2011年2月17日実施

２０１１年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

電子システム型

【注意事項】

1．解答は問題番号１、２、３・・ごとに解答用紙１枚を使用すること。
2．解答用紙には専攻名、課程、受験番号、氏名、問題番号を解答用紙すべてに記入すること。
3．無記名答案は無効、問題用紙および解答用紙は持ち帰らないこと。
4．解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないこと。
5．専門科目の選択方法
問題用紙が事前に届け出ている型の問題であるか確認し、以下のような専門科目の選択方式に従って解答してください。

電子システム型：以下の数学・専門科目群の９問から４問選択。

◇数学
①数学Ⅰ：行列、ベクトル解析
②数学Ⅱ：複素関数
③数学Ⅲ：微分方程式、フーリエ解析

◇専門科目群
④電磁気学：静電界、定常電流による磁界、電磁誘導
⑤物性／半導体：結晶構造、Ｘ線回折、格子振動、電気伝導、pn接合、金属-半導体接合、光物性
⑥電気回路：直流・交流回路
回路の方程式（キルヒホッフの法則、閉路方程式、節点方程式など）
回路の諸定理（重ねの理、テブナンの定理）
四端子回路（二端子対回路）
⑦アナログ電子回路：トランジスタ、等価回路
⑧論理回路：ブール代数、論理ゲート、組合せ回路、順序回路
⑨計算機ソフトウェア：プログラミング、アルゴリズムとデータ構造

6．専門科目試験時間

数学型・物理型	１３：００～１５：００（１２０分）	試験時間中の途中退室は認めない。
数学型・物理型以外	１３：００～１６：００（１８０分）	試験時間中の途中退室は認めない。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

１～９の中から４問選択して解答すること。

１．数学Ⅰ

次の各問いに答えよ．（計算過程も示すこと）

（1）　3点 P(1, 4, 3), Q(5, -2, 5), R(3, 2, -3)を頂点とする三角形 PQR の面積を求めよ．

（2）　次の f に対して grad f を求めよ．ただし、a,b,c は定数とする．

$$f(x,y,z)=\frac{ax+by+cz}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}+\cos(2x-2y-3z)$$

（3）行列 A の固有値を求めよ．

$$\mathrm{A}=\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & -2 & 4 \\ 2 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

１～９の中から４問選択して解答すること。

２．数学Ⅱ

(1) 次の複素数の実部および虚部の値を求めよ．

(1a) $\sinh i\pi + \cos i\pi$

(1b) $3+i$ の３乗根

(1c) $2\ln(1+i)$

(2) 次の単一閉曲線 C_k の周りでの，以下の複素積分の値 I_k を求めよ．

$$I_k \equiv \int_{C_k} \frac{z+1}{(z-1)^2(z-5)} dz$$

(2a) C_1 : $|z-4| = 2$

(2b) C_2 : $|z+1| = 3$

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

3．数学Ⅲ

(1) 次の関数 $f(t)$ について以下の問に答えよ．ただし i は虚数単位とする．

$$f(t) = \begin{cases} 1, & |t| \le 2 \\ 0, & |t| > 2 \end{cases}$$

(a) $f(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$ を求めよ．

(b) 関数 $g(t)$ を次のように定義する．

$$g(t) = f(t-1) + f(t+1)$$

(b-1) $g(t)$ の概略図を描け．

(b-2) $g(t)$ のフーリエ変換を求めよ．

(c) (b-2) の結果を用いて積分

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin 2x \, \cos x}{x} dx$$

の値を求めよ．

(2) 以下の 2 階線形微分方程式の初期値問題の解を求めよ．
(ただし，$y' = \frac{dy(x)}{dx}$，$y'' = \frac{d^2 y(x)}{dx^2}$ を表わす)

$$y'' + 6y' + 9y = 0 \qquad (y(0) = 1,\ y'(0) = 0)$$

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

4．電磁気学

(1) 図1に示すような，厚さが $2a$ [m] で，面積が無限大の平板がある．平板の内部には電荷が一様に分布しており，電荷密度は ρ [C/m^3] である．平板の中心からの垂直方向の距離を r [m] とするとき，$0<r\leq a$，$a<r$ の各点について，電場 E [N/C] と電位 ϕ [V] を求めよ．ただし，平板の表面（すなわち $r=a$ となる点）を電位の基準とする．また，空間の誘電率は，平板の内部も含め，いたるところ ε_0 [F/m] であるとする．

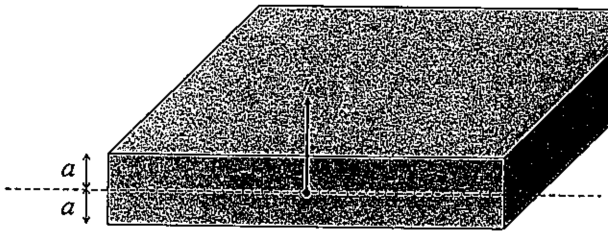

図1

(2) 図2のように，無限に長い直線状の導線に定常電流 I [A] が流れている．導線から r [m] 離れた点の磁場 H [Wb] について，以下の問いに答えよ．ただし，導線の太さは無視せよ．

(a) 磁場 H の大きさをアンペールの法則により求めよ．

(b) 磁場 H の大きさをビオ・サバールの法則により求めよ．

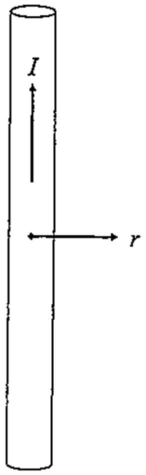

図2

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から４問選択して解答すること。

５．物性／半導体

解答時には，以下の物理量を使用して，計算を行いなさい．

必要があれば，ln 2=0.693, ln3=1.10, ln5=1.61, ln 10=2.30 を使用しなさい．

・室温でのシリコンの真性キャリア密度　$n_i=1.5\times10^{16}$　$\mathrm{m^{-3}}$

・電子の素電荷 $q=1.6\times10^{-19}$　C

・ボルツマン定数 $k_B=1.38\times10^{-23}$ J/K

・室温[T=300K]において，$k_B T/q=0.026$ V

・アボガドロ定数 $N_{AVO}=6.0\times10^{23}$ $\mathrm{mol^{-1}}$

解答用紙にはできる限り式を書くこと．式が正しい場合，正解でなくても部分点を与えることがある．

(1)アルミニウムは原子番号 13，原子量 26.9，抵抗率は 3μΩcm であり，図１のような，一辺の長さが 0.4nm の単位格子の構造をとる．以下の問いに答えなさい．

(A)本結晶格子の名称を書きなさい

(B)アルミニウムの最近接原子間距離 d [nm]を求めなさい．

(C)アルミニウム 1cm³ あたりに存在する原子数 n [個/cm³]を求めなさい．

(D)アルミニウムの密度 D [g/cm³]を求めなさい

(E)アルミニウムを用いて，絶縁体基板上に幅 0.2μm，厚み 0.5μm の配線を 1mm 延長させた時の，配線の両端での抵抗値 R [Ω]を求めなさい．

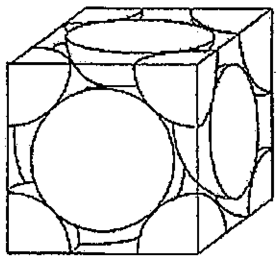

図１．アルミニウム結晶の構造

(2)シリコンを用いて作製した，階段型 PN 接合の模式図を図2に示す．

(A) ①～⑤に適切な言葉を書きなさい．ただし，②，③は結晶中を移動し電荷を運ぶことができる多数キャリアであり，④，⑤は結晶中に固定されているイオンである．

(B) P 型を接地電位(0V)として，N 型に＋2Vの正の電位を印加したときに，①の層の幅はどう変化するか，以下の3つの選択肢から選びなさい．

①変化しない②長くなる③短くなる

(C) ②のキャリア密度が $1.5\times10^{23}\ \mathrm{m^{-3}}$，③のキャリア密度が $1.5\times10^{23}\ \mathrm{m^{-3}}$ であるとしたときに，本 PN 接合が形成する拡散電位 V_{bi} [V]を求めなさい．

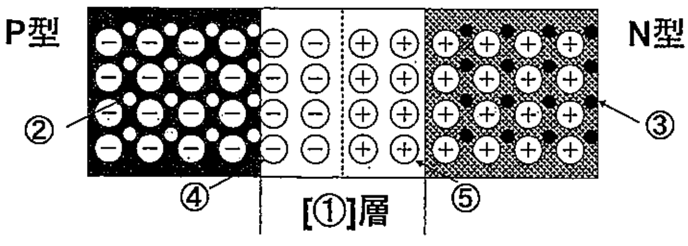

図２．ＰＮ接合の模式図

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

6．電気回路

図1，図2におけるコイルは一つの棒状の鉄芯に巻かれている。以下の各問に答えよ。

（1）図1における二つの黒点の意味を，「相互インダクタンス」を用いて説明せよ。

（2）図1における二つの黒点の意味を，「和動結合」，「差動結合」を用いて説明せよ。

（3）図1における端子bから見た端子aの誘導起電力$\dot{V}_{ab}$を記号法を用いて表せ。ただし，コイル1の自己インダクタンスをL_1，コイル2の自己インダクタンスをL_2，両コイルの相互インダクタンスの絶対値をMとせよ。

（4）上の問（3）と同様に，図1の誘導起電力$\dot{V}_{ad}$を記号法を用いて表せ。

（5）上の問（4）の解答から，二つのコイルを等価的な一つのコイルに置き換える場合の自己インダクタンスを示せ。

（6）図1において，コイル1，コイル2の巻き方がわかる図を描け。なお，端子a，b，c，dも示せ。

（7）図1のコイルの接続を変更して図2の回路を得たとする。図2における誘導起電力$\dot{V}_{ac}$を記号法を用いて表せ。

（8）図1の端子a，dからみたコイルの正味の巻回数（ターン数）および図2の端子a，cからみたコイルの正味の巻回数のうち，大きい方はどちらか。ただし，正味の巻回数とは，接続された複数のコイルを一つのコイルとみなし，これの巻方向を考慮した場合の巻回数である。

（9）上の問（5）の「等価的な一つのコイルの自己インダクタンス」と問（8）の「正味の巻回数」の関係を述べよ。

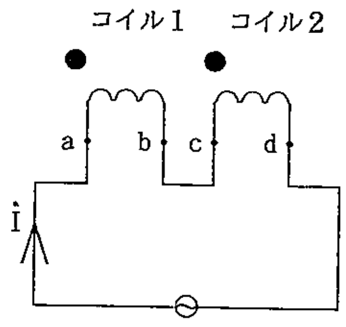

図1

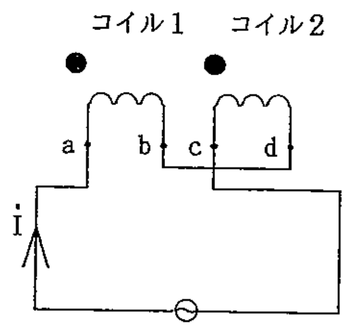

図2

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

<u>１～９の中から４問選択して解答すること。</u>

７．アナログ電子回路

［１］図１を参照し、次の問いに答えなさい。

１）出力電圧v_o の波形を示しなさい。

２）各信号波形を参考にしながら、本トランジスタ回路におけるバイアスと小信号の関係、およびバイアス電源(V_{BB}, V_{CC})の必要性について解説しなさい。

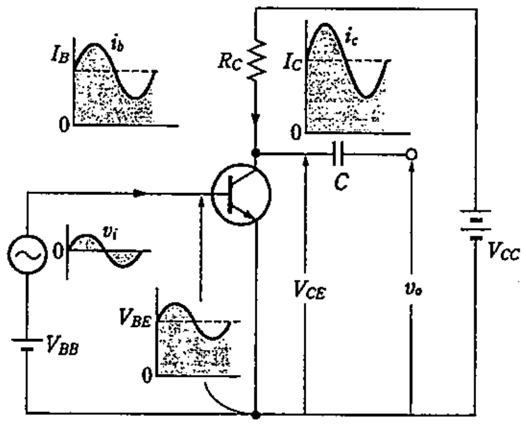

図１　エミッタ接地トランジスタ回路

［２］図２を参照し、次の問いに答えなさい。

１）ＯＰアンプの反転・非反転入力端子間の電圧は、仮想接地（イマージナル・ショート）となる。その原理について解説しなさい。
（適時、図や数式の利用可）

２）出力電圧 v_o を導出しなさい。

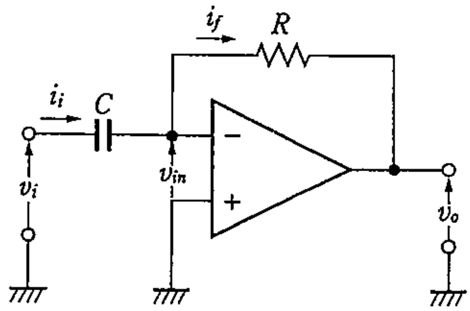

図２　OP アンプによる微分回路

以上

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

１～９の中から４問選択して解答すること。

8．論理回路

(1) 2進データ a_3, a_2, a_1, a_0 に含まれる1の数を表1のように符号化するとき，次の問いに答えよ.

表 1: 符号化

1の数	符号
0	(00)
1,2	(01)
3,4	(11)

(a) 符号を $(f_1 f_2)$ と表すとき，f_1 と f_2 に対する真理値表を示せ.

(b) $\overline{f_2}$ に対する最小項を示せ.

(c) f_2 の双対関数 f_2^{d} を求めよ.

(d) f_2^{d} の双対関数を求めよ.

(2) $X_i\,(i=0,1,2)$ を入力，$Q_j\,(j=0,1,2,3,4)$ を状態とする表2の順序回路について，次の問いに答えよ.

表 2: 状態遷移表

	δ			ω		
	X_0	X_1	X_2	X_0	X_1	X_2
Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	1	0	0
Q_1	Q_0	Q_2	Q_3	0	0	0
Q_2	Q_3	Q_0	Q_1	0	0	0
Q_3	Q_0	Q_4	Q_1	0	0	0
Q_4	Q_3	Q_0	Q_3	0	0	0

(a) 1次等価な状態を求めよ.

(b) 2次等価な状態を求めよ.

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

9．計算機ソフトウェア

実用上，最も高速なソーティングアルゴリズムの 1 つとして知られているクイックソートを C 言語の関数として記述したソースプログラムを以下に示す．

```
void quicksort(int a[], int i, int j)
{
    int p, l, r;

    if(check(a, i, j)) {
        p = findpivot(a, i, j);
        l = i;
        r = j;
        while(l <= r) {
            swap(&a[l], &a[r]);
            while(a[l] < p)
                l++;
            while(a[r] >= p)
                r--;
        }
        quicksort(a, i, l - 1);
        quicksort(a, r + 1, j);
    }
}
```

quicksort 関数は，引数の int 型配列 a の第 i 要素から第 j 要素まで（a[i] ～ a[j]）の中から軸(pivot)となる要素を選び，それをもとに配列を並べ替える．プログラム中の swap 関数は，2つの int 型ポインタを引数にとり，それらの指す値を入れ替える関数であり，check 関数は引数の a[i] ～ a[j]の値がすべて同じであれば 0 を返し，そうでない（異なる値が存在する）ならば 1 を返す関数，また，findpivot 関数は引数の a[i] ～ a[j]の中から軸となる値を選んで返す関数として，それぞれ用意されていることとする．

(1) ～ (4)の設問に答えよ．

(1) 要素が{5, 7, 4, 0, 8, 1, 3, 6, 9, 2}の配列を上記の quicksort 関数に与えた場合のソーティングの過程を示せ．ただし，軸は常に対象の先頭（a[i] ～ a[j] の場合，a[i]）が選ばれることとする．

(2) 軸の選択として適切な方法をいくつか示せ．また，それらのうち一つを上記のプログラムにあてはまる findpivot 関数として C 言語で書け．

(3) 軸には，常に対象の中央値（昇順に並び変えた場合，中央に位置する値）が選ばれると仮定して，n個の要素をクイックソートで並べ替える場合の計算量のオーダーを示せ．計算過程も書きなさい．ただし，$n > 1$ であり，また，軸の選択の計算量のオーダーは$O(n)$以下とする．

(4) n個の要素をクイックソートで並べ替える場合，考えられる最悪の計算量のオーダーを示せ．また，(1)同様，先頭要素が軸に選ばれるとすると，最悪の計算量となるデータの並びはどのようなものか示せ．