

問題 1 1 電気回路・電子回路 設問すべてについて解答すること。

I 図 1 のスイッチ  $S$  を含む直流回路について、次の(1)~(3)の問いに答えよ。なお、導出過程も記すこと。ここに、抵抗  $R_1$  と  $R_2$  の値はそれぞれ  $R_1=R$ 、 $R_2=2R$ 、コンデンサの容量は  $C$ 、インダクタンスの値は  $L$  とする。

- (1)  $t=0$  でスイッチ  $S$  を  $a$  側に倒してコンデンサを充電した。 $i_c(t)$  と  $v_c(t)$  を求めよ。ただし、 $t=0$  ではコンデンサの初期電荷は零である。
- (2) スイッチ投入後十分時間が経過した後のコンデンサの電荷量を求めよ。
- (3) スイッチ投入後十分時間が経過した後、スイッチを  $b$  側に倒した。その時点を改めて  $t=0$  と定義した場合、 $i_c(t)$  を求めよ。

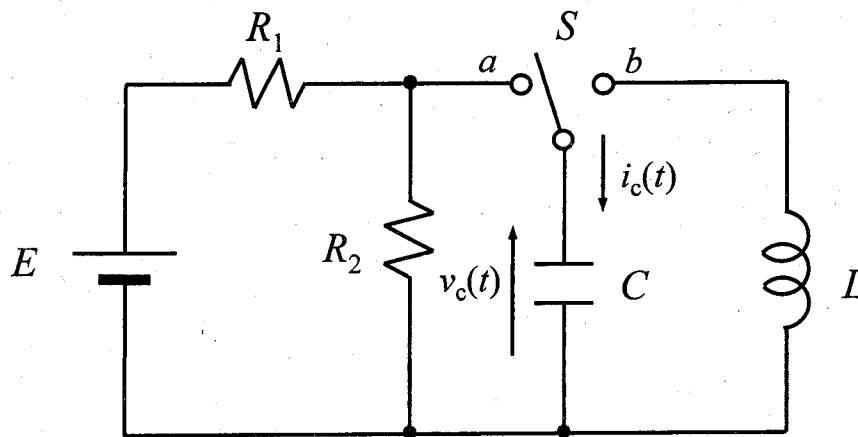


図 1

Ⅱ 図2のオペアンプ回路について、次の(1)~(3)の問いに答えよ。なお導出過程も記すこと。ただしオペアンプの+入力端子の電圧を $V_+$ 、オペアンプの-入力端子の電圧を $V_-$ とし、出力インピーダンスは0、利得 $\mu$  ( $V_2 = (V_+ - V_-) \times \mu$ ) は $\infty$ とする。

- (1) 図2(a)の回路において、オペアンプは理想でありオペアンプの入力端子には電流が流れないものとする。このとき出力電圧 $V_2$ を、入力電圧 $V_1$ を用いて表せ。
- (2) 図2(b)の回路において、実際のオペアンプでは+入力端子と-入力端子にはそれぞれ等しい微小な入力バイアス電流 $I_B$ が流れる。しかしながら利得 $\mu$ が $\infty$ であれば、 $V_+ = V_-$ は成立する。このとき出力電圧 $V_2$ を、入力電圧 $V_1$ と入力バイアス電流 $I_B$ を用いて表せ。
- (3) 図2(b)の回路において、問(2)の結果を利用して、出力電圧 $V_2$ が入力バイアス電流 $I_B$ によって影響を受けないための抵抗 $R$ の条件を求めよ。

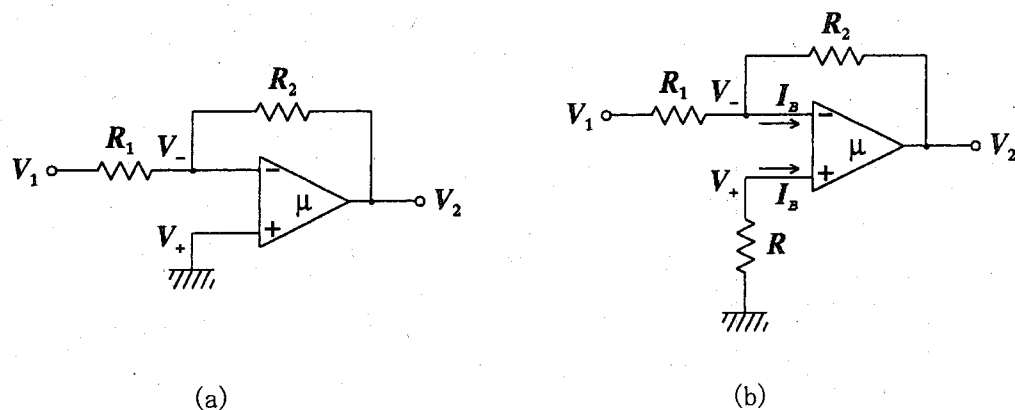


図2

問題 12 計測数理解析 設問すべてについて解答すること。

I 三つの確率変数  $X, Y, Z$  について次の (i) ~ (iv) がわかっている。

(i)  $X$  と  $Z$  は確率的に独立である。

(ii)  $X$  と  $Y$  の同時密度関数  $f_{X,Y}(x, y)$  は次のようである。

$$f_{X,Y}(x, y) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} \frac{1}{l}, & x \geq 0, \quad 0 \leq y \leq l, \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

(iii)  $Y$  と  $Z$  の同時密度関数  $f_{Y,Z}(y, z)$  は次のようである。

$$f_{Y,Z}(y, z) = \begin{cases} \frac{1}{l} \mu e^{-\mu z}, & 0 \leq y \leq l, \quad z \geq 0, \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

(iv)  $X$  と  $Z$  の期待値と分散は次のようである。

$$\mathbf{E}[X] = \frac{1}{\lambda}, \quad \mathbf{Var}[X] = \frac{1}{\lambda^2}, \quad \mathbf{E}[Z] = \frac{1}{\mu}, \quad \mathbf{Var}[Z] = \frac{1}{\mu^2}$$

ここで、 $\lambda, \mu, l$  は正の定数である。

次のようにして確率変数  $U$  と  $V$  を定義する。

$$U = X + Y, \quad V = Z - Y$$

次の (1) ~ (4) の問いに答えよ。

(1) 確率変数  $X, Y, Z$  それぞれの密度関数  $f_X(x), f_Y(y), f_Z(z)$  を求めよ。例えば、 $f_X(x)$  は次の積分を行うことで求まるが、(ii) における変数の範囲に注意せよ。

$$f_X(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{X,Y}(x, y) dy$$

(2) 確率変数  $X$  と  $Y$  は確率的に独立になるが、その理由を述べよ。同様に、確率変数  $Y$  と  $Z$  が確率的に独立になる理由を述べよ。

(3) 確率変数  $Y$  の期待値  $\mathbf{E}[Y]$  と分散  $\mathbf{Var}[Y]$  を  $l$  を用いて表せ。次のことに注意せよ。

$$\mathbf{E}[Y] = \int_{-\infty}^{\infty} y f_Y(y) dy, \quad \mathbf{Var}[Y] = \mathbf{E}[Y^2] - \{\mathbf{E}[Y]\}^2$$

(4) 確率変数  $U$  と  $V$  の共分散およびそれぞれの分散を  $\mu, \lambda, l$  を用いて表せ。次のことに注意せよ。

$$\mathbf{Cov}(U, V) = \mathbf{E}[(U - \mathbf{E}[U])(V - \mathbf{E}[V])] = \mathbf{E}[UV] - \mathbf{E}[U]\mathbf{E}[V]$$

$$\mathbf{Var}[U] = \mathbf{Var}[X + Y], \quad \mathbf{Var}[V] = \mathbf{Var}[Z - Y]$$

II 関数  $f(x)$  は与えられているものとする。常微分方程式

$$\frac{dI(x)}{dx} = f(x)$$

を、初期値  $I(0) = 0$  とし、 $x = 0$  から  $x = 1$  まで刻み幅  $h \equiv 1/n$  ( $n$  は自然数) で Euler 法を用いて数値計算し、 $I(1)$  の近似解を求める場合を考える。次の (1) と (2) の問いについて答えよ。

(1) この計算のアルゴリズムを、 $x_i \equiv hi$  ( $i \in \{0, 1, \dots, n\}$ ) とし、 $I_i \equiv I(x_i)$  を  $I_{i-1}$  を用いた式で表して説明せよ。

(2)  $n$  を変化させた場合、Euler 法に起因して  $I_n$  に含まれる誤差が  $n$  の何乗に比例して変化するか予想せよ。

問題 13 制御工学 設問すべてについて解答すること。

図 1 のフィードバック制御系について考える。 $R(s)$ ,  $Y(s)$ ,  $D(s)$  は、それぞれ目標値、制御出力、外乱入力のラプラス変換を表す。

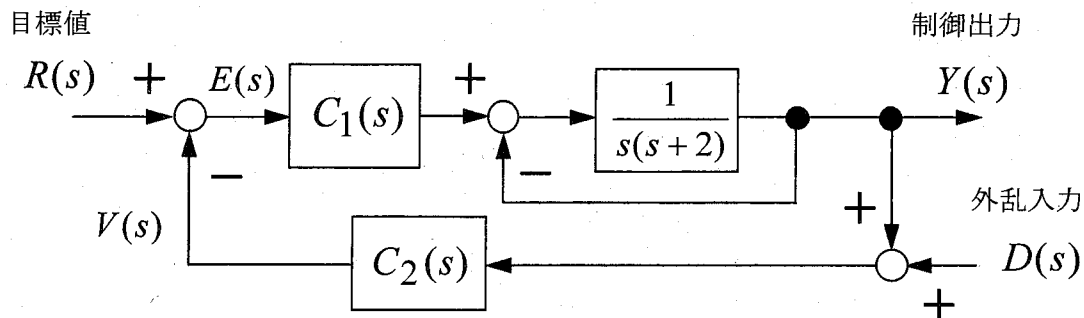


図 1 フィードバック制御系

I 図 1 について、 $C_1(s)=1$ 、 $C_2(s)=2s+K_1$  とおく。ただし  $K_1$  は正の実数とする。このとき、つぎの(1)～(4)の問いに答えよ。

- (1)  $R(s)$  から  $Y(s)$  までの伝達関数と  $D(s)$  から  $Y(s)$  までの伝達関数を、それぞれ  $K_1$  を用いて表せ。
- (2) (1) で求めた  $R(s)$  から  $Y(s)$  までの伝達関数について、減衰係数( $\zeta$ )と固有(自然)角周波数( $\omega_n$ )を  $K_1$  を用いて表せ。
- (3) 単位ステップ関数が目標値に加わり、外乱入力を零としたときの制御出力の応答が振動せずに単調に増加し、最終的に一定値に収束するための  $K_1$  の範囲を求めよ。
- (4)  $K_1=2$  とおく。大きさ 2 のステップ関数が、目標値と外乱入力に同時に加わったときの制御出力の応答を求めよ。

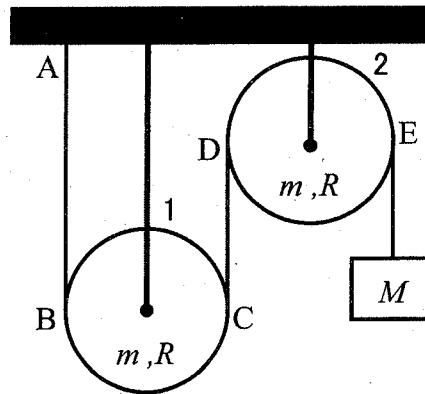
Ⅱ 図 1 について、 $C_1(s) = \frac{K_2}{s}$  および  $C_2(s) = 1$  とおく。ただし  $K_2$  は実数とする。このとき、つぎの(1)～(3)の問いに答えよ。

- (1) 図 1 の制御系を安定にする  $K_2$  の範囲を求めよ。
- (2)  $K_2 = 1$  とおく。図 1 の一巡伝達関数（図 1 では、 $E(s)$  から  $V(s)$  までの伝達関数）のベクトル軌跡の概略図を描き、始点および終点の漸近的性質も明記せよ。
- (3)  $K_2 = 1$  とおき、外乱入力を零とする。このとき、目標値に対する定常位置偏差と定常速度偏差の値をそれぞれ求めよ。

問題 1 4 力学・材料力学 設問すべてについて解答すること。

I. 次の(1)～(3)の間について答えよ。

- (1) 静止していた全質量  $M_0$  のロケットを水平でまっすぐなレールに乗せて  $t=0$  に発射する。ロケットに積んでいた燃料と酸化剤の合計質量は  $m$  で、発射後毎秒一定の割合で燃焼して生じたガスはロケットに対し一定速さ  $u$  で後方に噴出する。空気抵抗とレールの抵抗がともに無視できる場合に、燃料が燃焼中の時刻  $t>0$  でのロケットの質量  $M$ 、速さを  $V$  と表わして、まず  $V$  を求める式を求めたあと、燃料と酸化剤をちょうど全て使い切ったときのロケットの最終速さ  $V_f$  を  $M_0, m, u$  を用いて表せ。与えられていない物理量が必要になったときには、定義して用いて良い。
- (2) 中心が固定された半径  $R$ 、質量  $m$  の滑車 1 と滑車 2 があり、図のように配置されている。これらの滑車にケーブルが架けられており、一端 A は天井に取り付けられ、他端には質量  $M$  の物体がつり下げられている。このときケーブル AB に作用する張力を求めよ。ただし、重力加速度を  $g$  とする。



- (3) (2)の状態 でケーブル AB を切り離すと、質量  $M$  の物体は落下し始める。ケーブルを切り離した直後の、物体の加速度  $a$  を求めよ。円板の慣性モーメントは  $mR^2/2$  で与えられ、重力加速度を  $g$  とする。ただし、滑車はスムーズに回転し、滑車中心で摩擦は生じない。また、ケーブルとケーブルを巻き付けている滑車の面とは相対的にすべらないものとする。

Ⅱ 次の文章を読み、(1)～(5)の問いについて答えよ。

下の図に示すように、鉛直な腕  $BE$ ,  $CI$  をもつ単純支持の水平な弾性はり  $EFGHI$  が、柔軟なロープを用いて負荷されている。ロープは  $D$  点で固定され、腕上端の  $B$  点と  $C$  点に取り付けられた二つの小さい滑車に掛けられ、 $A$  点で図に示す方向へ  $P=5 \text{ kN}$  の荷重が加えられる。滑車は、摩擦なく滑らかに回転する。 $EF$  間および  $HI$  間の距離は等しく  $x$  とする。はりおよび腕の変形は、はりの長さに比べて非常に小さいとする。また、はりおよび腕は座屈しないとする。答には、数値だけでなく、単位もつけよ。

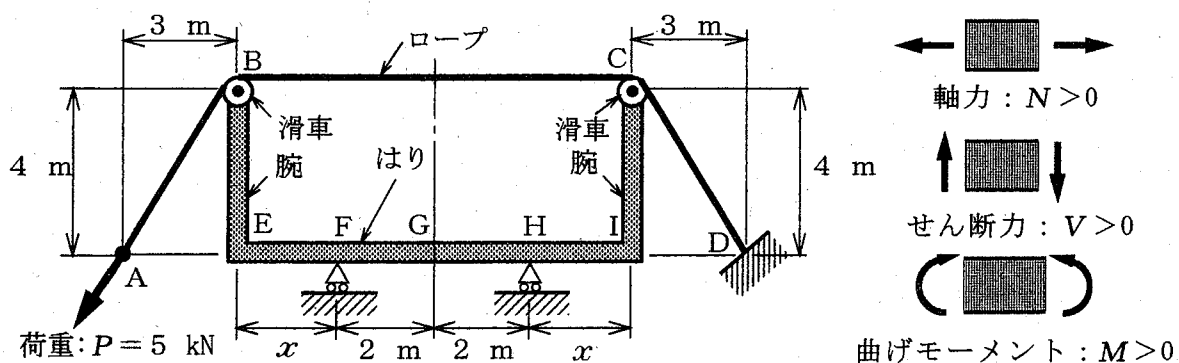
(1)  $BC$  間において、ロープに加わる力  $W$  を求めよ。

(2)  $F$  点および  $H$  点において、はりが床から受ける反力  $R_F$ ,  $R_H$  を求めよ。

(3) はりの中央  $G$  点において、断面に作用する軸力  $N$ , せん断力  $V$ , 曲げモーメント  $M$  を求めよ。  
軸力, せん断力, 曲げモーメントの正(+)の方向は、下の右の図のように定義する。

(4)  $x = 3 \text{ m}$  の場合について、はり  $EFGHI$  のせん断力図と曲げモーメント図を描け。

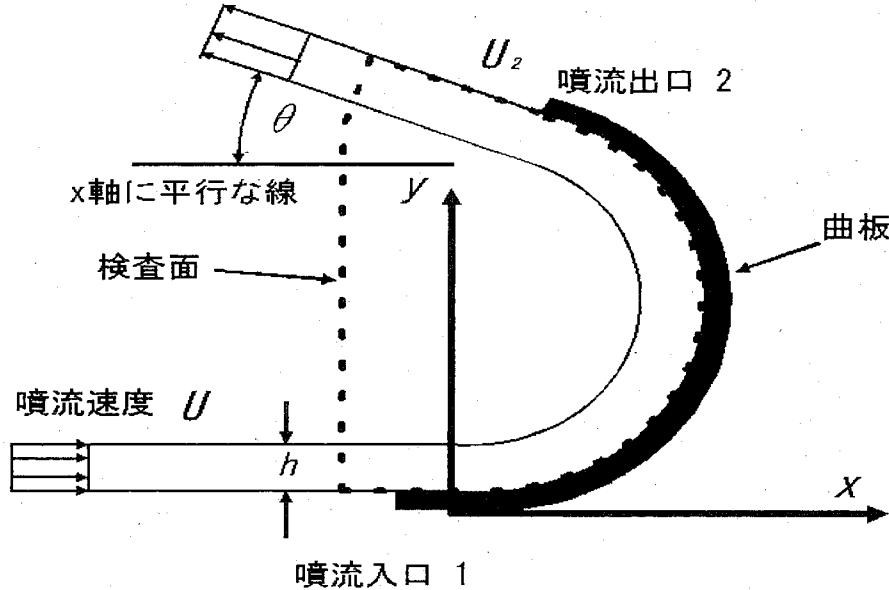
(5) はりの中央  $G$  点におけるたわみは、 $EF$  間および  $HI$  間の距離  $x$  によって変化する。 $G$  点のたわみがちょうど 0 になる場合の  $x$  の値を求めよ。





問題 15 流体力学 設問すべてについて解答すること。

- I 図に示すように、2次元の曲板に一樣な速度  $U$  の2次元噴流（噴流厚さ  $h$  で流体は水）が流入し、流れの方向を変えて（ $x$  軸負の方向に対し  $\theta$ ）流出している。座標系は、図に示すように曲板に固定した  $x - y$  座標系を用いる。水の密度を  $\rho$  とする。



始めに曲板が静止している場合を考えよう。噴流と曲板および噴流と空気との摩擦がないと仮定するとき以下の設問に答えよ。重力の影響は考えなくてよい。

- 曲板から流出する流体の速度  $U_2$  はいくらか。但し、 $U_2$  は曲板出口の速度である。
- 流体が曲板を通過する際、紙面垂直単位幅あたり曲板から受ける  $x$  および  $y$  方向の力の成分を  $(F_x, F_y)$  とする。この力の成分を求めるため、 $x$  方向、 $y$  方向の運動量の式を記せ。このとき、検査面は、曲板表面を含む図中破線で示す面とする。
- $(F_x, F_y)$  を求めよ。
- 次に、曲板が  $x$  の正の方向へ一定速度  $C$  ( $\leq U$ ) で移動している場合を考えよう。曲板に固定した座標系からみれば流れは定常流とみなせる。この場合の  $x$  方向、 $y$  方向の運動量の式を記し、これを解いて  $(F_x, F_y)$  を求めよ。
- 紙面垂直単位幅あたり曲板が噴流から受ける動力  $L$  を求めよ。
- $L$  が最大となるのは移動速度  $C$  がいくらのときか求めよ。

II 円筒型ピトー管は、図に示すように円柱（簡単のためここでは2次元円柱を考える）の表面に圧力測定用小孔  $O_1$ ,  $O_2$  をあけ、それらを圧力計に接続し  $O_1$ ,  $O_2$  の圧力差  $\Delta P = P_1 - P_2$  を測定することにより流速を計測する道具である。このピトー管を、流れがポテンシャル流と仮定して設計してみよう。一様な流れ（速度  $U$  ( $> 0$ ) で  $x$  軸に平行）の中に円筒の中心が原点  $O$  に一致するようにピトー管を設置し、小孔  $O_1$  が  $x$  軸の負側に一致するように向きを定める。以下の設問に答えよ。

参考：  $x$  軸に平行な一様流（速度  $U$  ( $> 0$ )) 中、原点におかれた半径  $R$  の円柱回りのポテンシャル流の複素ポテンシャル  $W(z)$  は、

$$W(z) = U \left( z + \frac{R^2}{z} \right), \quad \text{ここで } z \text{ は複素数で } z = x + iy = re^{i\theta},$$

( $i = \sqrt{-1}$ ) である。

(a) 半径  $R$  の円筒ピトー管回りの流れの速度ポテンシャル  $\phi$  と流れ関数  $\psi$  を極座標

$(r, \theta)$  を用いて記せ。ここで  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ ,  $\tan \theta = \frac{y}{x}$ 。

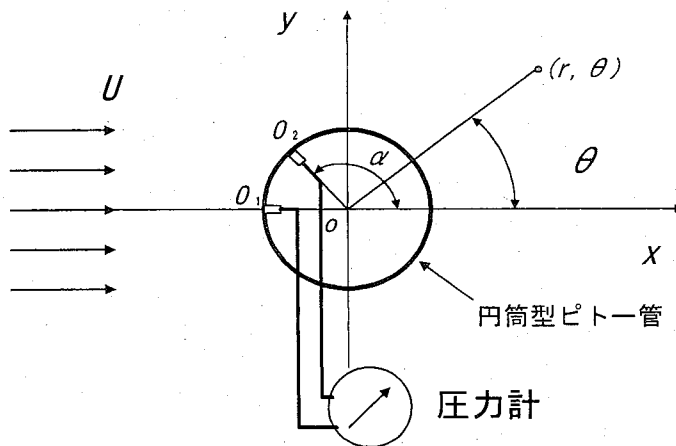
(b) 任意の点  $(r, \theta)$  における速度  $(V_r, V_\theta)$  を求めよ。ここで  $V_r$  は半径方向速度、 $V_\theta$  は周方向速度である。

(c) 流体の密度を  $\rho$ , 無限遠での圧力を  $P_\infty$  とするとき、円筒ピトー管表面の圧力  $P(\theta)$  を  $\theta$  の関数として求めよ。ポテンシャル流では、流れのどこにおいてもベルヌイの

式  $\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} = \text{const.}$  が成り立つ。ここで  $V$  は速度の大きさである。

(d) 測定された圧力差  $\Delta P$  から速度  $U$  が、 $U = \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$  と求められるようにするため圧

力測定孔  $O_2$  の角度位置  $\alpha$ , ( $\pi/2 < \alpha < \pi$ ), をいくらにすべきか求めよ。



**問題16 熱力学** 設問すべてについて解答すること。

- I 一定量の気体の熱平衡状態を指定するためには、圧力  $p$  [Pa]、体積  $V$  [m<sup>3</sup>]、絶対温度  $T$  [K] のうちどれか2つを独立変数として選べばよい。気体が準静的に微小変化したとき、内部エネルギー  $U$  [J] の微小変化  $dU$  は熱力学第一法則により

$$dU = -pdV + \delta Q \quad (1)$$

で与えられる。ここで  $\delta Q$  [J] は気体に流入した微小熱量である。次の問いに答えよ。

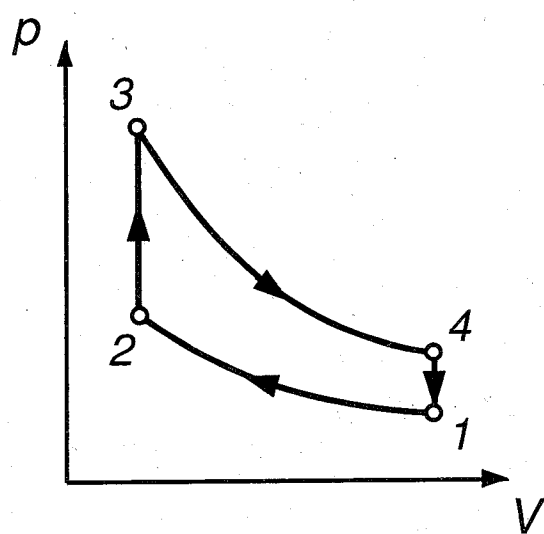
- (1)  $V$  と  $T$  を独立変数として採用し、 $U = U(V, T)$  と考える。 $\delta Q$  を  $dV$  と  $dT$  を用いて表せ。
- (2) 定積熱容量  $C_V$  [J/K] は内部エネルギーからどのようにして導出されるか。
- (3)  $V$  を  $p$  と  $T$  の関数と考えることにより、問(1)の  $\delta Q$  を  $dp$  と  $dT$  を用いて表せ。
- (4) 前問で得られた関係を用いて定圧熱容量  $C_p$  [J/K] と定積熱容量  $C_V$  [J/K] の関係を求めよ。

ここまでの議論は気体一般に成り立つ。以後、理想気体の場合を考えよう。なお、一般気体定数を  $R_0$  [J/(mol·K)] とする。

- (5) 理想気体の内部エネルギーは温度だけの関数である。これを確認するための実験としてどのようなものが考えられるか、説明せよ。
- (6) 理想気体の定圧モル比熱  $c_p$  [J/(mol·K)] と定積モル比熱  $c_V$  [J/(mol·K)] との差に関する関係式（マイヤーの関係式）を求めよ。

- II 理想気体を作動流体とする閉じた系のサイクル  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ （次ページの  $p-V$  線図を参照）について以下の問いに答えよ。ただし、過程  $2 \rightarrow 3$ 、過程  $4 \rightarrow 1$  を定積変化とし、体積比  $V_1/V_2 = V_4/V_3 = \varepsilon$  とする。また、気体のモル数を  $n$  [mol]、図中の各点  $i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) の温度を  $T_i$  [K] で表す。なお、熱と仕事の符号については、気体が加熱される場合、気体が膨張する場合をそれぞれ正として定義する。

- (1) 過程  $2 \rightarrow 3$ 、過程  $4 \rightarrow 1$  で出入する熱を  $n, c_V, c_p, R_0, T_i$  から必要な記号を用いて表せ。
- (2) 過程  $1 \rightarrow 2$ 、過程  $3 \rightarrow 4$  をそれぞれ  $T_L, T_H$  の等温変化とする。系が過程  $1 \rightarrow 2$ 、過程  $3 \rightarrow 4$  でする仕事を  $n, c_V, c_p, R_0, T_L, T_H, \varepsilon$  から必要な記号を用いて表せ。
- (3) 過程  $4 \rightarrow 1$  で捨てられる熱のすべてを過程  $2 \rightarrow 3$  の加熱に利用するとき、サイクルの熱効率を  $T_L, T_H$  で表せ。



問題 17 生産加工 設問すべてについて解答すること。

I 鋼の熱処理と組織について問う。図 1 に示す Fe-C 系準平衡状態図を参考に、下記の問に答えよ。

(1) 亜共析鋼を焼鈍する（加熱して均一な組成のオーステナイト組織とし、徐冷する）と、フェライトが 84 %、パーライトが 16 % の割合の組織が観察された。なお、ここでは加熱および冷却速度が小さいので、熱処理中の相変化は図 1 の通りになるとしよう。

a) パーライトの組織について説明せよ。

b) この鋼の炭素含有量を求めよ。

c) 加熱後徐冷され、A<sub>1</sub> 温度 (727 °C) を切るときに、どのような組織変化が生じるか。

(2) 工具や刃物として用いるために、共析鋼（炭素含有量 0.77 %）に焼入れ、焼戻しをしよう。

a) 工業的に見て最適な加熱温度を図 1 から求め、その理由を述べよ。

b) 焼入れる（組織をマルテンサイトにする）と、非常に硬化する。硬化する理由を述べよ（複数ある）。

c) 焼入れた鋼は必ず焼戻してから使用される。何故であろうか。

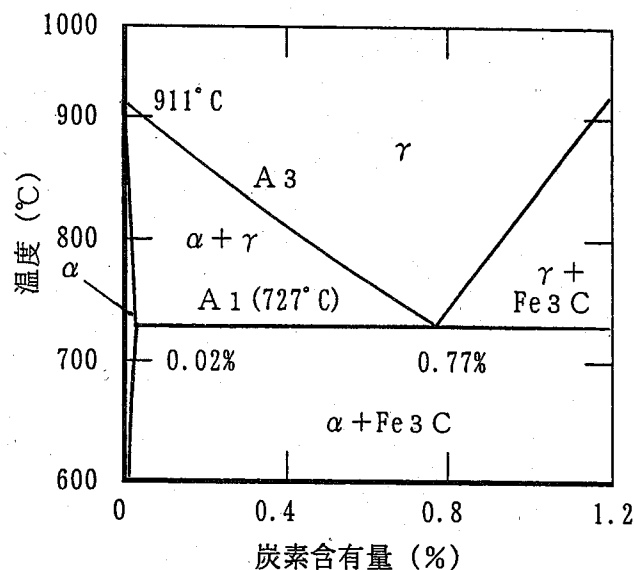


図 1 Fe-C 系準平衡状態図

II 公称応力 (nominal stress)  $s$  と公称ひずみ (nominal strain)  $e$  および 真応力 (true stress)  $\sigma$  と真ひずみ (true strain)  $\varepsilon$  の定義をなさい。さらに、真ひずみの加算性および引張り  
と圧縮における等価性を単軸変形モデルにより示しなさい。なお、変形物体は剛塑性体であり  
一様変形するものとし、長さを  $l$ 、面積を  $A$  と表して説明しなさい。

**問題 18. 量子力学** 設問すべてについて解答すること。

**I.** 1次元空間座標を  $x$  とし, ポテンシャル  $V(x)$  中の質量が  $m$  である粒子を考える。

(1) 時間を含んだシュレーディンガー方程式を書け。用いた記号の意味についても, 簡潔に説明せよ。

(2) 上の時間を含んだシュレーディンガー方程式から, 定常状態に対する, 時間を含まないシュレーディンガー方程式を導け。用いた記号の意味についても, 簡潔に説明せよ。

**II.** 波動関数に関する確率論的解釈について説明せよ。

**III.** 1次元井戸型ポテンシャル中の粒子の定常状態について, 以下の問いに答えよ。

ポテンシャル  $V(x)$  が

$$V(x) = \begin{cases} \infty, & x < 0, & \text{領域 I} \\ 0, & 0 \leq x \leq L, & \text{領域 II} \\ \infty, & L < x, & \text{領域 III} \end{cases}$$

で与えられるとき ( $L$  は正の定数である),

(1) 領域 II におけるシュレーディンガー方程式を書け。

(2) 領域 I, および III における波動関数を書け。その理由も述べよ。

(3) シュレーディンガー方程式を解き, 固有関数  $\psi_n(x)$ , 固有エネルギー  $E_n$  を求めよ。ここで,  $n = 1, 2, \dots$  はエネルギー量子数である。  $\psi_n(x)$  は規格化する必要はない。

(4)  $\psi_n(x)$  を規格化せよ。

(5) エネルギー固有関数  $\psi_n(x)$  は, 規格直交関数系であることを示せ。

(6) 量子状態  $\psi_n(x)$  での運動量の期待値を求めよ。

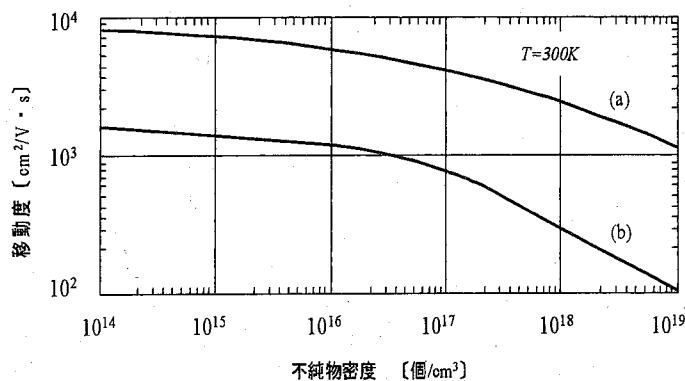
**問題 19 電子物性・固体物性** 設問すべてに解答すること。

**I** 質量が  $m$ , 電荷が  $-q$  の伝導電子を単位体積当たり  $n$  個含む金属試料がある。伝導電子が試料内を移動するとき、電子は散乱をうけながら試料内を移動する。電子が一度散乱されてから次に散乱されるまでの平均時間を  $\tau$  とする。必要に応じて、上記の記号  $m$ ,  $-q$ ,  $n$ ,  $\tau$  及び、設問で示された記号を用いて以下の設問に答えよ。

- (1)  $x$  方向に電界  $E_x$  を加えたとき、伝導電子は平均速度  $v_x$  で  $x$  方向に移動する。  
電子の運動方程式を  $v_x$ ,  $E_x$  を用いて表せ。
- (2) 電子の速度が定常状態に達したときの  $v_x$  を求めよ。
- (3) 試料中の電流密度  $J$  を求めよ。但し電界を  $E_x$  とする。
- (4) 電子の移動度  $\mu$  を求めよ。
- (5) 電子が散乱から散乱までの間に移動する距離の名称を書け。
- (6) 電子の散乱を生じる主要な機構を 2 つ述べよ。

**II**  $n$  型半導体について以下の設問に答えよ。必要に応じて、問 I の記号  $m$ ,  $-q$ ,  $n$ ,  $\tau$  及び、設問で示された記号を用いよ。

- (1) 図中の(a), (b)は異なる 2 種類の  $n$  型半導体 (GaAs と Si) の室温における電子移動度を示している。GaAs は (a) と (b) のどちらと判断できるか、その理由も述べよ。



- (2) 電界  $E$  を  $x$  方向に加え、磁束密度  $B$  を  $z$  方向に加えたとき、電子の運動方程式を求めよ。但し、電子の速度を  $\mathbf{v}$  とする。
- (3) 電子の速度が定常状態に達したとき、 $y$  方向には電流が流れないとして、 $y$  方向に生じる電界  $E_y$  を求めよ。



問題20 計算機基礎 設問すべてについて解答すること。

I 以下の図1のように選択信号  $S$  によってスイッチが切り替わり、複数の入力信号から1つを選択して出力する回路として2to1 マルチプレクサを考える。このとき、次の(1)，(2)の問いに答えよ。

- (1) この2to1 マルチプレクサの論理式を積和標準形(主加法標準形)で表し、その論理式を簡単化せよ。また、簡単化した論理式の論理回路を構成せよ。
- (2) このマルチプレクサに対応する1to2 デマルチプレクサの論理式と論理回路を示せ。

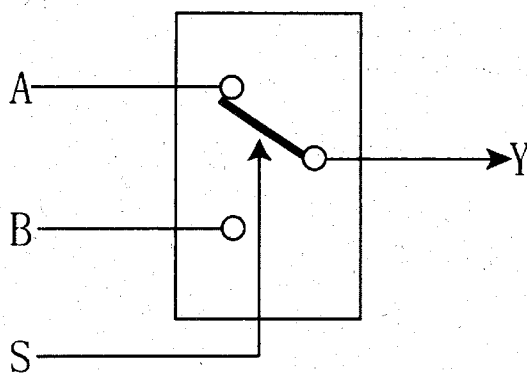


図1 マルチプレクサ

II JK フリップフロップの状態表が表1のように与えられるとき、次の(1)，(2)の問いに答えよ。

表1 JK フリップフロップの状態表

$J(n)$	$K(n)$	$Q(n+1)$
0	0	$Q(n)$
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q(n)}$

- (1) マスタースレーブ型 JK フリップフロップを3入力 NAND 素子，2入力 NAND 素子，NOT 素子のみを用いて構成せよ。
- (2) JK フリップフロップの利用には，マスタースレーブ型構成が必須である。その理由について上記状態表を用いて説明した上で，マスタースレーブ型の問題点とその解決について言及せよ。

Ⅲ 計算機構造に関する次の (1) ～ (4) の問いに答えよ。

- (1) 計算機の命令動作において、CPU は最初に命令読み出しを行う。これを命令フェッチと呼ぶ。この命令フェッチの流れを以下のキーワードすべてを用いて説明せよ。

キーワード：プログラムカウンタ、アドレスレジスタ、命令レジスタ、命令デコーダ  
メインメモリ、内部バス、アドレスバス、データバス

- (2) CPU の命令セットアーキテクチャとして次の A)、B) を考えたとき、それぞれの主な長所を示せ。

A) 命令形式固定かつ命令長固定

B) 命令形式可変かつ命令長可変

- (3) CPU の命令セットにはシフト演算として、算術シフトと論理シフトが存在するが、その違いについて簡潔に説明せよ。

- (4) プロセッサの内部回路同士を接続するためには、内部回路間 (たとえば、アドレスレジスタと算術論理演算装置の間など) をバス接続する方法があるが、バス接続の長所と短所を簡潔に説明せよ。

## ◆ 補 足 説 明

### 補足説明

問題 20 [計算機基礎]

Ⅱ (1)

各素子は複数個使用してもよい。また、  
使用しない素子があってもよい。