平成 27 年度大学院博士前期課程入学試験

大阪大学大学院工学研究科
電気電子情報工学専攻

専門科目試験問題
（情報通信工学コース）

（実施時間　１４：００ ～ １６：００）

【注　意　事　項】

１．問題用紙はこの表紙や白紙を除いて１７ページある．解答開始の指示があるまで開いてはいけない．解答開始後，落丁や不鮮明な箇所等があった場合は，手を挙げて監督者にその旨を伝えること．

２．試験問題は，「通信方式」，「通信ネットワーク」，「光・電波工学」，「情報理論」，「信号処理」，「論理回路と計算機システム」，「データ構造とアルゴリズム」，及び，「制御工学」，の全部で８題あり，この順番に綴じられている．このうち，３題を選択し解答すること．

３．解答開始前に，別紙の「専門科目試験問題選択票」に記載の注意事項も読んでおくこと．

４．問題用紙は持ち帰ってもよい．

【通信方式】解答は，赤色（1番）の解答用紙に記入すること.

式(1)に示す時刻tを変数とするランダムパルス系列$x(t)$を考える．ただしパルス関数$g(t)$はパルス幅がTの方形パルスであり，a_nは時刻が$t = nT$（nは時刻のインデックス）のときの情報が1であれば振幅が$+A$に，情報が0であれば振幅が$-A$に変化する離散信号である．a_nは時刻のインデックスnに対してランダムに変化し，また情報1と0の発生確率は等確率である．このとき，以下の問いに答えよ．

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g(t - nT), \qquad g(t) = \begin{cases} 1, & 0 \le t < T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \qquad a_n = \begin{cases} +A, & \text{情報 } 1 \\ -A, & \text{情報 } 0 \end{cases} \tag{1}$$

(i) $x(t)$の自己相関関数$R_x(\tau)$を求めよ．ただし自己相関関数は式(2)で定義される．ここで$\mathrm{E}_t[\cdot]$は時刻tに対する期待値である．

$$R_x(\tau) = \mathrm{E}_t[x(t)x(t+\tau)] \tag{2}$$

(ii) $x(t)$の電力スペクトル密度$S_x(f)$を求めその概形をグラフに示せ．ただし電力スペクトル密度は式(3)で定義される(jは虚数単位)．グラフは$S_x(f)$とパルス幅Tおよび振幅Aの関係が分かる様に図示せよ．

$$S_x(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_x(\tau) e^{-j2\pi f\tau}\, \mathrm{d}\tau \tag{3}$$

(iii) $x(t)$に搬送波$\cos 2\pi f_{\mathrm{c}} t$を乗算することで帯域系の信号$y(t)$に周波数変換する．ただし搬送波周波数$f_{\mathrm{c}}$に関しては$f_{\mathrm{c}} \gg 1/T$が成り立っているものとする．この$y(t)$の電力スペクトル密度$S_y(f)$を$S_x(f)$を用いて計算せよ．

(iv) 問い(iii)の信号$y(t)$を式(4)で表されるパルス間隔T_{s}の周期インパルス列$d(t)$を用いてサンプリングし信号$z(t)$を生成する．ただし$T_{\mathrm{s}} \ll T$が成り立っているものとする．信号$z(t)$の電力スペクトル密度$S_z(f)$を求め，パルス間隔（サンプリング間隔）が$T_{\mathrm{s}} = 2/f_{\mathrm{c}}$のときその概形をグラフに示せ．ただしグラフの横軸は$-f_{\mathrm{c}}$からf_{c}までとせよ．またサンプリングが帯域系の電力スペクトル密度をどの様に変化させたかグラフを用いて説明せよ．

$$d(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - kT_{\mathrm{s}}) \tag{4}$$

専門用語の英訳

ランダムパルス系列	random pulse sequence
方形パルス	rectangular pulse
パルス関数	pulse function
パルス幅	pulse width
情報	message
離散信号	discrete signal
自己相関関数	auto correlation function
電力スペクトル密度	power spectral density
搬送波	carrier
周波数変換	frequency conversion
搬送波周波数	carrier frequency

【通信ネットワーク】解答は，緑色（２番）の解答用紙に記入すること．

通信ネットワークの設計や性能解析手法として用いられる待ち行列システムについて，以下の問いに答えよ．

(i) 客の発生源 S_1，S_2 より発生した客の到着流をそれぞれ T_1，T_2 とする．S_1，S_2 は，それぞれ率 λ_0 ($\lambda_0 > 0$) のポアソン過程に従い，独立に客を発生すると仮定する．T_1，T_2 を合流させた客の到着流を T_3 とする．T_3 は率 $\lambda = 2\lambda_0$ のポアソン過程に従うことを示せ．ただし，率 λ_0 のポアソン過程では，時間間隔 t の間に n 個の客が到着する確率 $P_n(t)$ は次式で与えられることを用いてもよい．

$$P_n(t) = \frac{e^{-\lambda_0 t}(\lambda_0 t)^n}{n!},\ t \geq 0,\ n = 0, 1, \ldots$$

(ii) M/M/1 待ち行列システムについて考える．ただし，客の到着流は率 λ_1 ($\lambda_1 > 0$) のポアソン過程，待ち行列システムのサービス時間分布はパラメータ μ_1 ($\mu_1 > 0$) の指数分布に従い，$\lambda_1/\mu_1 < 1$ と仮定する．待ち行列システム内に k 個の客が存在する定常状態確率を p_k とすると，p_k が次式で表されることを示せ．

$$p_k = \left(1 - \frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^k, \quad k = 0, 1, \ldots$$

(iii) 客の到着流が率 λ_2 ($\lambda_2 > 0$) のポアソン過程，サーバ毎のサービス時間分布がパラメータ μ_2 ($\mu_2 > 0$) の指数分布に従う M/M/2 待ち行列システムの状態遷移速度図を図示せよ．

(iv) 問い (iii) の M/M/2 待ち行列システムにおいて，待ち行列システム内に k 個の客が存在する定常状態確率 p_k ($k = 0, 1, \ldots$) を導出せよ．ただし，$\lambda_2/(2\mu_2) < 1$ と仮定する．

(v) 待ち行列システムにおいて，客の到着流が率 λ のポアソン過程に従うと仮定する．待ち行列システム内の平均滞在時間を短くするためには，以下に示す A，B のいずれの待ち行列システムを用いるのがよいか述べよ．また，その理由についても定性的に説明せよ．

A: サービス時間分布がパラメータ 2μ の指数分布に従う M/M/1 待ち行列

B: サーバ毎のサービス時間分布がパラメータ μ の M/M/2 待ち行列

専門用語の英訳

待ち行列システム:	queueing system
到着流:	arrival process
ポアソン過程:	Poisson process
指数分布:	exponential distribution
定常状態確率:	steady state probability
状態遷移速度図:	state transition rate diagram
平均滞在時間:	average system time
サービス時間分布:	service time distribution

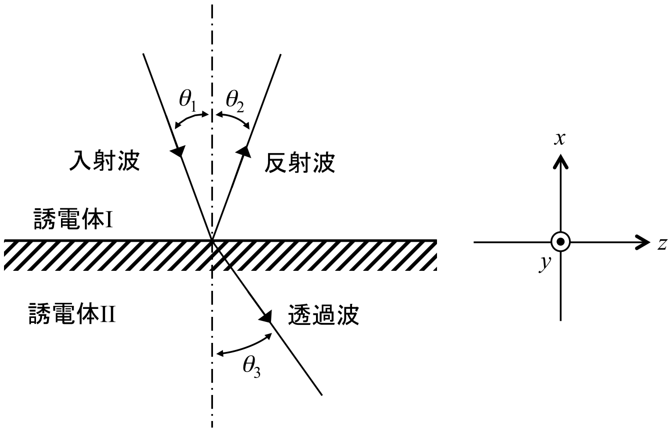
【光・電波工学】 解答は，灰色（3番）の解答用紙に記入すること.

図に示すように，x, y, z の直角座標系において，$x = 0$ の yz 平面で，異なる二つの誘電体媒質（誘電体Iと誘電体II）が接している．誘電体Iおよび誘電体IIの屈折率はそれぞれ n_1 と n_2 である．この境界面に，誘電体I側から，角周波数 ω_0 および波長 λ の平面波を斜めに入射すると，境界面で一部が反射し，一部が透過する．これら入射波，反射波，そして透過波の伝搬方向は，zx 平面に平行で x 軸との成す角がそれぞれ θ_1，θ_2，θ_3 とする．このとき，入射波および透過波の電界ベクトルの複素表示（フェーザ表示）$\boldsymbol{E}_1$ および $\boldsymbol{E}_3$ はそれぞれ以下で与えられる．

$$\boldsymbol{E}_1 = (E_{1x}, E_{1y}, E_{1z}) = \left(E_1 \sin\theta_1 \exp(-j \cdot 2\pi/\lambda \cdot (-n_1 x \cos\theta_1 + n_1 z \sin\theta_1)),\ \ 0,\ \ E_1 \cos\theta_1 \exp(-j \cdot 2\pi/\lambda \cdot (-n_1 x \cos\theta_1 + n_1 z \sin\theta_1))\right)$$

$$\boldsymbol{E}_3 = (E_{3x}, E_{3y}, E_{3z}) = \left(E_3 \sin\theta_3 \exp(-j \cdot 2\pi/\lambda \cdot (-n_2 x \cos\theta_3 + n_2 z \sin\theta_3)),\ \ 0,\ \ E_3 \cos\theta_3 \exp(-j \cdot 2\pi/\lambda \cdot (-n_2 x \cos\theta_3 + n_2 z \sin\theta_3))\right)$$

ただし，j は虚数単位である．境界面には電荷や面電流が存在しないものとして，以下の問いに答えよ．なお，誘電体Iおよび誘電体IIの透磁率は μ_0 とする．



(i) 入射波の波数ベクトル $\boldsymbol{k}_1 = (k_{1x}, k_{1y}, k_{1z})$を求めよ.

(ii) 誘電体Iにおける入射波の磁界ベクトルの複素表示（フェーザ表示）$\boldsymbol{H}_1 = (H_{1x}, H_{1y}, H_{1z})$を導け．必要であれば，電界ベクトル $\boldsymbol{e}(x, y, z, t)$と磁界ベクトル $\boldsymbol{h}(x, y, z, t)$の以下の関係式を用いてよい．ただし，この $\boldsymbol{e}$ と $\boldsymbol{h}$ は正弦状に時間変化する項を含んだベクトルであることに注意せよ.

$$\boldsymbol{\nabla} \times \boldsymbol{e} = -\mu_0 \frac{\partial \boldsymbol{h}}{\partial t}$$

(iii) 反射波の電界ベクトルの複素表示（フェーザ表示）$\boldsymbol{E}_2 = (E_{2x}, E_{2y}, E_{2z})$を導け．ただし，電界ベクトルの大きさ $|\boldsymbol{E}_2|$を E_2 とせよ.

(iv) 入射波，反射波，そして透過波の境界面 $x = 0$ における境界条件を用いて，以下の関係式を導け.

$$\sin\theta_1 = \sin\theta_2$$
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_3$$

(v) n_1，n_2，そして θ_1 を用いて，$|\boldsymbol{E}_2|/|\boldsymbol{E}_1|$および$|\boldsymbol{E}_3|/|\boldsymbol{E}_1|$を求めよ.

専門用語の英訳

誘電体：dielectric material

屈折率：refractive index

波数：wavenumber

複素表示:phasor form

透磁率：permeability

面電流：surface current

正弦状に：sinusoidally

【情報理論】 解答は，だいだい色（4番）の解答用紙に記入すること.

k個の情報記号からなる情報語$\boldsymbol{x}=(x_{k-1},\ldots,x_0)$（ただし，多項式表現では$X(z)=x_{k-1}z^{k-1}+\ldots+x_0$と表される）を基に，符号語$\boldsymbol{w}=(w_{n-1},\ldots,w_0)$（ただし，$k<n$とし，多項式表現では$W(z)=w_{n-1}z^{n-1}+\ldots+w_0$と表される）を生成する誤り訂正符号について，以下の問いに答えよ.

(i) q個の元により加減乗除が可能な代数系を$GF(q)$と表す．$GF(2)$上の元$\{0, 1\}$を係数に持つ 3 次の既約多項式$p(z)=z^3+z^2+1$の根をαとすると$\alpha^3+\alpha^2+1=0$となり，$GF(2^3)$上の元は$\{0, \alpha^0, \alpha^1, \ldots, \alpha^6\}$で与えられる．ここで，$\alpha^i=c_{i,2}\alpha^2+c_{i,1}\alpha+c_{i,0}$（ただし$i=0,\ldots,6$，係数$c_{i,2}, c_{i,1}, c_{i,0}\in\{0, 1\}$）と表すとき，各$\alpha^i$に対応する係数ベクトル$\boldsymbol{c}_i=(c_{i,2}, c_{i,1}, c_{i,0})$を求めよ.

(ii) $GF(2)$上の元$\{0,1\}$を情報記号としたときの符号語$\boldsymbol{w}=(w_6,\ldots,w_0)$（ただし$w_j\in\{0, 1\}$, $j=0,\ldots,6$）に対し，問い(i)で求めた$\boldsymbol{c}_i$を列ベクトルとする$\boldsymbol{H}=(\boldsymbol{c}_6, \boldsymbol{c}_5, \boldsymbol{c}_4, \boldsymbol{c}_3, \boldsymbol{c}_2, \boldsymbol{c}_1, \boldsymbol{c}_0)$を検査行列として用いる線形符号が，(7, 4)巡回ハミング符号となることを示せ.

(iii) 問い(ii)の検査行列$\boldsymbol{H}$を用い，受信語$\boldsymbol{u}=(0, 0, 0, 1, 1, 1, 0)$ に誤りがあるか判定せよ．あればその位置を推定し，送られた情報語$\boldsymbol{x}$を示せ.

(iv) 問い(i)で示した$GF(2^3)$の元α^1，α^2，α^3，α^4を根にもつ$G(z)$を生成多項式とし，多項式$X(z)z^4$を$G(z)$で割った剰余多項式$R(z)$を用いて，符号多項式を $W(z)= X(z)z^4+ R(z)$とするリード･ソロモン符号を考える．符号語の長さn，情報記号数k，訂正可能な誤りの個数をそれぞれ求めよ.

(v) 問い(iv)の符号の生成多項式$G(z)$を求めよ．ただし多項式は展開された形で記せ.

(vi) 問い(iv)の符号の受信語$\boldsymbol{u}=(0, 0, 0, \alpha^4, \alpha^3, \alpha^5, \alpha^2)$に誤りがあるか判定せよ．あればその位置と値を推定し，送られた情報語$\boldsymbol{x}$を示せ.

専門用語の英訳

情報記号	information symbol	列	column
情報語	information word	検査行列	check matrix
多項式表現	polynomial representation	線形符号	linear code
符号語	code word	巡回符号	cyclic code
誤り訂正符号	error correcting code	ハミング符号	Hamming code
元	element	受信語	received word
加減乗除	addition, subtraction, multiplication and division	誤り	error
代数系	algebraic system	生成多項式	generator polynomial
係数	coefficient	剰余多項式	residual polynomial
既約多項式	irreducible polynomial	符号多項式	code polynomial
根	root	リード･ソロモン符号	Reed-Solomon code
ベクトル	vector	展開された形	expanded form

【信号処理】解答は，黄色（５番）の解答用紙に記入すること．

離散時間信号 $x[n]$ (n は時点を表す整数) に対し，関数 $w[n]$ を乗算し，所望の区間の信号 $d[n] = x[n] \cdot w[n]$ を取り出すとき，$w[n]$ を窓関数という．また，離散時間信号 $x[n]$ の離散時間フーリエ変換は

$$X(\Omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-j\Omega n}, \quad (\Omega \text{は角周波数を表す実数}, j \text{ は虚数単位})$$

で定義され，$X(\Omega)$ を周波数スペクトルという．以下の問いに答えよ．

(i) ２つの離散時間信号 $x[n]$ と $d[n]$ を離散時間フーリエ変換して得られるそれぞれの周波数スペクトルが一致するような窓関数 $w[n]$ を与えよ．

(ii)

$$w[n] = \begin{cases} 1, & (n = 0, 1, \cdots, M-1) \\ 0, & \text{上記以外} \end{cases}$$

で定義される窓関数を長さ M(M は正の整数) の矩形窓という．矩形窓を離散時間フーリエ変換して得られる周波数スペクトルを求めよ．さらに，その振幅スペクトルの概形を描き，特徴を説明せよ．

(iii) 窓関数を利用するときに注意すべき点を，信号の周波数解析の観点から論ぜよ．

(iv) 実用上よく使われる窓関数は，矩形窓ではなく，窓の中央にピークをもち，窓の両端に向けて減衰しつつ０に近づく形状のものが多い．この理由を述べよ．

(v) 実用上よく使われる長さ M の窓関数の具体例を一つ挙げ，その振幅スペクトルの概形を，問い (ii) の振幅スペクトルと対比的に描け．

専門用語の英訳

離散時間信号: discrete-time signal
窓関数: window function
離散時間フーリエ変換: discrete-time Fourier transform
角周波数: angular frequency
周波数スペクトル: frequency spectrum
矩形窓: rectangular window
振幅スペクトル: amplitude spectrum
周波数解析: frequency analysis

【論理回路と計算機システム】 解答は，水色（6番）の解答用紙に記入すること.

1. A，B，C，D の 4 人が賛否を投票し，多数決によって全体の賛否を決定する回路を考える．ただし，いずれの問いにおいても下記の原則を守ることとする．
   - A，B，C，D のそれぞれの投票を入力 a，b，c，d（それぞれ賛成であれば 1，反対であれば 0）とし，白票や棄権（ドントケアに相当するもの）は無い．
   - 各投票は，A は 3 票分，B は 2 票分，C と D は共に 1 票分の重みを持つ（合計 7 票分）．
   - 回路は，これらの重みを考慮して，賛成・反対の票数の多数決の結果 m を出力する（全体として賛成であれば 1，反対であれば 0）．
   - 利用可能な論理ゲートは，論理否定（NOT），論理和（OR）および論理積（AND）であり，各ゲートの入力数には制限は無く，いずれの論理ゲートの遅延時間も一定である．
   - 解となる回路が複数存在する場合には，その 1 つを示せば良い．

(i) 多数決結果 m の真理値表，最小積和形，および，回路図を示せ．

(ii) 投票 a，b，c，d の重みを考慮した，全体としての賛成および反対の得票数を表す正の符号無し 3 ビット 2 進数整数 $\boldsymbol{X} = (x_2x_1x_0)$ および $\boldsymbol{Y} = (y_2y_1y_0)$ を入力として，$\boldsymbol{X} \geqq \boldsymbol{Y}$ のとき 1，$\boldsymbol{X} < \boldsymbol{Y}$ のとき 0 を出力する比較器を考える．

各桁（$i = 0,1,2$）において，x_i，y_i および下位桁での比較結果 c_i を入力として，その桁での比較結果 c_{i+1} を出力する回路を 3 つ直列に接続すると，最上位の比較結果 c_3 が多数決結果 m となる．ただし各桁の計算において $x_i > y_i$ ならば $c_{i+1} = 1$，$x_i < y_i$ ならば $c_{i+1} = 0$，$x_i = y_i$ ならば $c_{i+1} = c_i$ とし，また $c_0 = 1$ とする．

このとき，x_i，y_i および c_i を入力とし c_{i+1} を出力とする回路を示せ．

(iii) 問い(i)および問い(ii)で考えた多数決結果 m を出力する 2 つの回路の違いについて，(1)遅延時間，(2)A の重みを 1 票分に減らした際の回路設計の変更範囲, のそれぞれの観点から議論せよ．ただし，$\boldsymbol{X} = (x_2x_1x_0)$ および $\boldsymbol{Y} = (y_2y_1y_0)$ のうち，x_0 を求める回路は下記の論理式にしたがって構成されているものとし，他の x_1, x_2, y_0, y_1, y_2 についても同様と考えて良い．

$$x_0 = a\bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{c}d + acd + \bar{a}c\bar{d}$$

2. 浮動小数点表示では, 数値は mr^e という形式で表される. r は基数, e は指数, m は仮数と呼ばれ, 仮数は符号と絶対値からなる．ここでは 12 ビットの 2 進浮動小数点表示を考え，符号部 1 ビット，指数部 5 ビット，仮数部 6 ビット（絶対値を表す）が，上位ビットからこの順で並べられるとする．仮数部は固定小数点表示であり，小数点の位置は最上位ビットの次に固定されているとする．

(i) 仮数部 6 ビットで表現可能な最大数と最小数を 10 進数で示せ．分数でも構わない．

(ii) e と m が以下で与えられる場合に，この浮動小数点表示で表現可能な正の最大数と正の最小数を 10 進数で考える．これらの数に最も近い， 2^x の形式（x は整数）で表される値をそれぞれ答えよ．
   - 指数部 e： 整数であり，指数部が正となるよう一定数 $\alpha = 15$（バイアス）が加えられている．ビット列が全て 0 または 1 の場合も特別な扱いはしない．
   - 仮数部 m： $1 \leq |m| < 2$とし，最上位ビットが必ず 1 になるようにする（正規化）．さらにこの最上位ビットを省略して表現桁数を増やしている（隠しビット）．

(iii) 10 進数値 88.0 を，問い(ii)の場合の 2 進浮動小数点表示のビット列（12 ビット）で記述せよ．ただし符号部は，正の場合を 0，負の場合を 1 とする．

専門用語の英訳

多数決	majority vote
論理ゲート	logic gate
遅延時間	delay time
真理値表	truth table
最小積和形	minimum sum-of-products form
回路図	circuit diagram
符号無し	signless
2 進数整数	binary integer number
比較器	comparator
浮動小数点	floating point
基数	radix
指数	exponent
仮数	mantissa
固定小数点	fixed point
バイアス	bias
正規化	normalization
隠しビット	hidden bit

【データ構造とアルゴリズム】解答は，青色 (7 番) の解答用紙に記入すること．

1. 図 1 で表されるような双方向リストを用いたプログラム A が以下のように与えられている．このプログラムは，双方向リストにデータを逐次追加した後，格納されたデータを先頭の CELL から表示し，リストから 2 つのデータを削除した後，格納されたデータを最後尾の CELL から表示するプログラムである．このプログラムについて以下の問いに答えよ．

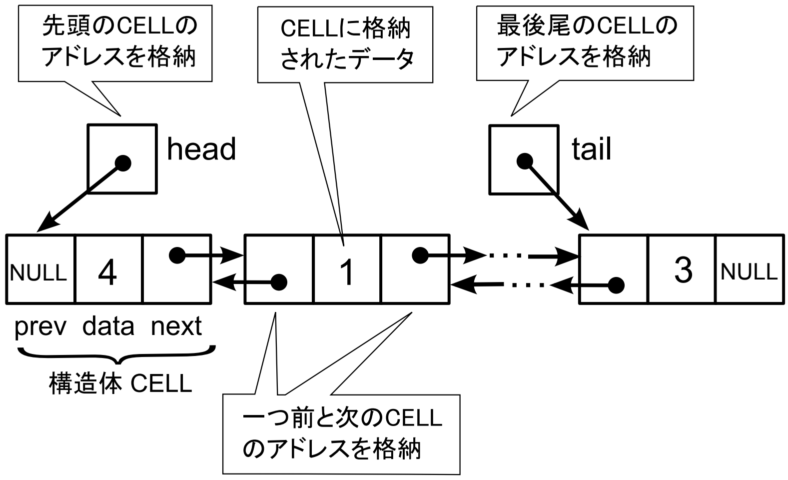


図 1

(i) プログラム中のコメント文を参考にして，プログラムが正しく動くように【 1 】〜【 7 】を埋めよ．

(ii) main 関数内の＜α＞において，i=0 および 2 のときの双方向リストを図 1 を参考にして図示せよ．

(iii) プログラム実行時の出力結果を示せ．

プログラム **A**

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

struct CELL { /* 双方向リストを構成する構造体 CELL  */
   struct CELL *prev;   /* 前の CELL へのポインタ変数 */
   int data;            /* CELL に格納するデータ */
   struct CELL *next;   /* 次の CELL へのポインタ変数 */
};
struct CELL *head=NULL, *tail=NULL; /* 先頭，最後尾の CELL へのポインタ変数 */

int ShowList(){ /* 双方向リストのデータを先頭の CELL から表示 */
  struct CELL *q;
  if(head==NULL) return 0;         /* head==NULL なら何もしない */
  for(q=head; q->next!=NULL; q=【 1 】) printf("[%d]->", q->data);
  printf("[%d]\n",q->data); return 1;
}
int ShowListR(){ /* 双方向リストのデータを最後尾の CELL から表示 */
  struct CELL *q;
  if(head==NULL) return 0;         /* head==NULL なら何もしない */
  for(q=tail; q->prev!=NULL; q=【 2 】) printf("[%d]<-", q->data);
  printf("[%d]\n",q->data); return 1;
}
void AddData(int x){ /* 双方向リストの先頭に，データ x を格納する新しい CELL を追加 */
  struct CELL *r;
  r = malloc(sizeof(struct CELL)); /* 構造体 CELL のための領域確保 */
  r->data=【 3 】;
  r->next=【 4 】;
  r->prev=【 5 】;
  if(head!=NULL) head->prev=r;
  if(tail==NULL) tail=r;
  head=r;
}
int DelData(int y){ /* 双方向リストに数値 y が格納されていれば，その CELL を削除 */
  struct CELL *q;
  if(head==NULL) return 0;      /* head==NULL なら何もしない */
  for(q=head; q->next!=NULL; q=q->next){
    if(y==q->data){
      if(q==head){ head=q->next; }
      else{
        q->prev->next=【 6 】;
      }
      if(q==tail){ tail=q->prev; }
      else{
        q->next->prev=【 7 】;
      }
      free(q); return 1;
  } }
  return 0;
}

int main(){
  int i, a[6]={ 3, 4, 10, 1, 5, 9 }; /* リストに格納するデータ */
  for(i=0; i<6; i++){
    AddData(a[i]);       /* データの逐次追加 */
     ＜α＞
  }
  ShowList();                /* リストに格納されたデータの表示 */
  DelData(a[2]); DelData(a[5]);      /* リストからデータを削除 */
  ShowListR();
  return 0;
}
```

2. 与えられたデータを昇順にソートするプログラム B が以下のように与えられている．このプログラムについて以下の問いに答えよ．

(i) このプログラムで実現されるソートアルゴリズムは，一般に何と呼ばれるか答えよ．

(ii) プログラム中のコメント文を参考にして，プログラムが正しく動くように【 8 】～【 11 】を埋めよ．

(iii) このプログラムの出力結果のうち，最初の 2 行を示せ．

(iv) このプログラムの平均時間計算量のオーダと最悪時間計算量のオーダをデータ数 N を用いて示せ．また，最悪時間計算量のオーダの算出根拠を述べよ．

プログラム B

```
#include <stdio.h>
#define N 10

void PrintArray(int array[], int left, int right, int pivot){ /* 配列表示関数 */
  int i;
  for(i=left; i <= right; i++){
    if(array[i] == pivot) printf("[%d] ", array[i]);
    else  printf("%d ", array[i]);
  }
  printf("\n");
}

void Sort(int array[], int left, int right){
  int i, j, pivot, temp;

  pivot=array[ (right+left)/2 ];   /* 配列の中央付近の値を pivot に */

  PrintArray(array, left, right, pivot);
  i=left; j=right;
  while(1){
    while( array[i] < pivot ){ 【 8 】; } /* pivot 以上の値が見つかるまで右方向へ */
    while( array[j] > pivot ){ 【 9 】; } /* pivot 以下の値が見つかるまで左方向へ */
    if( i >= j ) break;                              /* while 文から抜ける */
    temp=array[i]; array[i]=array[j]; array[j]=temp;              /* 入れ替え */
    i++; j--;
  }
  PrintArray(array, left, right, pivot);

  if( 【 10 】< i-1 ){ Sort( array,【 10 】, i-1); }    /* 配列左側のソート */
  if(   j+1  <【 11 】){ Sort( array, j+1,【 11 】); }  /* 配列右側のソート */
}

int main(){
  int i, x[N]={9, 12, 3, 1, 7, 8, 4, 2, 10, 5}; /* ソート対象の配列 */
  Sort(x, 0, N-1);
  return 0;
}
```

専門用語の英訳

データ構造とアルゴリズム

双方向リスト	bidirectional list
構造体	structure
プログラム	program
アルゴリズム	algorithm
ソート	sort
最悪時間計算量	worst-case time-complexity
平均時間計算量	mean time-complexity
オーダ	order

【制御工学】解答は，白色（８番）の解答用紙に記入すること．

1. 図1のブロック線図において，$R(s)$ から $C(s)$ までの伝達関数を $G_1(s)$, $G_2(s)$, $G_3(s)$, $G_4(s)$ を用いて表せ．

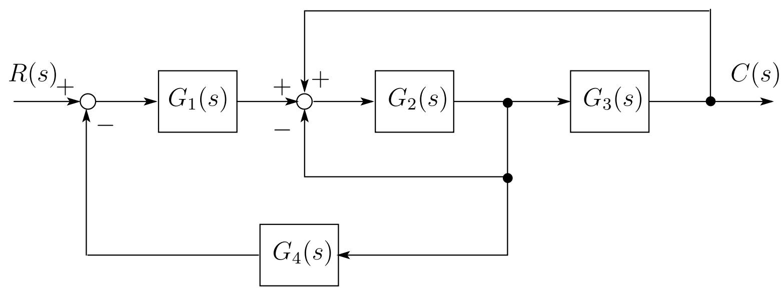


図1

2. 次の伝達関数で表されるシステムについて，以下の問いに答えよ．

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + s + 1}$$

 (i) ステップ応答を時間 t の関数として求めよ．

 (ii) ステップ応答波形において，初期時刻 $t = 0$ から最大オーバーシュートに達するまでの時間を求めよ．

 (iii) $G(s)$ に対するベクトル軌跡の始点，虚軸との交点，および終点の座標をそれぞれ求めよ．

 (iv) ゲイン $|G(j\omega)|$ の最大値であるピーク値，およびゲインがそのピーク値をとるときの角周波数 ω の値を求めよ．ただし，j は虚数単位を表す．

3. 次の伝達関数で表されるシステムにおいて，角周波数 ω を $\omega \to 0$ および $\omega \to \infty$ としたときの $\angle G(j\omega)$ の漸近値 $\lim_{\omega \to 0} \angle G(j\omega)$ と $\lim_{\omega \to \infty} \angle G(j\omega)$ を求めよ．ただし，$\angle G(j\omega)$ は $G(j\omega)$ の偏角を表す．

$$G(s) = \frac{s^2 + 3s + 1}{s^2(s + 3)(s + 5)}$$

4. 図2のフィードバックシステムにおいて，$R(s)$ から $C(s)$ までの閉ループ伝達関数が虚軸上に極をもつための，K に関する必要十分条件を示せ．また，その条件が満足されるとき，閉ループ伝達関数が虚軸上にもつ極をすべて求めよ．ただし，K は正の実数を表す．

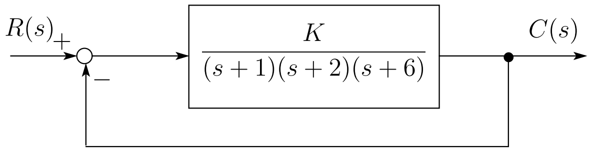


図2

専門用語の英訳

制御工学

ブロック線図	block diagram
伝達関数	transfer function
ステップ応答	step response
最大オーバーシュート	maximum overshoot
ベクトル軌跡	vector locus, polar plot
始点	origin
虚軸	imaginary axis
交点	point of intersection
終点	end point
座標	coordinate
ゲイン	gain
ピーク値	peak value
角周波数	angular frequency
虚数単位	imaginary unit
漸近値	asymptotic value
偏角	argument
フィードバックシステム	feedback system
閉ループ伝達関数	closed-loop transfer function
極	pole
必要十分条件	necessary and sufficient condition