

平成19年度 名古屋大学大学院工学研究科 博士課程（前期課程）  
電子情報システム専攻

## 入学試験問題

### 外 国 語 （ 英 語 ）

（平成18年8月22日（火）10:00～12:00）

### 注 意

1. 問題は3問題よりなっている。全問題を解答せよ。
2. 解答は問題ごとに別の答案用紙に書き、それぞれ問題番号、受験番号を上端に記入せよ。氏名は記入してはならない。なお、草稿用紙が1枚ある。解答が用紙の裏面にまわる場合は、答案用紙下部にその旨明示すること。又、上部横線に相当する位置以下に書くこと。
3. 問題用紙、答案用紙、草稿用紙はすべて持ち出してはならない。
4. 携帯電話は時計としても使用してはならない。電源を切ること。

1

次の文章を読んで設問に答えなさい。

Complex systems like Earth's climate may organize themselves to produce entropy at the maximum rate permitted by their circumstance. A paper in the *Journal of Physics A* shows why, but concedes<sup>\*1</sup> that it is only usually true.

① Carnot compared the flow of heat from hot to cold to the downhill flow of water, although he said nothing about how fast the heat would flow. Much modern ① thermodynamics considers just such nonequilibrium<sup>\*2</sup> situations in which an external input flow of energy keeps things moving. Planetary climate is just such a situation, with the tropics being kept warm by extra sunlight. As heat flows from warm to cold, it can perform work, generating our weather. But how much work?

*Edward Lorenz*, the "father of chaos," pointed out in 1960 that the work output of Earth's atmosphere might be close to the maximum possible. Based on the observed state of the Earth, he argued that if the heat flow were lower than it is, the resulting large temperature gradients would drive motions more vigorously. The system should therefore tend to a maximum in work output.

More recent investigations tend to be inspired by the work of *Paltridge*. ② Likening the ever-increasing resolution of general circulation models<sup>\*3</sup> to attempts to understand a gas by monitoring every molecule, Paltridge sought an overall principle that might capture the net behavior of the atmosphere. He found that satisfactory agreement with Earth's climate state could be obtained by assuming that the atmospheric heat transports organized themselves to a maximum entropy production (MEP) state—a state in which ③ the work output, the product of the heat flux<sup>\*4</sup> and the temperature gradient driving it, is largest.

This idea suffered from two main criticisms. First, *Paltridge's* result, while not disputed, could simply be coincidence. But that argument became harder to sustain with the realization that Saturn's moon Titan seems also to be in an MEP state: ④ The temperatures observed there require heat transport to be very weak, as predicted from MEP, whereas the conventional expectation would be that transport should be very strong on this small, slowly rotating world with its thick atmosphere.

A second objection was that *Paltridge* offered no reason for why systems should choose this state. *Dewar's* paper may have finally filled that void<sup>\*5</sup> by showing, with the formal ⑤ algebra of information theory and ⑥ statistical mechanics developed by *Jaynes*, how the maximum entropy production state becomes the most probable state—if the system is forced weakly enough to be able to choose which state to reside in.

(出典) Ralph Lorenz, *Science*, 299, 837-838 (2003)より抜粋, 一部改変

(注)本文中の斜体部分は雑誌名または人名である。

\*1. concede that ~: ~と認める, \*2. nonequilibrium: 非平衡,

\*3. resolution of general circulation models: 大循環モデルの解像度,

\*4. heat flux: 熱流束, \*5. void: すき間, 欠落

## 設問

- (1) 下線部①から③の学問分野の日本語名称を記しなさい。
- (2) 下線部④を日本語に訳しなさい。人名は原文のままにかまわない。
- (3) 下線部⑤を日本語に訳しなさい。人名は原文のままにかまわない。
- (4) 下線部⑥を日本語に訳しなさい。略号は原文のままにかまわない。
- (5) 二重下線部⑦の意味することを, the work output を A, the heat flux を B, the temperature gradient を C として, A, B, C を用いて数式で表しなさい。
- (6) Paltridge の理論に対する 1 番目と 2 番目の批判 (反論) の要点をそれぞれ簡潔に書け。

2 次の文章を読んで設問に答えなさい。

When a very small quantity of an oil, such as olive oil, is placed upon a large clean surface of water, ①the oil spreads rapidly upon the water surface until a definite area has been covered and then the oil shows little or no tendency to spread further. The writer's attention was first called to this remarkable observation by reading an article by A. Marcellin on the "Minimum Thickness of Oil Films on Water."

Miss A. Pockels showed that very small amounts of oil on the surface of water have no appreciable effect on the surface tension, but that the surface tension begins to decrease suddenly when the amount of oil per unit area is increased beyond a certain sharp limit.

Lord Rayleigh repeated these experiments and clearly pointed out the importance of the ②phenomena, in the explanation of the mechanism of surface tension. In Miss Pockels' and in Rayleigh's experiments ③a very small amount of oil is placed on water contained in a long narrow tray. The oil is prevented from spreading over the whole surface by barriers consisting of two strips<sup>\*1</sup> of glass placed across the tray and resting on the edges. By sliding these barriers along the tray the area of water, on which the given quantity of oil may spread, can be varied at will. ④Rayleigh measured the surface tension of the contaminated water between the barriers by a certain method; that is, a thin blade<sup>\*2</sup> was mounted in a balance<sup>\*3</sup>, its plane being vertical and its lower horizontal edge dipping under the surface of the water. As the "thickness" of the oil film was varied by shifting the position of one of the barriers, the surface tension changed in the manner shown in Fig. I, which represents a curve obtained with a film of castor-oil<sup>\*4</sup>. Thus castor-oil only begins to have an appreciable effect on the surface tension of water when it is present in sufficient quantity to form a layer  $1.3 \times 10^{-7}$  cm thick. When however, the thickness of the film is increased beyond this point (S in Fig. I), then the surface tension rapidly falls as is shown by the portion of the Curve ST. From this point on, the surface tension changes only slowly (Curve TV). Rayleigh attributes the slight decrease between T and V to a "⑤want of homogeneity" in the oil, that is, to the presence of impurities. He says: "It would seem as if the surface still retained an affinity for some minor ingredient capable of being extracted, though satiated<sup>\*6</sup> as regards the principal ingredient."

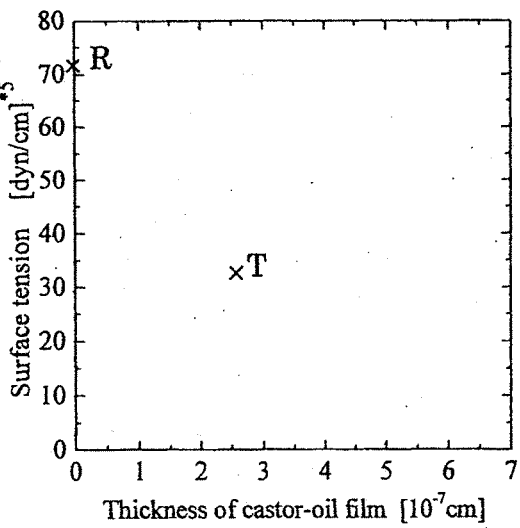


Fig. I

Rayleigh thus believes that the point S (Fig. I) corresponds to a layer one molecule deep and implies that the point T corresponds to a double layer of molecules.

(出典) I. Langmuir, *J. Am. Chem. Soc.*, 39, 1848-1906(1917)より抜粋, 一部改変

(注) \*1. strip: 細長い小片(短冊), \*2. blade: この文章では「小さい平板」を意味する,

\*3. balance: 天秤, \*4. castor-oil: ひまし油, \*5. dyn:  $1\text{dyn}=10^{-5}\text{N}$ , \*6. satiate: 飽和させる

### 設問

- (1) 下線部①, ④, ⑤を日本語に訳しなさい。
- (2) 下線部②の語の単数形を書きなさい。
- (3) 下線部③の記述を説明するための図を描きなさい。
- (4) Fig. I中に描かれるべき, 1つの曲線の概形をスケッチしなさい。ただし, この曲線上には点R, S, T, Vがあり, 点R, TはFig. I中で示される位置にある。解答用紙には, 横軸と縦軸(目盛りは不要, 軸の説明は英文でよい), 曲線および曲線上の点R, S, T, Vを明示しなさい。
- (5) この文章のタイトルとして最も適切なものを以下から選択しなさい。
  - (a) Absorption equilibrium
  - (b) Rayleigh and Pockels
  - (c) Properties of oil films on water
  - (d) Why do oils spread on water?

3

次の和文(1)～(4)を英語に訳しなさい。

- (1) 昔、地球が丸く、太陽のまわりを回っていることを人々は知らなかった。
- (2) この新しい材料は、従来の金属とは全く異なったいくつかの性質を持っている。
- (3) 彼の理論は、極端な単純化のために多くの研究者から批判されてきた。
- (4) アメリカの科学者たちは、宇宙に太陽の1000億倍の大きさとも思われる新しい物体を発見したと言っています。しかし、その物体がブラックホールなのか、あるいは、新しい未知の物体なのかはわからないと言っています。

平成19年度 名古屋大学大学院工学研究科 博士課程（前期課程）  
電子情報システム専攻

## 入学試験問題

### 基 礎

(平成18年8月22日(火) 13:30～16:30)

### 注 意

1. 6問中4問を選んで答えよ。
2. 解答は問題ごとに別の答案用紙に書き、それぞれ問題番号、受験番号を上端に記入せよ。氏名は記入してはならない。なお、草稿用紙が1枚ある。解答が用紙の裏面にまわる場合は、答案用紙下部にその旨明示すること。又、上部横線に相当する位置以下に書くこと。
3. 問題用紙、答案用紙、草稿用紙はすべて持ち出してはならない。
4. 計算機類は使用してはならない。
5. 携帯電話は時計としても使用してはならない。電源を切ること。

1

1. 次の定積分を求めよ。

1)  $\int_0^1 \frac{\sqrt{1-x^2}}{1+x} dx$

2)  $\int_0^{2e} \log_e x dx$

2. 以下の問に答えよ。ただし、 $a > 0$ ,  $a \neq 1$ とする。

1)  $\frac{d}{dx} \log_a x = \frac{1}{x \log_e a}$  であることを、導関数の定義と  $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e$  より導け。

2)  $\frac{d}{dx} a^x = a^x \log_e a$  であることを、1)の結果を用いて導け。

3. 自然数  $n$  に対して  $I_n = \int (\cos^{-1} x)^n dx$  とおく。

1)  $\frac{d}{dx} (\cos^{-1} x)^n$  を求めよ。ただし、 $\frac{d}{dx} \cos^{-1} x = \frac{-1}{\sqrt{1-x^2}}$  である。

2) 3以上の自然数  $n$  に対して、 $I_n = x(\cos^{-1} x)^n - n\sqrt{1-x^2}(\cos^{-1} x)^{n-1} - n(n-1)I_{n-2}$  であることを示せ。



## 2

1. 連立1次方程式  $Ax = b$  を考える。ただし、

$$A = \begin{pmatrix} a & 1 & -1 \\ 1 & a & -1 \\ -1 & -1 & a \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}, \quad x = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

とする。次の間に答えよ。

- 1)  $|A| = 0$  となるような定数  $a$  の値を求めよ。
- 2)  $|A| = 0$  のとき、行列  $A$  の階数を求めよ。
- 3)  $|A| = 0$  のとき、 $Ax = b$  が解をもつような  $b$ 、およびそのときの解を求めよ。また、解全体はどのような図形を表すか。

2.  $A$  を  $n$  次実対称行列とする。 $A$  の固有値を  $\lambda_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )、 $\lambda_i$  に対応する正規化された固有ベクトルを  $u_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) とし、 $n$  次正方行列  $P$  を

$$P = (u_1 \ u_2 \ \dots \ u_n)$$

とする。また、線形変換  $v \rightarrow Av$  および  $v \rightarrow Pv$  を考える。このとき、以下の間に答えよ。

- 1)  $P$  によって、原点が不変であること、および任意の2点間の距離が不変であることを示せ。
- 2) 1) の結果より、 $n = 2$  のとき  $P$  はどのような操作を表すか。
- 3)  $n = 2$  のとき  $A$  はどのような操作を表すか。

## 3

1. 次の問に答えよ。

1) 微分方程式  $\frac{dy}{dx}(x^2 - 1) = 2y$  の一般解を求めよ。

2) 微分方程式  $\frac{dy}{dx} - y = x$  の一般解を求めよ。

2. 次の連立微分方程式を考える。

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -x - \omega y \\ \frac{dy}{dt} = \omega x - y \end{cases}$$

ここで  $\omega$  は正の実数である。次の問に答えよ。

1) 一般解を求めよ。

2)  $t = 0$  で  $(x, y) = (1, 0)$  とする。  $\omega = 2\pi$  の場合、  $t = 0$  から始まり、  $t$  が増加するときの  $x-y$  平面上での解曲線の概形を図示せよ。

3. 円群

$$(x + a)^2 + y^2 = a^2 - 1 \quad (a > 1) \quad (1)$$

に直交する曲線群を次の手順で求めよ。

1) 式 (1) からパラメータ  $a$  を消去し、円群の満たす 1 階の常微分方程式を求めよ。

2) 円群 (1) に直交する曲線群の満たす常微分方程式が

$$2xy + (-x^2 + y^2 + 1) \frac{dy}{dx} = 0 \quad (2)$$

で与えられることを示せ。

3) 常微分方程式 (2) を

$$2xy dx + (-x^2 + y^2 + 1) dy = 0 \quad (3)$$

と書く。これに  $\frac{1}{y^2}$  をかけた方程式が完全微分方程式になることを示せ。また、この完全微分方程式を解いて直交曲線群の方程式を求めよ。

4

真空中の静電場に関する以下の問いに答えよ。ただし、真空中での誘電率を $\epsilon_0$ とする。

- 1) 半径  $a$  の球内に電荷が一様に分布している。球内の電荷密度を $\rho$ 、球の中心を原点とした位置ベクトルを $\vec{r}$  (大きさ $r$ ) とする。位置 $\vec{r}$ における電場を $a, r, \rho, \vec{r}, \epsilon_0$ を用いて表わせ。
- 2) 1)の場合の電位 (静電ポテンシャル) を $a, r, \rho, \epsilon_0$ を用いて表わせ。ただし、無限遠での電位を0とする。
- 3) 一様な電荷密度 $\rho$ で電荷が分布している半径  $a$  の2つの球が、図1に示すような位置にある。 $z$  軸上の任意の点  $P(0, 0, b)$  における電場と電位を $a, b, \rho, \vec{k}, \epsilon_0$ を用いて表わせ。ただし、 $\vec{k}$  は $z$  軸正方向の単位ベクトルとする。
- 4) 図2に示すように一様な電荷密度 $\rho$ で電荷が分布している半径  $a$  の球内に電荷を帯びていない半径  $a/2$  の球形の空洞がある。空洞の内部の電場を $a, \rho, \vec{k}, \epsilon_0$ を用いて表わせ。
- 5) 図2の点  $Q(0, 0, -a)$  と点  $R(0, 0, a)$  での電場の大きさの比  $E_Q/E_R$  を求めよ。

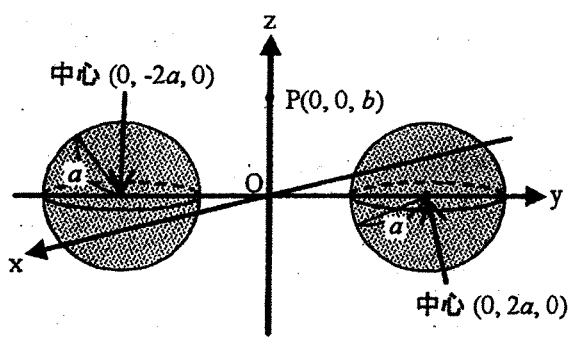


図1

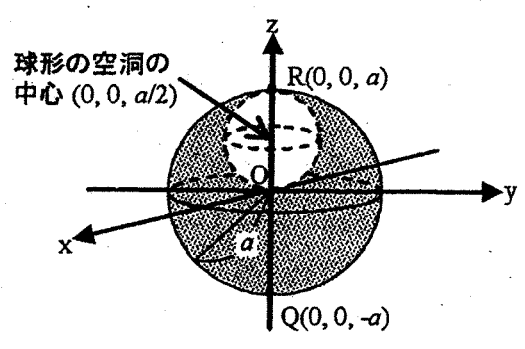
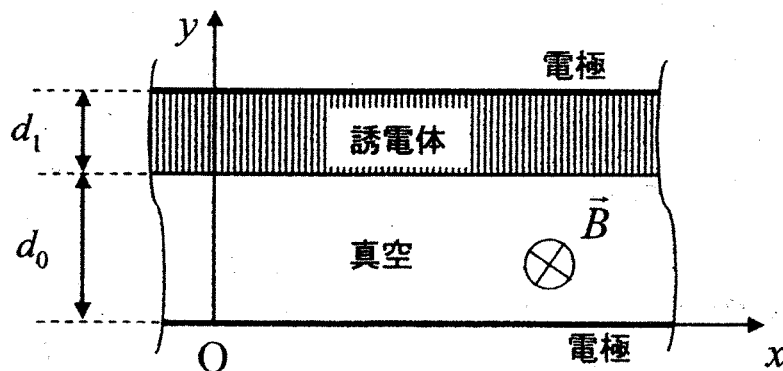


図2

5

図のように真空（厚さ  $d_0$ ）と誘電体（厚さ  $d_1$ ）を  $y=0$  と  $y=d_0+d_1$  の位置にある2枚の無限平面電極で挟んだ試料がある。下部電極の電位は0であり、紙面に向かって垂直方向（ $-z$ 軸方向）に磁束密度  $\vec{B}=(0,0,-B)$  が一様に印加されている。真空、誘電体の誘電率をそれぞれ  $\epsilon_0, \epsilon_1$ 、素電荷を  $e$ 、電子の質量を  $m$  とする。以下の問いに答えよ。

- 1) 上部電極に電圧  $V$  を印加したときの定常状態における真空中の電場  $\vec{E}_0=(0,-E_0,0)$ 、誘電体中の電場  $\vec{E}_1=(0,-E_1,0)$  を求めよ。
- 2) 初速度  $\vec{v}=(v,0,0)$  の電子を真空中で電極と平行に直進させるために必要な電圧  $V$  を求めよ。
- 3) 上部電極に正の電圧  $V$  を印加し、 $t=0$  において下部電極の位置  $O(0,0,0)$  にある初速度0の電子が真空中を運動する軌跡  $(x,y,z)$  を考える。なお、必要であれば  $\omega=eB/m$  を用いて良い。
  - a) 電子の速度  $\vec{v}(v_x, v_y, v_z)$  に関する運動方程式を示し、初期条件より  $xy$  平面内の運動であることを示せ。
  - b)  $v'_x=v_x-E_0/B$  とおくと、 $v'^2_x+v'^2_y=定数$  になることを導け。
  - c) 電子の軌跡  $(x,y,z)$  を時間の関数として表せ。
- 4) 3) において誘電体表面に電子が衝突しない電圧  $V$  の条件を求めよ。

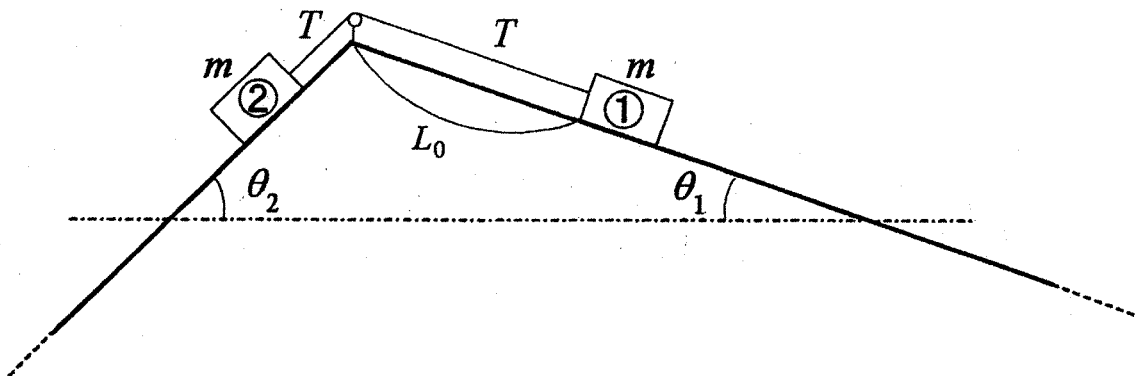


図

## 6

質量がともに  $m$  の物体①, ②を質量の無視できるひもでつなぎ, 水平との傾きが  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  ( $\theta_2 > \theta_1$ ) の十分に長い斜面にのせた。  $\theta_1$  と  $\theta_2$  はそれぞれ  $90$  度より小さい。 ひもは斜面の上端に設置したなめらかな丸棒にかけてあり, ひもの張られた方向と斜面は平行である。 斜面と物体との間の静止摩擦係数を  $\mu$ , 動摩擦係数を  $\mu'$  および重力加速度を  $g$  とし以下問いに答えよ。 ただし, 物体①の先端は, 初めに斜面の上端から  $L_0$  の位置に置いたとする。

- 1) 物体がまさにすべり始まる瞬間に成り立つ水平との傾きと摩擦係数の関係を示せ。
- 2) 物体がすべり出してから成り立つこの系の運動方程式をひもの張力を  $T$  として示せ。
- 3) 斜面に沿ってすべっている物体につながれたひもの張力  $T$  を求めよ。
- 4) 物体①がすべり始めてから斜面に沿って距離  $s$  進んだ場合の物体の速度  $v$  を求めよ。 ただし, 物体①の先端は斜面の上端に達しないとする。
- 5) 斜面に沿って距離  $s'$  ( $s' < L_0$ ) 進んだ後で, 物体をつないでいるひもを切る。 ひもを切った後も物体①の先端が, 斜面の上端に達しないための  $s'$  の条件を示せ。



⊠

平成19年度 名古屋大学大学院工学研究科 博士課程（前期課程）  
電子情報システム専攻

## 入学試験問題

### 専 門

(平成18年8月23日(水) 9:00～12:00)

### 注 意

1. 8問中4問を選んで答えよ。
2. 解答は問題ごとに別の答案用紙に書き、それぞれ問題番号、受験番号を上端に記入せよ。氏名は記入してはならない。なお、草稿用紙が1枚ある。解答が用紙の裏面にまわる場合は、答案用紙下部にその旨明示すること。又、上部横線に相当する位置以下に書くこと。
3. 問題用紙、答案用紙、草稿用紙はすべて持ち出してはならない。
4. 計算機類は使用してはならない。
5. 携帯電話は時計としても使用してはならない。電源を切ること。

1

図1のように2回線送電線を通じて、電圧の大きさと位相が常に一定の無限大母線へ電力を供給している三相对称の電力系統を考える。図1は一相分の等価回路を表し、 $X$ は1回線の線路リアクタンスを表す。また、 $E_r$ および $E_s$ はそれぞれ無限大母線および送電端の線間電圧の実効値であり、 $E_r$ に対する $E_s$ の位相角は $\delta$ (進み位相)である。発電機の内部インピーダンスを無視する。以下の各問に答えよ。

- (1)  $E_r$ 、 $E_s$ 、 $X$ および $\delta$ を用いて、2回線送電時における発電機の出流電流のベクトル $I$ を表す式を示せ。
- (2) 2回線送電時の送電電力 $P_E$ を表す式について、(1)で導出した $I$ の式を用いて、導出の過程を含めて示せ。また、 $P_E$ と $\delta$ との関係(電力-位相角曲線)を図示せよ。
- (3) 2回線で $P_E$ を送電中に1回線が遮断された。1回線送電時の電力-位相角曲線を(2)の図中に併記せよ。また、1回線送電時も発電機への機械的入力 $P_M$ が変化しない場合について、新しい安定平衡点における位相角 $\delta_1$ を図中に示せ。
- (4) (3)において、1回線送電の安定平衡点に至る過程で $\delta$ が満たすべき条件とその理由について、(2)および(3)で示した図を用いて述べよ。
- (5) 図1の発電機がガス-蒸気コンバインドサイクル発電の場合、 $P_M$ は具体的には何を示すか答えよ。
- (6) 電力系統では、回線遮断等の擾乱時だけでなく、定常時においても長短様々な周期の電力需要の変動に対して需給バランスを保ち、周波数を一定に維持している。下記の各項目について、対応する需要変動周期の短い順に答えよ。
  - (a) 負荷周波数制御
  - (b) 発電機ガバナフリー運転
  - (c) 経済負荷配分制御
  - (d) 電力需要の自己制御特性

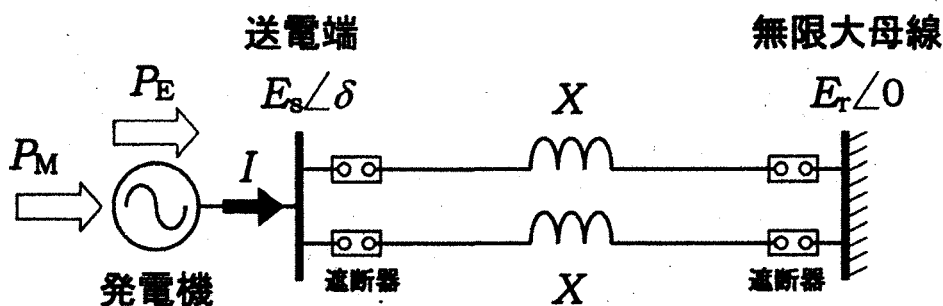


図1

2

図1に示すように、抵抗  $R$ 、容量  $C$  のコンデンサおよび、自己インダクタンス  $L$  と相互インダクタンス  $M$  の変成器からなる回路に、電圧の実効値  $E$ 、角周波数  $\omega$  の正弦波交流電圧源が接続されている。以下の問に答えよ。

- (1) 端子  $ab$  間の電圧  $V_{ab}$  を求めよ。また、コンデンサの容量  $C$  を  $0$  から無限大に変化させたときの  $V_{ab}$  の電圧軌跡を図示せよ。なお、 $C=0$  および無限大の時の軌跡の位置を明示せよ。
- (2)  $E$  と  $V_{ab}$  の位相差が  $90$  度になるための  $C$  の値を求めよ。

問 (2) で求めた条件を満たす  $C$  の下で、以下の問いに答えよ。

- (3) 端子  $ab$  間に抵抗  $R_1$  を接続したとき、抵抗  $R_1$  に流れる電流  $I_1$  をテブナンの定理を用いて求めよ。
- (4) 角周波数  $\omega$  を変化させたとき、抵抗  $R_1$  で消費される電力  $P_1$  が最大になるときの  $\omega_1$  および  $P_1$  を求めよ。
- (5) 角周波数  $\omega_1$  のとき、 $R_1$  を変化させて  $P_1$  が最大になるときの  $R_1$  および  $P_1$  を求めよ。
- (6) 問 (5) で求めた条件のとき、電源から供給される電流  $I_0$  を、 $E$  を用いて表せ。ただし、 $M \ll L$  とする。

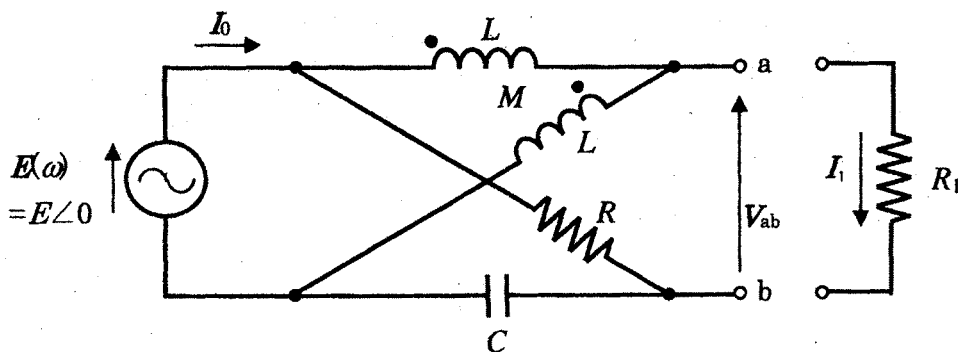


図1



次式で定義されるエミッタ接地回路の  $h$  パラメータを用いて図1の増幅器に関する以下の問に答えよ。ここで  $v_i, i_i, v_o, i_o$  は、それぞれ、入力電圧、入力電流、出力電圧、出力電流である。

$$\begin{pmatrix} v_i \\ i_o \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{ic} & h_{re} \\ h_{fe} & h_{oc} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_i \\ v_o \end{pmatrix}$$

ただし、問題を解く際には下記の条件に従うこと。

- ・  $h_{re}$  と  $h_{oc}$  は十分小さく無視できるとし、また、 $h_{fe}$  は十分大きく、 $h_{fe} \gg h_{ie}/R_{E1}$  と近似して良い。
- ・ 図中のトランジスタの特性はすべて等しい。
- ・ 容量  $C_1, C_2, C_3$  は十分大きく、考えている信号周波数でそのインピーダンスは無視できる。
- ・ 出力インピーダンスを求める時は、入力には理想的な電圧源を接続したと考えること。

1. 図1(a)の増幅器の電圧増幅率  $A_v = v_{out}/v_{in}$ 、及び、出力インピーダンスを求めよ。
2. 図1(b)の増幅器の電圧増幅率  $A_v = v_{out}/v_{in}$ 、及び、出力インピーダンスを求めよ。
3. 図2に示された  $I_C$ - $V_{CE}$  特性、 $I_B$ - $V_{BE}$  特性を持つトランジスタを用いて、図1(a)の増幅器の  $R_1, R_2, R_C, R_{E1}$  を設計せよ。ただし、動作点は  $I_C$ - $V_{CE}$  特性の P 点とし、 $V_{CC} = 20V, A_v = 9, I_1 = 0.1mA$  とする。
4. 図1(a)の増幅器に  $1k\Omega$  から  $10k\Omega$  で変動する負荷抵抗  $R_L$  を接続することを考える。この時、図1(a)の出力に直接負荷抵抗を接続した場合と、図1(c)に示すように、図1(b)の回路を介して接続した場合の出力の振る舞いを述べ、部分回路IIの効果の説明せよ。

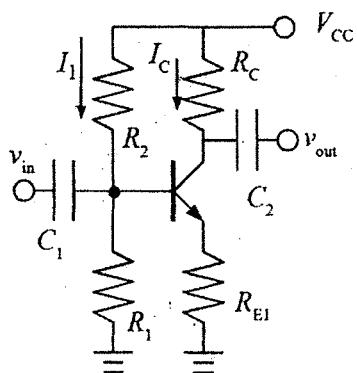


図1(a)

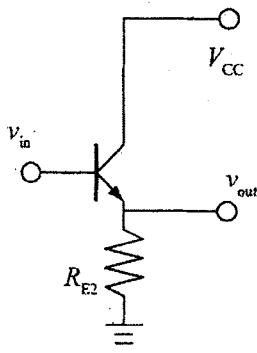


図1(b)

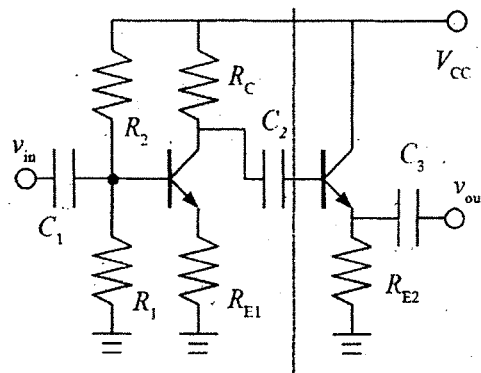


図1(c)

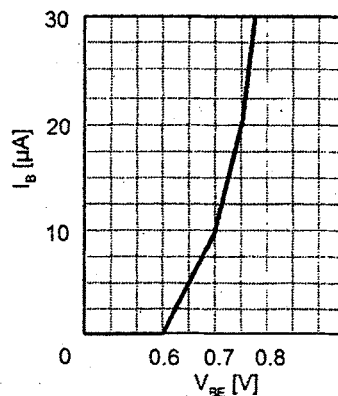
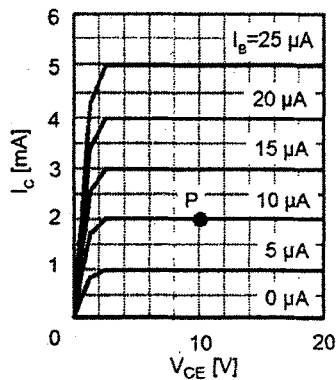


図2

4

pn 接合について考える。ただし、接合前の p 型, n 型それぞれにおける価電子帯の頂上のエネルギー  $E_{vp}$ ,  $E_{vn}$  と伝導帯の底のエネルギー  $E_{cp}$ ,  $E_{cn}$ , フェルミエネルギー (フェルミ準位)  $E_{Fp}$ ,  $E_{Fn}$  を図 1 に示す。また、接合前のアクセプタ, ドナーは、ともにイオン化して正孔, 電子を価電子帯, 伝導帯に供給し、電気的中性を保っているとする。次の問に答えよ。

- (1) pn 接合を作った場合のエネルギーバンド図とフェルミエネルギー  $E_F$  を図示せよ。ただし、接合面を  $x=0$ ,  $x<0$  を p 型領域,  $x>0$  を n 型領域とする。
- (2) 接合した場合の電位障壁 (拡散電位あるいは内蔵電位)  $V_D$  の大きさを,  $E_{vp}$ ,  $E_{vn}$ ,  $E_{cp}$ ,  $E_{cn}$  および電子電荷  $-e$  のうち必要な記号を用いて表せ。
- (3) イオン化したアクセプタ密度を  $N_A$ , ドナー密度を  $N_D$ , 真空の誘電率を  $\epsilon_0$ , この物質の比誘電率を  $\epsilon$  とした場合, p 型, n 型それぞれの領域における電位分布  $\phi_p(x)$ ,  $\phi_n(x)$  に対するポアソン方程式を示せ。ただし、接合後の空乏層内ではキャリアが存在しないとする。
- (4) p 型, n 型それぞれの領域において、接合面から考えて電界が 0 となる位置をそれぞれ  $-x_p$ ,  $x_n$  とした場合, (3) を用いて p 型, n 型それぞれの領域における電位  $\phi_p(x)$ ,  $\phi_n(x)$  を表す式を求めよ。ただし,  $\phi_p(0) = \phi_n(0) = 0$  とする。
- (5)  $x$  軸に対する電界分布の概略を図示せよ。
- (6) (4) より,  $x_p$ ,  $x_n$  を用いて  $V_D$  を求めよ。

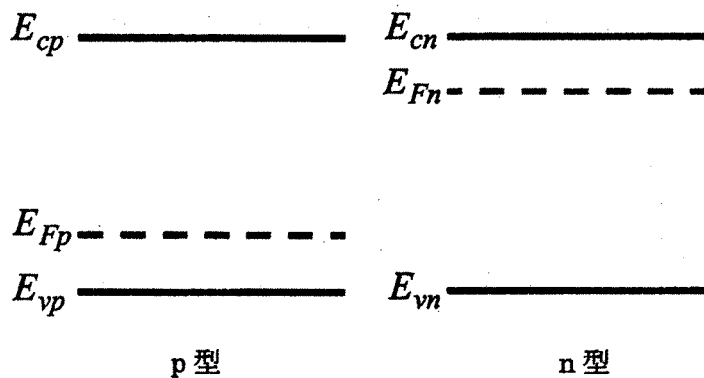


図 1

5

図1の状態遷移図で表されるミーリー型順序回路について考える。次の問に答えよ。

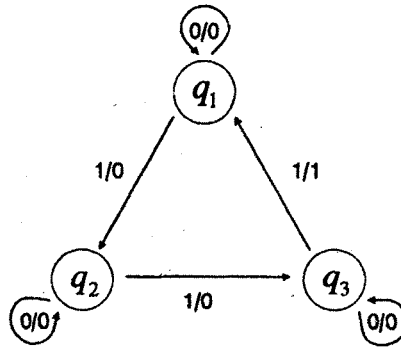
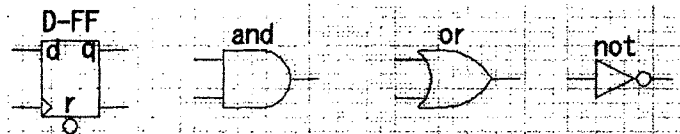


図1：状態遷移図

- (1) 図1の状態遷移図より，入力  $x$ ，出力  $z$  として状態遷移表を作成せよ。
- (2) 各状態  $q_i$  ( $i=1,2,3$ ) を論理変数  $Q_1, Q_2$  を用いて，状態  $q_i=(Q_1, Q_2)$  と表現し，具体的な値割り当てを  $q_1=(0,0)$ ， $q_2=(0,1)$ ， $q_3=(1,0)$  とする。状態  $q_i$  が入力  $x$  により遷移した先の状態  $q_j$  を論理変数  $Q'_1, Q'_2$  を用いて  $q_j=(Q'_1, Q'_2)$  と表現するとき， $Q'_1, Q'_2$ ，および出力  $z$  のそれぞれについて，入力  $x$  と  $Q_1, Q_2$  によるカルノー図を描け。また， $Q'_1, Q'_2$ ，および出力  $z$  について，項数が最小となるように単純化した論理式を示せ。
- (3) エッジトリガ D-FF と論理素子 (and, or, not) を用いて図1の状態遷移を実現する順序回路を示せ。ただし，回路の表記には以下の記号を用いよ。



- (4) 図1の状態遷移図を図2のように  $n$  状態に拡張した場合，この状態遷移を D-FF を用いた順序回路により実現するために必要な D-FF の個数  $k$  と，状態数  $n$  の関係を説明せよ。

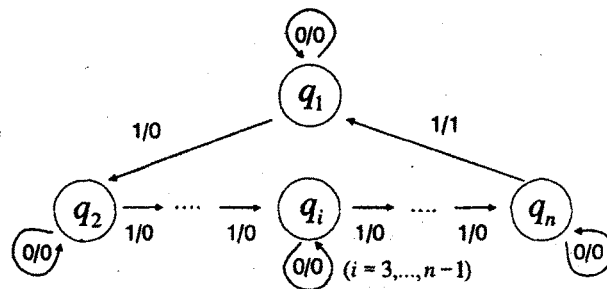


図2： $n$ 状態に拡張した状態遷移図

6

線形時不変システムが与えられ、標本化周期は1であるとする。この時、システムのインパルス応答  $h[n]$  ( $n = \dots, -1, 0, 1, 2, \dots$ , ただし  $n < 0$  もしくは  $N < n$  の時  $h[n] = 0$ ) の  $z$  変換 (システムの伝達関数)  $H(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h[n]z^{-n}$  から、インパルス応答のフーリエ変換 (周波数応答) が  $H(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h[n]e^{-jn\omega}$  として与えられる。以下の問いに答えよ。

1. システムのインパルス応答が  $h[n]$  であり、その周波数応答  $H(e^{j\omega})$  が実関数  $r_H(\omega)$  と実関数  $\theta_H(\omega)$  を用いて  $H(e^{j\omega}) = r_H(\omega) \times e^{-j\theta_H(\omega)}$  と表されるとする。
  - (a) 複素正弦波  $x(t) = e^{j\omega_0 t}$  を標本化して得られる信号  $x[n] = e^{j\omega_0 n}$  ( $n = \dots, -1, 0, 1, 2, \dots$ ) をシステムに入力したときの出力  $y[n]$  を、 $H(e^{j\omega})$  を用いて表せ。
  - (b) 上の出力  $y[n]$  は、複素正弦波  $x(t)$  を実数倍し、一定時間遅延させた信号  $\alpha x(t - \Delta t)$  を標本化したものと見なせる。この倍率  $\alpha$  と遅延時間  $\Delta t$  を求めよ。
2. 以下で与えられる対称性

$$\left. \begin{aligned} a_n &= a_{N-n} \\ b_n &= -b_{N-n} \end{aligned} \right\} \quad (n = 0, 1, \dots, N, \text{ただし } N \text{ は奇数})$$

を満足する伝達関数

$$\begin{aligned} A(z) &= a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_N z^{-N} \\ B(z) &= b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_N z^{-N} \end{aligned}$$

がある。各々の周波数応答  $A(e^{j\omega}) = a_0 + a_1 e^{-j\omega} + \dots + a_N e^{-jN\omega}$  と  $B(e^{j\omega}) = b_0 + b_1 e^{-j\omega} + \dots + b_N e^{-jN\omega}$  とが、それぞれ実関数  $r_A(\omega)$  と実関数  $r_B(\omega)$  を用いて

$$\begin{aligned} A(e^{j\omega}) &= r_A(\omega) \times e^{-j\frac{N}{2}\omega} \\ B(e^{j\omega}) &= r_B(\omega) \times j e^{-j\frac{N}{2}\omega} = r_B(\omega) \times e^{-j(\frac{N}{2}\omega - \frac{\pi}{2})} \end{aligned}$$

で表されることを示せ。

3. 現実的な信号は周波数の異なる複素正弦波の重ね合わせと捉えることができる。これらの周波数の異なる各複素正弦波において、周波数にかかわらず遅延が一定となり、問1(b)の倍率  $\alpha$  のみが増えるような信号処理を実現する伝達関数は、問2の2つの伝達関数  $A(z), B(z)$  のいずれであるか、理由をつけて述べよ。

A氏へ1時間にかかってくる電話の本数  $X_1$  は平均1のポアソン分布に従い、A氏へ1時間に届く電子メールの本数  $X_2$  は平均2のポアソン分布に従うものとする。 $X_1$  と  $X_2$  は互いに独立である。平均  $\lambda$  のポアソン分布は次式で与えられる。

$$P_\lambda(X) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^X}{X!} \quad (X = 0, 1, 2, \dots)$$

以下の問に答えよ ( $e^{-1} = 0.3679$ ,  $e^{-2} = 0.1353$ ,  $e^{-3} = 0.0498$  とせよ)。

- (1)  $\sum_{X=0}^{\infty} P_\lambda(X)$  を求めよ (計算過程を明示すること)。
- (2) ポアソン分布  $P_\lambda(X)$  のモーメント母関数  $\phi_X(\theta) = \sum_{X=0}^{\infty} e^{\theta X} P_\lambda(X)$  を求め、これを用いて確率変数  $X$  の平均値  $E(X)$  と分散  $V(X)$  を求めよ。
- (3) A氏へ2時間電話がかかってこない確率を求めよ。
- (4) A氏へ1時間にかかってくる電話の本数が3以上である確率を求めよ。
- (5) A氏へ1時間にかかってくる電話の本数と電子メールの本数の合計が3である確率を求めよ。
- (6) 確率変数  $Y = X_1 + X_2$  がポアソン分布に従うことを、(2)のモーメント母関数を用いて証明せよ。
- (7) A氏は4時間会議に出席し、不在であった。この間にかかってきた電話と届いたメールの合計の数の分布を求めよ。

情報源符号化について考える。

(1)  $a, b, c, d$  の4つの文字を, 0 と 1 の2つの記号を用いて符号化する。以下の各問に答えよ。

(a)  $a, b, c, d$  に対応する各符号語の長さが, 以下の表で与えられる符号を考える。このような符号のうち, 一意復号可能な符号は存在するか, しないか, 理由を付して答えよ。

文字	符号語の長さ
$a$	1
$b$	2
$c$	3
$d$	3

(b) 以下の表で与えられる符号は瞬時復号可能な符号か, 可能ではないか, 理由を付して答えよ。

文字	符号
$a$	0
$b$	01
$c$	011
$d$	0111

(2)  $a, b, c$  の3つの文字の発生確率が以下の表で与えられる無記憶情報源  $S$  がある。

文字	発生確率
$a$	$1/6$
$b$	$1/3$
$c$	$1/2$

以下の各問に答えよ。導出過程も記せ。

(a)  $S$  のエントロピー  $H(S)$  を求めよ。

(b) 0 と 1 の2つの記号を用いて,  $S$  に対するハフマン符号を構成せよ。また, その平均符号長を求めよ。

(c)  $S$  の2次拡大情報源  $S^2$  の各文字列の発生確率は以下ようになる。

文字列	発生確率
$aa$	$1/36$
$ab$	$1/18$
$ac$	$1/12$
$ba$	$1/18$
$bb$	$1/9$
$bc$	$1/6$
$ca$	$1/12$
$cb$	$1/6$
$cc$	$1/4$

$S^2$  に対して, 0 と 1 の2つの記号を用いてハフマン符号を構成せよ。また, 1文字あたりの平均符号長を求めよ。

(d) 前問の  $S^2$  に対して, 0, 1, 2, 3 の4つの記号を用いてハフマン符号を構成せよ。