答案用紙に書くこと．

問２． 図２のように，スイッチＳの付いたLCR回路を考える．時刻tにおいてLCR回路を時計回りに流れる電流を$i(t)$，キャパシタの両端間電圧を$v(t)$と表記する．時刻$t=0$においてスイッチＳを閉じた．このとき$i(0)=0$, $v(0)=v_0>0$と仮定する．

(1) $i(t), C, v_0$を用いて，キャパシタに蓄えられる電荷$q(t)$を表せ．

(2) $i(t), C, v_0$を用いて，キャパシタの両端間電圧$v(t)$を表せ．$i(t), L, R$を用いて，インダクタLの電圧降下と抵抗Rの電圧降下の和を表せ．さらに，キルヒホッフの電圧則を用いて，電流$i(t)$が満たす回路方程式を求めよ．

(3) (2)で求めた回路方程式の時間微分を計算して，$i(t)$に関する二階微分方程式を求めよ．また回路方程式に$t=0$を代入して，$\left.\frac{di(t)}{dt}\right|_{t=0}$を求めよ．

(4) (3)で求めた二階微分方程式を解き，$i(t)$を求めよ．ただし$R^2C=4L$と仮定する．

(5) $i(t)$が最大となる時刻t_{max}と最大値$i(t_{max})$を求めよ．

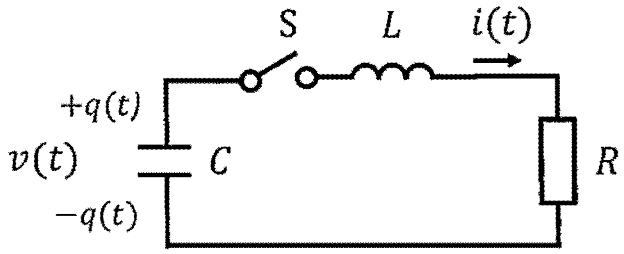

図２

注意：問１と問２の解答は別々の答案用紙に書くこと．

問１．図１のように中心 O を原点とし，半径 a の導体球が誘電率εの誘電体内にある場合を考える．この導体球に電荷 Qを与えたとき，以下の問に答えよ．ただし，無限遠での電位を０とする．

(1) 導体球外（$r \geq a$）での電界分布および電位分布を求めよ．

(2) 導体球がもつ静電容量を求めよ．

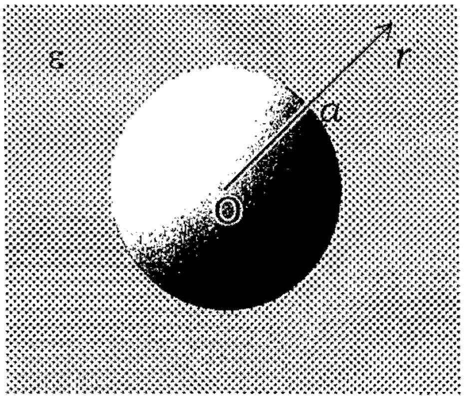

図１

つぎに図２のように中心 O を原点とし，半径 a の導体球の上半分が誘電率ε_1 の誘電体で覆われ，下半分が誘電率ε_2 の誘電体で覆われている場合を考える．この導体球に電荷 Q を与えたとき，以下の問に答えよ．

(3) このとき，導体球外（$r \geq a$）での電位分布$\phi(r)$および電界分布$\boldsymbol{E}(r)$は，

$$\phi(r) = \frac{k}{r} \qquad \boldsymbol{E}(r) = -\boldsymbol{e}_r \frac{\partial \phi}{\partial r} = \boldsymbol{e}_r \frac{k}{r^2}$$

（k: 定数，$\boldsymbol{e}_r$: r方向の単位ベクトル）

と表すことができる．ガウスの法則を用いて，定数kを求めよ．

(4) 上半球表面と下半球表面に分布する電荷量をそれぞれ求めよ．

(5) 導体球がもつ静電容量を求めよ．

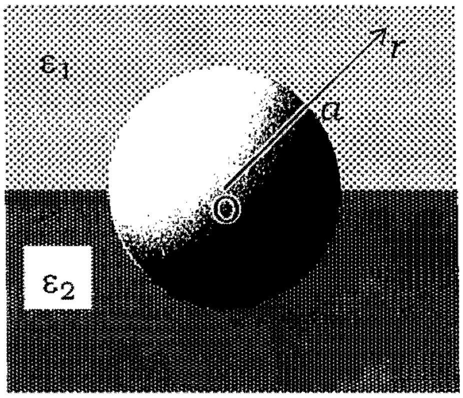

図２

平成30年度（10月期）及び平成31年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 問　題　用　紙		
専攻名	電子情報科学専攻（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ②電気磁気学	P. 4／10

注意：問１と問２の解答は別々の答案用紙に書くこと．

問２．図３のように，真空中に円柱導体（半径 a，透磁率μ_1）と中空円筒導体（内半径 b，外半径 c，透磁率μ_2）が同軸状に置かれている（これを同軸導体とよぶ）．それぞれの導体の軸方向の長さは，それぞれの導体半径に比べて十分長く，内部円柱導体と外部円筒導体は下端で接続されているとする．中心軸からの距離を r とし，真空の透磁率を μ_0 として以下の問に答えよ．

(1) 内部円柱導体には上向きの直流電流 I が一様に流れ，また外部円筒導体には下向きの直流電流 I が一様に流れるとき，r の位置に生じる磁界ベクトルを求めよ．

(2) 内部円柱導体（$0 \leq r < a$）に，単位長さあたり蓄えられる磁界のエネルギーを求めよ．

つぎに，同軸導体の自己インダクタンスを求めたい．この自己インダクタンスは，内部円柱導体（$0 \leq r < a$）によるもの，内部円柱導体と外部円筒導体の間の空間（$a \leq r < b$）によるもの，および外部円筒導体（$b \leq r < c$）によるものの和で表される．

(3) 内部円柱導体（$0 \leq r < a$）の，単位長さあたりの自己インダクタンスを求めよ．

(4) 内部円柱導体と外部円筒導体の間の空間（$a \leq r < b$）の，単位長さあたりの自己インダクタンスを求めよ．

(5) 外部円筒導体（$b \leq r < c$）の，単位長さあたりの自己インダクタンスを求めよ．

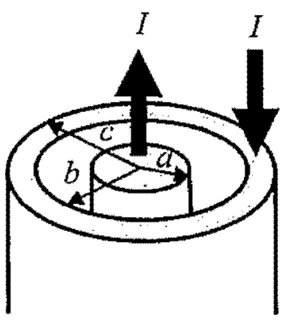

図３

注意：問１と問２の解答は別々の答案用紙に書くこと．また，解答の導出過程や問題文にない変数の定義を明記すること．

問 1. 図 1a に示すバイポーラトランジスタを用いた増幅回路について，以下の問に答えよ．ただし，バイポーラトランジスタの小信号等価回路を図 1b とする．ここで，図 1b における g_m は相互コンダクタンスである．なお，解答に当たり，抵抗の並列合成には記号「//」を用いてよい．

(1) 中域では，C_1，C_2 および C_E のインピーダンスは十分小さく，C_π のインピーダンスは十分大きいとみなしてよい．このとき，図 1a の回路の小信号等価回路を描け．

(2) 中域での電圧利得 $G_0 = v_o/v_i$ を求めよ．

(3) 低域では，C_2 および C_E のインピーダンスは十分小さく，C_π のインピーダンスは十分大きいとみなしてよい．このとき，図 1a の回路の小信号等価回路を描け．

(4) 低域での電圧利得 $G_L(\omega) = v_o/v_i$ を求めよ．ただし，ω は信号の角周波数である．

(5) 高域では，C_1，C_2 および C_E のインピーダンスは十分小さいとみなしてよい．このとき，図 1a の回路の小信号等価回路を描け．

(6) 高域での電圧利得 $G_H(\omega) = v_o/v_i$ を求めよ．ただし，ω は信号の角周波数である．

(7) 低域での遮断角周波数 ω_{cl} と，高域での遮断角周波数 ω_{ch} を求めよ．

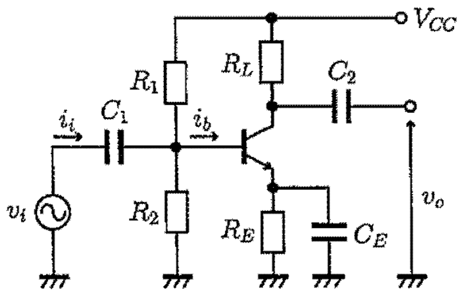

図 1a. バイポーラトランジスタ増幅回路

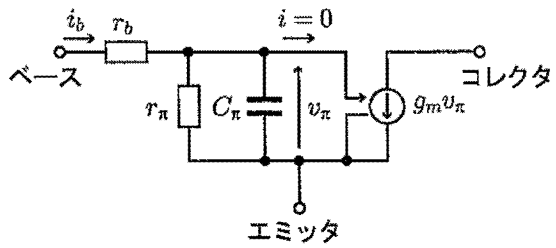

図 1b. バイポーラトランジスタの小信号等価回路

問 2. 図 2 のような回路を考える．ただし，用いるオペアンプは ＋ と － の各端子に，それぞれバイアス電流 I_B^+ と I_B^- が図 2 の向きに流れるとし，それ以外の特性は理想的であるとする．

(1) $I_B^+ = I_B^- = 0$ の場合，回路網方程式を立てて，出力電圧 V_o を求めよ．

(2) I_B^+ と I_B^- が共に 0 でない場合，回路網方程式を立てて，出力電圧 V_o を求めよ．

(3) (2) において，$R_b = R_1 // R_2$ の場合の，出力電圧 V_o を求めよ．

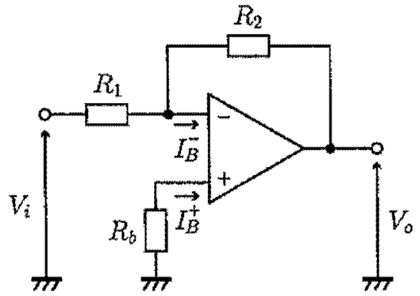

図 2. オペアンプを用いた回路

平成30年度（10月期）及び平成31年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 問　題　用　紙		
専攻名	電子情報科学専攻（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ④情報基礎	P. 6／10

注意：問１と問２の解答は別々の解答用紙に書くこと．

問１．３元正規マルコフ情報源 $S=\{x_1,x_2,x_3\}$ が次の状態遷移行列Qを持つとき，以下の問に答えよ．なお，行列Qのi行j列の値は，状態遷移確率$P(x_j|x_i)$を表している．

$$Q=\begin{bmatrix}3/4 & 1/4 & 0\\ 1/2 & 0 & 1/2\\ 1/6 & 0 & 5/6\end{bmatrix}$$

(1) シャノン線図を描き，さらに，定常分布$\boldsymbol{z}=(z_1,z_2,z_3)$を求めよ．

(2) (1)で求めた定常分布$\boldsymbol{z}=(z_1,z_2,z_3)$の$z_k$（$1\leq k\leq 3$）を記号$\bar{x}_k$の発生確率とする無記憶情報源$\bar{S}=\{\bar{x}_1,\bar{x}_2,\bar{x}_3\}$を考える．各記号に対し，以下のように２元符号を割り当てた．

(a) $\bar{x}_1\rightarrow 01$, $\bar{x}_2\rightarrow 001$, $\bar{x}_3\rightarrow 10$

(b) $\bar{x}_1\rightarrow 011$, $\bar{x}_2\rightarrow 01$, $\bar{x}_3\rightarrow 10$

このとき，(a),(b)の平均符号長を求めよ．また，(a),(b)がそれぞれ瞬時符号であるかどうかを説明せよ．

(3) $\bar{S}$の２次拡大情報源$\bar{S}^2$を考える．$\bar{S}^2$の発生エントロピー$H(\bar{S}^2)$を求めよ．なお，解答では$\log_2 3$をそのまま用いてよい．

(4) $\bar{S}^2$のハフマン符号を求めよ．また，求めた符号の効率を求めよ．なお，解答では$\log_2 3$をそのまま用いてよい．

問２．形式言語とオートマトンについて，アルファベット{a,b,c,d}上の言語$L=$ {abc, ac, adb, ab, b, cb}に関する以下の問に答えよ．

(1) Lを認識する非決定性有限オートマトンのうち，開始状態と受理状態を含めた状態の数が５のものを１つ示せ．ただし，開始状態の名前をSとし，受理状態を２重丸で示すこと．

(2) (1)の非決定性有限オートマトンを参考にして，Lを生成する正規文法を示せ．ただし，開始変数をSとし，無用な記号のない（生成的な変数と到達可能な記号のみで構成される）正規文法であること．

(3) (2)で求めた正規文法を用いて，Lに含まれる６種類の各文字列に対する導出列を示せ．

(4) (2)で求めた正規文法を無用な記号のない Chomsky の標準形に変形せよ．

注意：問１と問２の解答は別々の答案用紙に書くこと．

問 1. n個($n \geq 1$)の実数データを扱う C 言語で記述されたプログラム 1，2 に関する動作について，以下の問に答えよ．

(1) プログラム 1 を実行した時の出力結果を答えよ．改行は「↲」の記号を用いて示せ．また，その出力結果は関数 main 内の一次元配列 x に格納されるn個の実数データ$x_0, x_1, \cdots, x_{n-1}$のある統計量である．その統計量の名称を答えよ．

(2) 関数 func2 内コメント calc 1 の行に示す演算命令を

```
b += x[i] * x[i];
```

に変更したとき，変更前と同じ関数 func2 の戻り値を得るようにコメント calc 2 の行のみを書き換えよ．

(3) プログラム 2 は，プログラム 1 の関数 main で関数 func1(x, n) の代わりに関数 func3(x, n) を呼び出した時に，関数 func1(x, n) を呼び出した時と同じ戻り値が得られるように記述したものである．プログラム 2 を完成させる空欄（ア），（イ），（ウ）を答えよ．

(4) プログラム 2 のように，ある関数の中でその関数自身を呼び出すプログラミング技法を何と呼ぶか答えよ．

```
#include <stdio.h>

double func1(double x[], int n){
  int i;
  double a = 0.0;
  for(i=0; i<n; i++)
    a += x[i];
  return a;
}

double func2(double x[], double a, int n){
  int i;
  double b = 0.0;
  for(i=0; i<n; i++)
    b += (x[i]-a)*(x[i]-a);   // calc 1
  return b/(double)n;         // calc 2
}

int main(void){
  double x[] = {4.1, 6.4, 4.3, 6.8, 3.4};
  double a = 0.0;
  int n = sizeof(x)/sizeof(x[0]);

  a = func1(x, n)/(double)n;

  printf("%.2f¥n", func2(x, a, n));
  return 0;
}
```

プログラム 1

```
double func3(double x[], int n){
  if (n == 1)
    return x[0];
  else
    return func3( (ア) , (イ) ) + (ウ);
}
```

プログラム 2

(5) 実数データ$x_0, x_1, \cdots$が一つずつ順に与えられると仮定する．実数データx_{n-1}が与えられた時点で求めることのできる$x_0, x_1, \cdots, x_{n-1}$の平均を$a_{n-1}$とする．その後，実数データ$x_n$が与えられた時，$x_0, x_1, \cdots, x_n$の平均$a_n$を$n, a_{n-1}, x_n$を用いて示せ．

(6) (5)のように，データを先頭から順に参照しながら，それまでに参照したデータに対する処理結果を順に出力するようなアルゴリズムを何と呼ぶか答えよ．

注意：問１と問２の解答は別々の答案用紙に書くこと．

問２．以下の問に答えよ．ただし n, i は非負の整数，mod は剰余演算，>> は右シフト演算を表すものとする．

(1) 多項式関数の計算について以下の問に答えよ．

(a) 関数 $f(x)=x^n$ を次の方法で求めたときの時間計算量をオーダー記法で示せ．

```
f ← 1;
while (n > 0){
    if((n mod 2) ≠ 0) then f ← f・x;
    x ← x・x;
    n ← n >> 1;
}
```

(b) 関数 $g(x)=a_nx^n+a_{n-1}x^{n-1}+\cdot\cdot\cdot+a_1x+a_0$ を次の３つの方法で求めたとき，それぞれの時間計算量をオーダー記法で示せ．

[1] 各 i $(0\leqq i\leqq n)$ について，a_i に x を i 回乗算して a_ix^i を求めた後，それらを合計する方法．

[2] (a)の方法で x^i を各 $i(1\leqq i\leqq n)$ について求め，a_i を乗算したものを合計する方法．

[3] 以下の手順で $g(x)$ を求める方法．

```
g ← a_n ;
for (i ← n−1; i ≧0; i ← i−1) {
    g ← g・x＋a_i;
}
```

(2) 5, 15, 20, 4, 2, 30 の６つのデータをこの順に，ハッシュ法で13個のバケットに格納する操作について，以下の問に答えよ．ただしハッシュ値は，データの値をキーとしてハッシュ関数に代入して求めるものとする．

(a) ハッシュ関数を $h(x) = x \bmod 13$ として，分離連鎖法（チェイニング法）を用いて６つのデータを格納した後の状態を図示せよ．衝突が起きたデータはリストの先頭に格納するものとする．

(b) 分離連鎖法で格納したデータを探索する場合の平均時間計算量と，最悪時間計算量をオーダー記法で示せ．ただしバケット数 B とデータ数 n に対して，$n=O(B)$ と仮定する．

(c) 最初のハッシュ関数を $h_0(x) = x \bmod 13$，k 回目の衝突が発生した後の再ハッシュ関数を $h_k(x) = (h_0(x) + k^2) \bmod 13$ として，開番地法（オープンアドレス法）を用いて６つのデータを格納した後の状態を図示せよ．

平成30年度(10月期)及び平成31年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 問　題　用　紙		
専攻名	電子情報科学専攻（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ⑥計算機ハードウェア	P. 9／10

注意：問１と問２の解答は別々の答案用紙に書くこと．

問１．汎用レジスタ型中央処理装置を図１に示し，命令形式とその説明を図２に示す．図１の中の要素を用いて，以下の問に答えよ．図１で，R0 と R1 はレジスタを表し，条件コードレジスタのフラグ N，Z，V，C はそれぞれ負，ゼロ，オーバーフロー，キャリーを表す．

(1) 命令レジスタに格納された命令のオペランドが A(R1) とする．オペランドの A(R1) 番地を計算する手順を説明せよ．なお，A は定数，R1 はインデックスレジスタであり，A(R1) 番地は A+(R1) 番地を表す．

(2) 命令レジスタに取り込んだ命令が SUB R0 A(R1) とする．SUB R0 A(R1) の実行順序を説明せよ．

(3) 命令レジスタに取り込んだ命令が JOZ A(R1) とする．JOZ A(R1) の実行順序を説明せよ．

(4) 命令レジスタに取り込んだ命令が JOP A(R1) とする．JOP A(R1) の実行順序を説明せよ．

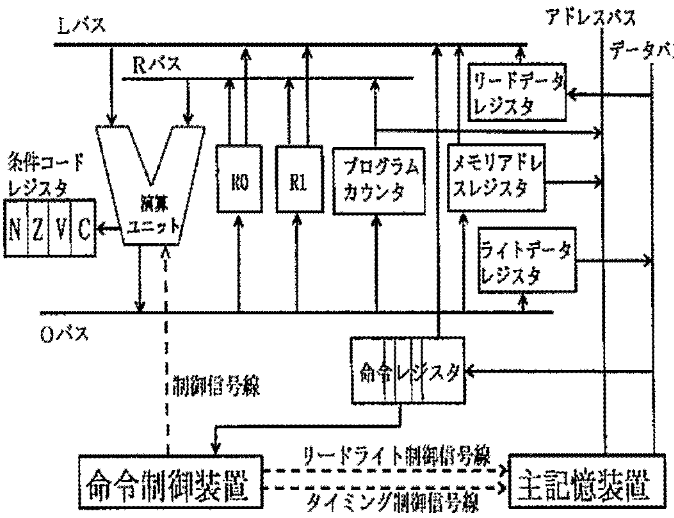

図１　中央処理装置の構造

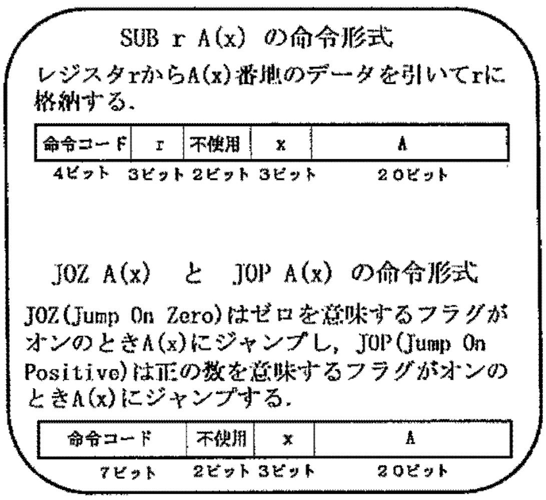

図２　命令形式とその説明

平成30年度（10月期）及び平成31年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 **問　題　用　紙**		
専攻名	電子情報科学専攻（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ⑥計算機ハードウェア	P. 10／10

注意：問１と問２の解答は別々の答案用紙に書くこと．

問２．以下の問に答えよ．

(1)　１ビットの数 A_n, B_n と下位ビットからの桁上げ C_n を加算し，和 S_n と上位ビットへの桁上げ C_{n+1} を出力する全加算器がある．S_n と C_{n+1} を A_n，B_n，C_n を入力とする論理回路図でそれぞれ示せ．ただし，AND，OR，XOR の２入力のゲートの中から，S_n は２個のゲート，C_{n+1} は４個のゲートを用いて構成せよ．

(2)　４ビットの数 $X=(X_3X_2X_1X_0)$ と $Y=(Y_3Y_2Y_1Y_0)$ がある．X と Y を含め，以降の２進数はすべて２の補数表現で表されているものとする．X において X_3 は最上位ビットで符号ビットを表し，第３ビットと数える．Y も同様である．X と Y の加算を考えるとき，第２ビットで生じる桁上げ C_3 を X_2，X_1，X_0，Y_2，Y_1，Y_0 を用いた論理式で表せ．ただし，(1) の結果を用いること．

(3)　(2)の X, Y に対して，制御信号 G があり，G が０のときは加算 $X+Y$ を，G が１のときは減算 $X-Y$ を実行する演算回路の論理回路図を，全加算器と XOR ゲートのみで構成せよ．全加算器には図３の記号を用いること．

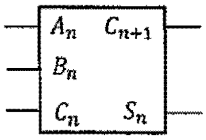

図３　全加算器

(4)　(3)の回路で，オーバーフローが発生したときに１を，発生しないときに０を生成する検出器 f を X_3，Y_3 および和の最上位ビット S_3 を用いた論理式で表せ．