I　図 1 および図 2 に示す定常状態にある回路がある。以下の設問に答えなさい。ただし，図中の $\omega, R, C, L, \dot{E}, \dot{I}, \dot{V}_{\mathrm{C}}, \dot{V}_{\mathrm{R}}$ はすべて物理量を表す。

問１　図 1 に示す抵抗 R，キャパシタ C，交流電圧源 $\dot{E}$ で構成される回路がある。図 1 の端子対 $1-1'$ から右の回路の複素インピーダンスを求めなさい。

問２　問 1 で求めた複素インピーダンスについて，ω を $0\sim\infty$で変化させた場合の複素インピーダンスの軌跡を複素平面上に図示しなさい。

問３　抵抗 R を $500\,\Omega$，キャパシタ C を $20\,\mathrm{nF}$，交流電圧源 $\dot{E}$ を $1\angle 0^\circ\,\mathrm{kV}$，$1/2\pi$ を 0.159，周波数 f を $15.9\,\mathrm{kHz}$とするとき，電流 $\dot{I}$，電圧 $\dot{V}_{\mathrm{C}}$ および $\dot{V}_{\mathrm{R}}$ について複素数の直交座標形式および複素数のフェーザ形式の両者を求めなさい。

問４　電圧 $\dot{V}_{\mathrm{C}}$，$\dot{V}_{\mathrm{R}}$ および交流電圧源 $\dot{E}$ の関係をフェーザ図で図示しなさい。

ここで，図.1 に示す回路の端子対 $2-2'$ にインダクタ L を接続した。接続した回路が図 2 である。

問５　図 2 に示す抵抗 R，キャパシタ C，インダクタ L，交流電圧源 $\dot{E}$ で構成される回路がある。図 2 の端子対 $3-3'$ から右の回路の複素インピーダンスを ω, R, C, L を用いて複素数の直交座標形式で表しなさい。

問６　与えられた ω, R, L に対し，$\dot{E}$ と $\dot{I}$ の位相が同じになる場合があるような C の取りうる範囲を求めなさい。また，このとき，R の条件を ω, C, L を用いて表しなさい。

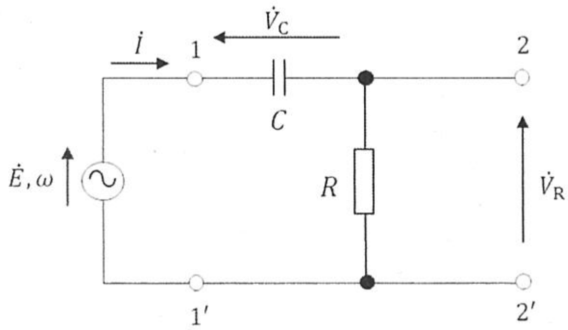

図1

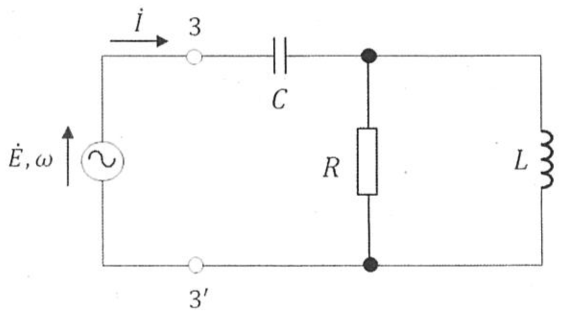

図2

I　図1に示すオペアンプを用いた回路を考える。なお，オペアンプの特性は理想的であるとする。以下の設問に答えなさい。

問1　図1(a)に示す回路について考える。以下の小問に答えなさい。

(1)　抵抗R_1に流れる電流をi_1とするとき，入力インピーダンス$^{v_{in}}/_{i_1}$を求めなさい。

(2)　抵抗R_3に流れる電流の大きさは，抵抗R_1に流れる電流の大きさ$|i_1|$の何倍になるか求めなさい。

(3)　電圧利得$^{v_{out}}/_{v_{in}}$を求めなさい。

問2　図1(b)に示す回路について考える。以下の小問に答えなさい。

(1)　入力電圧v_1が角周波数ωの正弦波であるとき，定常状態における伝達関数$^{v_0(\omega)}/_{v_1(\omega)}$を求めなさい。

(2)　時間tの関数として入力電圧を$v_1(t)$，抵抗Rに流れる電流を$i(t)$とする。このとき，$v_1(t)$と$i(t)$の関係を表す積分方程式を示しなさい。

(3)　入力電圧$v_1(t)$に単位ステップ関数$u(t)$で表される電圧を入力した。

$$v_1(t) = u(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ 1 & (t \geq 0) \end{cases}$$

このときの$t > 0$の出力電圧$v_0(t)$をR，R_f，C，tを用いて表しなさい。ただし，時刻$t = 0$において，キャパシタCの初期電荷は0とする。

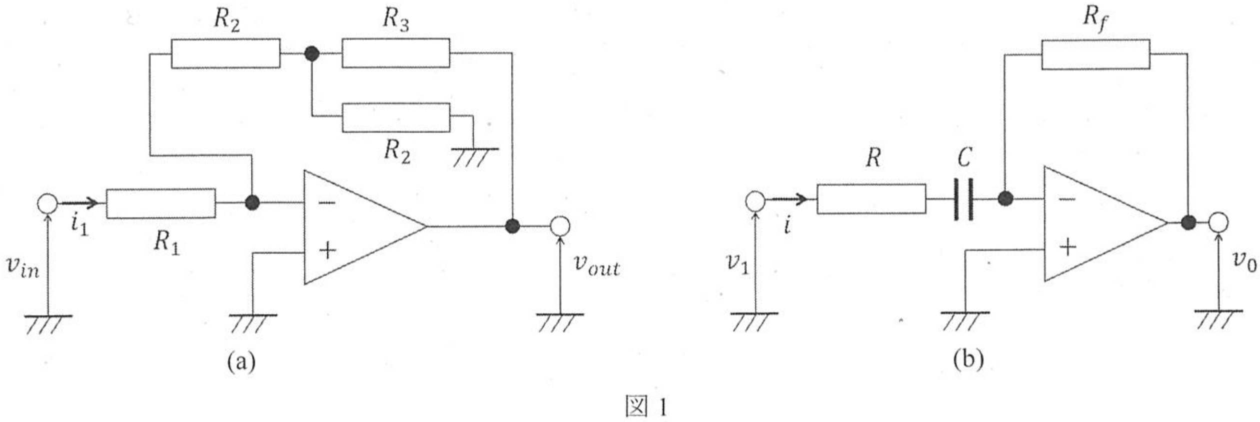

図1

※ **問 1 と問 2 の解答は別々の答案用紙に書きなさい。**

I　真空中における電気磁気現象に関する設問に答えなさい。真空の誘電率，透磁率をそれぞれε_0，μ_0とする。

問 1　図 1 のように，xy平面上に線電荷密度$\lambda(>0)$が原点を中心として半径aの円環上に一様に分布している。以下の問に答えなさい。

(1)　z軸上 P 点$(0,0,z)$での電位を求めなさい。電位の基準は無限遠とする。

(2)　z軸上の電界は$z=z_0(>0)$で最大値をとる。z_0を求めなさい。

(3)　この円状電荷をz軸を中心軸に角速度ωで回転させた。このとき得られる電流の大きさを求めなさい。

問 2　図 2 のように，z軸を共通軸とする 2 つの円形回路（#1，#2）がxy平面上におかれている。#1 と#2 の回路半径はそれぞれaおよび$b(\ll a)$であり，#1 には矢印方向に定常電流Iが流れている。また#2 には微小ギャップがあり，このギャップの間隔は無視できるほど小さいとする。以下の問に答えなさい。

(1)　原点$(0,0,0)$における磁界の大きさを求めなさい。

(2)　#1 と#2 が同一平面上にあるときの相互インダクタンスを求めなさい。ただし，#2 内の磁界の面内分布は一様とする。

(3)　#2 のみ$+z$方向に速さ$v(>0)$で等速運動させると，#2 のギャップに起電力が生じた。そして，この起電力は$z=z_0(>0)$で最大値をとる。z_0を求めなさい。ただし，#2 内の磁界の面内分布は一様とする。

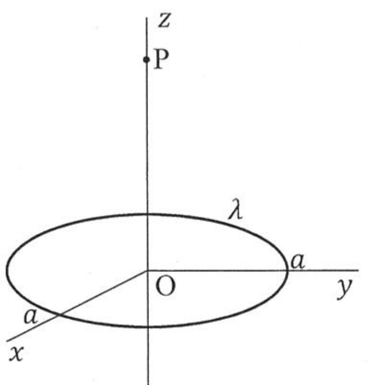

図 1

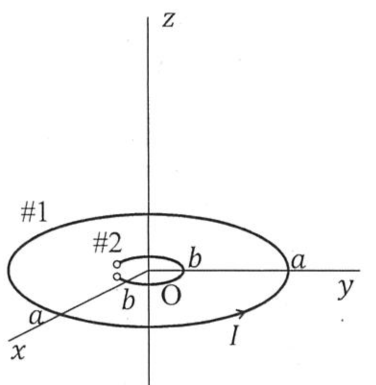

図 2

I　無記憶情報源 $S=\{s_1, s_2\}$ において s_1 の発生確率 $P(s_1)$ が p, $0 \le p \le 1$ であった。この無記憶情報源 S の出力を用いて $a_1 = s_1, a_2 = s_2$ とおき，送信記号集合 $A=\{a_1, a_2\}$ を構成する。この送信記号集合 A に属する記号 a_i を通信路行列が $T = \begin{bmatrix} 1-q & q \\ q & 1-q \end{bmatrix}, 0 \le q \le 1$ である通信路 C を介して送信したとき，受信記号集合 $B=\{b_1, b_2\}$ に属する記号 b_j が受信されるとする。通信路 C の通信路行列 T の i 行 j 列要素は，a_i を送信したときに b_j が受信される事象の発生確率を表す。このとき，以下の問に答えなさい。ただし，エントロピー関数 $H(x)$, $0 \le x \le 1$ は $H(x) = -x\log_2 x - (1-x)\log_2(1-x)$ であり，$x = \frac{1}{2}$ のとき最大値 1 となる。

問１　S の２次拡大情報源 S^2 のエントロピー $H(S^2)$ を求め，エントロピー関数 $H(p)$ を用いて表しなさい。

問２　符号 $\mathbb{C}$ では S^2 の情報源記号が符号化され，情報源記号 s_1s_1, s_1s_2 は右表に示す c_1, c_2 にそれぞれ符号化される。符号語 $c_k, c_\ell \in \mathbb{C}$ のハミング距離 $h(c_k, c_\ell)$ を用いて

$$d_{\min}(\mathbb{C}) = \min_{c_k \ne c_\ell, c_k, c_\ell \in \mathbb{C}} h(c_k, c_\ell)$$

と定義される $\mathbb{C}$ の最小ハミング距離 $d_{\min}(\mathbb{C})$ が3であり，s_2s_1, s_2s_2 それぞれの符号語 c_3, c_4 のハミング重み $w(c_3)$, $w(c_4)$ がいずれも3であるとする。このとき，符号語 c_3, c_4 となりえる符号語の組み合わせの数を求めなさい。ただし，ある符号語 c_a, c_b を $\mathbb{C}$ として採用できるとき，$c_3 = c_a$, $c_4 = c_b$ という割り当てと $c_3 = c_b$, $c_4 = c_a$ という割り当てがありえるが，符号語 c_3, c_4 となりえる符号語の組み合わせの数としては１つと数えることとする。

情報源記号	符号語
s_1s_1	$c_1 = 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$
s_1s_2	$c_2 = 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0$
s_2s_1	$c_3 =$
s_2s_2	$c_4 =$

問３　$H(B)$ を求め，エントロピー関数 $H(\alpha)$ を用いて表しなさい。ただし，$\alpha = p + q - 2pq$ とする。

問４　事後確率 $P(a_1|b_1)$ と $P(a_1|b_2)$ を求めなさい。

問５　$H(A|B)$ を求め，エントロピー関数を用いて表しなさい。そして，通信路 C の通信路容量を求めなさい。

I　以下の設問に答えなさい。

問１　図１は，線形リストを用いてデータの集まりを操作する処理を，C 言語の記法に則り記述している。

(1)　図１のプログラムを実行すると，プログラム中の①～⑥の処理によって，線形リストの構造がどのように変化するか，①～⑥の各処理が終了した直後の構造を，図を用いて説明しなさい。

(2)　図１に示す input と output の二つの操作を持つデータ構造の名称を答えなさい。

(3)　このデータ構造は配列でも実現できるが，線形リストを用いた場合との違いを説明しなさい。

(4)　このようなデータ構造は，どのようなデータ処理で利用されているか，一例を挙げなさい。

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
struct nd{
  char data;
  struct nd *next;
};
struct tag{
  struct nd *head;
  struct nd *tail;
};
void input(char data, struct tag *list){
  struct nd *new = malloc(sizeof(struct nd));
  new->data = data;
  new->next = NULL;
  if(list->head==NULL && list->tail==NULL){
    list->head = new;
    list->tail = new;
  } else {
    list->tail->next = new;
    list->tail = new;
  }
}
```

```
char output(struct tag *list){
  struct nd *tmp;
  char data='¥0';
  if(list->head != NULL){
    data= list->head->data;
    tmp = list->head;
    list->head = list->head->next;
    if(list->head==NULL) list->tail = NULL;
    free(tmp);
  }
  return data;
}
int main(void){
  struct tag list; char x;
  list.head = NULL; list.tail = NULL; //①
  input('a', &list);                  //②
  input('b', &list);                  //③
  input('c', &list);                  //④
  x=output(&list);                    //⑤
  x=output(&list);                    //⑥
  return 0;
}
```

図１

問２　図２は固定された３本の棒 A，B，C のいずれかに，中心に穴が空いた大きさの異なる n 枚の円盤すべてを大きい円盤が下になるように重ねた様子を表している（図２の例では３枚の円盤を，棒 A に重ねている）。これら n 枚の円盤を以下のルールに従って，移動することとする。

1. 一回の移動では，１枚の円盤を必ず棒 A～C のいずれかに移動する。
2. 動かせる円盤は，一番上の円盤だけとする。動かす円盤は，どの棒から選んでもよい。
3. 小さい円盤の上に大きな円盤を重ねてはならない。

n 枚のうち m 番目に小さい円盤（$1 \leqq m \leqq n$）が棒 X の一番上にあるとき，その円盤を棒 Y に移動する操作を move(m, X, Y)，n 枚の円盤すべてを棒 X から棒 Y に最小回数で移動する操作を trans(n, X, Y) と定義する。ただし X, Y は，棒 A, B, C の任意の２つを表す。

(1)　図２に示した３枚の円盤に対し，trans(3, A, B) を行う手順を，move(m, X, Y) を用いて示しなさい。

(2)　trans(n, X, Y)に必要な移動回数を a_n としたとき，a_1 の値および $n \geqq 2$ における a_n と a_{n-1} の関係式を求めなさい。

(3)　(2)で求めた関係式を用いて a_n を n で表しなさい。

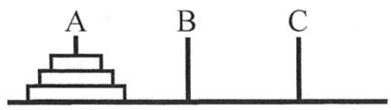

図２

令和４年度（１０月期入学）及び令和５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	電子情報通信学専攻	
試験科目名	専門科目 ⑥論理回路	P. 6 ／ 6

I　　以下の設問に答えなさい。

問１　以下の論理式を主加法標準展開しなさい。

$$F = (A \oplus B) \oplus C$$

問２　以下の等式を証明しなさい。

$$(A \oplus B) \oplus C = A \oplus (B \oplus C)$$

問３　以下の論理式を簡単化しなさい。ただし，4 ビットの 2 進数$(ABCD)$について，(0011)，(1001)，(1110)をドントケアとみなしなさい。

$$F(A,B,C,D) = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}D + A\bar{B}CD + A\bar{C}\bar{D} + AB\bar{C}D$$

問４　AND 論理と OR 論理と NOT 論理をそれぞれ NAND 論理のみで表しなさい。

問５　全加算器の真理値表を示しなさい。ただし，入力をAとB，桁上がり入力をC_i，和をS，桁上がり出力をC_oと表しなさい。

問６　排他的論理和ゲート２個と AND ゲート２個と OR ゲート１個を用いた全加算器の論理回路図を示しなさい。

問７　図１の論理回路図について，特性表を示しなさい。

問８　図１の論理回路図について，特性方程式を示しなさい。

問９　図２の論理回路図について，出力信号Yを含む状態遷移表を示しなさい。

問１０　図２の論理回路図について，応用方程式と出力の論理式を示しなさい。

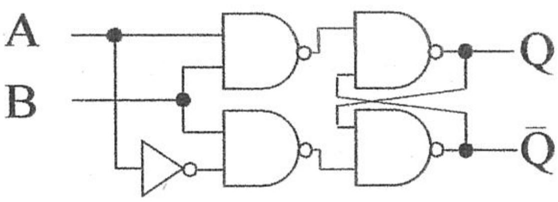

図 1

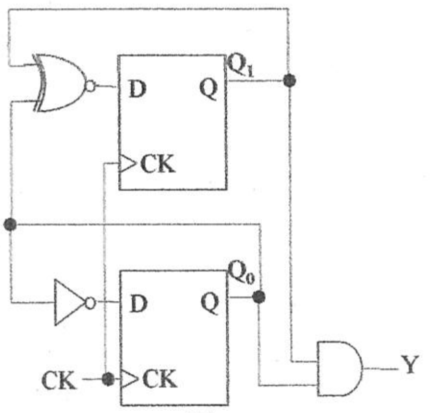

図 2