

# 平成 26 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18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。

実数の変調信号  $g(t)$  ( $t$  は時刻) を用いて振幅  $A$ , 周波数  $f_c$ , 時刻  $t = 0$  における位相が  $\theta$  である正弦波  $A\cos(2\pi f_c t + \theta)$  を搬送波とする AM (Amplitude Modulation) 変調を考える。このとき以下の問いに答えよ。

- (i) 受信機において包絡線検波で  $g(t)$  を抽出可能であるならば, AM 変調された波形にはどのような制約条件があるのかを, 被変調信号の時間波形が数式でどのように表現されるかを示した上で説明せよ。ただし, 変調指数を  $m$  とする。
- (ii) 問い(i)で導出された被変調信号をフーリエ変換することで, そのスペクトルを導出し, またスペクトルの絶対値の概形を図示せよ。ただし  $g(t)$  のフーリエ変換は  $G(f)$  とし, その形は任意に与えよ。また  $G(f)$  の帯域幅は  $f_c$  より十分小さい値であるものとする。なおスペクトルは, 負の周波数まで想定せよ。
- (iii)  $g(t) = \cos 2\pi f_m t$  であるときに, この信号が包絡線検波可能という条件を満足する場合, 伝送のために使用される総電力に対する情報伝送のための電力の割合の最大値を導出せよ。
- (iv) 問い(iii)で導出された割合を 100%にするためには, 包絡線検波が適用可能という条件を削除する必要がある。その結果成立する変調方式が DSB (Double Side Band) 方式であり, その信号を受信するには同期検波が用いられる。そこで, DSB 方式を前提とした同期検波回路を図示し, その動作原理を説明するとともに,  $g(t) = \cos 2\pi f_m t$  であるときに同期検波した場合の, 検波後の信号と雑音の電力比を算出せよ。ただし, 受信時の希望信号成分の振幅は  $A_{DSB}$ , 単位周波数あたりの雑音の電力スペクトル密度は  $N_0$  で周波数に対しては一樣な特性であり, 受信機の帯域幅は  $g(t)$  を受信するための最小帯域幅に設定されている。また雑音の等価低域系表示である複素数  $x(t) + jy(t)$  は,  $x(t), y(t)$  がそれぞれ互いに独立なランダム変数であり, それらの平均値は 0, それらの二次モーメントは等しいものとする。

## 専門用語の英訳

---

位相	phase
一様	flat
雑音	noise
時間波形	waveform in time domain
時刻	time
減衰	attenuation
周波数	frequency
受信機	receiver
振幅	amplitude
スペクトル	spectrum
正弦波	sinusoidal wave
制約条件	constraint condition
送信機	transmitter
総電力	total power
増幅	amplification
帯域幅	bandwidth
伝搬路	propagation path
電力スペクトル密度	power spectral density
同期検波	coherent detection
搬送波	carrier
被変調信号	modulated signal
フーリエ変換	Fourier transform
変調指数	modulation index
変調信号	modulating signal
包絡線検波	envelope detector

【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。

メディア (媒体) アクセス制御を用いて、複数の送信端末から単一の受信局宛にパケットを送出する場合のスループットについて考える。スループットを、受信局において単位時間あたりに衝突することなく受信される平均パケット数と定義する。複数のパケットが衝突すると、それらのパケットは廃棄されると仮定する。

時間間隔  $t$  の間に  $k$  個のパケットが受信局に到着する確率  $p_k(t)$  は、ポアソン分布に従い、

$$p_k(t) = \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!} \quad (t \geq 0, k = 0, 1, 2, \dots)$$

で与えられるものとする。ただし、 $\lambda$  (packet/s) は、一秒間あたりに受信局に到着する平均パケット数を表す。全てのパケットは同一の長さであり、パケットの伝送時間を  $T$  (s) とする。また、伝送路上のパケットの伝搬遅延時間は無視できるものと仮定する。

以下の問いに答えよ。

- (i) メディアアクセス制御として Pure ALOHA を用いた場合、送信端末はパケットが発生すると直ちに伝送路上にパケットを送出する。Pure ALOHA を用いた場合、ある送信端末より送出されたパケットが他のパケットと衝突することなく受信局で受信される確率を  $T$ ,  $\lambda$  を用いて表せ。
- (ii) メディアアクセス制御として Pure ALOHA を用いた場合のスループットを  $\lambda$  を用いて表せ。ただし、 $T = 1$  とすること。
- (iii) メディアアクセス制御として Slotted ALOHA を用いた場合、Pure ALOHA を用いた場合とは異なり、送信端末は一定時間間隔  $U$  (s) ( $U \geq T$ ) の決められた時刻にのみパケットを送出することができる。  $U = T$  とするとき、Slotted ALOHA を用いた場合のスループットが Pure ALOHA を用いた場合のスループットより大きくなる理由を説明せよ。
- (iv) 以上では、伝搬遅延時間が無視できる場合を仮定してきたが、ここでは伝搬遅延時間を無視できない場合を考える。メディアアクセス制御として CSMA (Carrier Sense Multiple Access) を用いた場合、送信端末はパケット送出前に伝送路上に信号が流れているかを検知することにより、パケットの衝突を回避する。しかし、CSMA を用いた場合のスループットは伝搬遅延時間が大きくなると劣化することが知られている。この理由について説明せよ。

## 専門用語の英訳

メディア (媒体) アクセス制御:	medium access control
送信端末:	transmitter
受信局:	receiver
パケット:	packet
スループット:	throughput
衝突:	collision
ポアソン分布:	Poisson distribution
伝送時間:	transmission time
伝搬遅延時間:	propagation delay
伝送路:	channel

【光・電波工学】 解答は、灰色(3番)の解答用紙に記入すること。

下図に示すように、角周波数 $\omega$ で正弦的な時間変化をする、長さ $d$ の線電流 $\vec{I} = I_0 \vec{i}_z$ （ $\cdot$ は複素表示であることを示す）が流れているとする。このとき、以下の問いに答えよ。

この線電流の中心を座標系の原点 $O$ にとり、線電流の方向は直角座標系の $z$ 軸の正方向とする。また、線電流の長さ $d$ は線電流の波長 $\lambda$  および原点から点 $P$ までの距離 $r$ に比べて十分小さく、線電流の分布はその線上で一様であるとみなしてよいものとする。線電流の周囲の空間は真空であるとし、その誘電率、透磁率は、それぞれ $\epsilon_0$ 、 $\mu_0$ とする。

直角座標系における基本ベクトルは $\vec{i}_x$ 、 $\vec{i}_y$ 、 $\vec{i}_z$ と表記するものとし、それぞれ、 $x$ 軸、 $y$ 軸、 $z$ 軸の正方向を向く単位ベクトルである。球座標系における基本ベクトルは $\vec{i}_r$ 、 $\vec{i}_\theta$ 、 $\vec{i}_\varphi$ と表記するものとし、 $\vec{i}_r$ は原点 $O$ から点 $P$ の方向を向く単位ベクトル、 $\vec{i}_\theta$ は頂角 $2\theta$ の円錐面に垂直で $\theta$ の増加する方向を向く単位ベクトル、 $\vec{i}_\varphi$ は $\varphi$ が一定となる半無限の平面に垂直で $\varphi$ の増加する方向を向く単位ベクトルである。

なお、波数 $k$ は $k = 2\pi/\lambda = \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ であたえられるが、問い(i)～(iv)の解答中では $k$ と表記してもよい。

(i) 点 $P(r, \theta, \varphi)$ における複素遅延ベクトルポテンシャル $\vec{A}$ が、 $\vec{A} = \vec{i}_z \frac{\mu_0}{4\pi} I_0 d \frac{e^{-jkr}}{r}$ であたえられることを示せ。

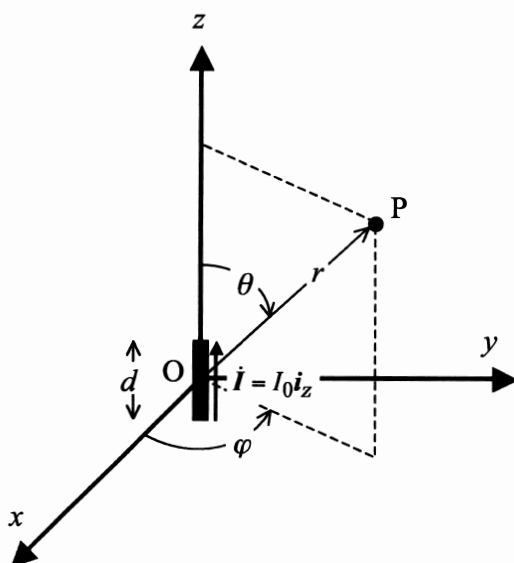
(ii) 点 $P(r, \theta, \varphi)$ における複素磁界ベクトルの $r$ 、 $\theta$ 、 $\varphi$ 方向成分をすべて求めよ。なお、 $\vec{i}_z = \vec{i}_r \cos\theta - \vec{i}_\theta \sin\theta$ であり、球座標系におけるベクトル $\vec{A}$ の回転は、

$$\nabla \times \vec{A} = \vec{i}_r \left[ \frac{1}{r \sin\theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (A_\varphi \sin\theta) - \frac{1}{r \sin\theta} \frac{\partial A_\theta}{\partial \varphi} \right] + \vec{i}_\theta \left[ \frac{1}{r \sin\theta} \frac{\partial A_r}{\partial \varphi} - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r A_\varphi) \right] + \vec{i}_\varphi \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r A_\theta) - \frac{1}{r} \frac{\partial A_r}{\partial \theta} \right]$$

で与えられる。ここで、 $A_r$ 、 $A_\theta$ 、 $A_\varphi$ は、それぞれベクトル $\vec{A}$ の球座標系における $r$ 、 $\theta$ 、 $\varphi$ 方向成分である。

(iii)  $r \gg \lambda$ のとき、点 $P(r, \theta, \varphi)$ における複素電界ベクトルおよび複素磁界ベクトルの $r$ 、 $\theta$ 、 $\varphi$ 方向成分をそれぞれ求めよ。

(iv)  $r \gg \lambda$ のとき、点 $P(r, \theta, \varphi)$ における時間平均電力密度を求めよ。



## 専門用語の英訳

正弦的な : sinusoidal

線電流 : line current

複素表示 : *phasor form*

直角座標系 : Cartesian coordinates

誘電率 : permittivity

透磁率 : permeability

球座標系 : spherical coordinates

複素遅延ベクトルポテンシャル : phasor retarded vector potential

複素磁界ベクトル : magnetic field phasor vector

複素電界ベクトル : electric field phasor vector

時間平均電力密度 : time-average power density

【情報理論】 解答は、だいたい色(4番)の解答用紙に記入すること。

図1 および図2 に示す二元通信路を、それぞれ、通信路1、通信路2 とする。いずれの通信路も、入力アルファベットは  $A = \{0, 1\}$ ，出力アルファベットは  $B = \{0, 1\}$  である。

通信路1 は、ビット誤り率  $p$  (ただし  $0 < p < 1$ ) の二元無記憶対称通信路である。一方、通信路2 は定常二状態マルコフ連鎖で表され、G (Good) 状態と B (Bad) 状態の2つの状態を有する。これらの2つの状態遷移は図2 (a) の状態遷移図で表され、2つの状態遷移確率を  $q, r$  (ただし  $0 < q < 1, 0 < r < 1$ ) とする。通信路2 が G 状態にあるとき、図2 (b) に示すように入力アルファベットは誤りなく伝送される。一方、通信路2 が B 状態にあるとき、図2 (c) に示すように入力アルファベットは必ず誤って伝送される。

これらの二元通信路に関する以下の問いに答えよ。なお、解答に際して、対数の値が必要である場合、 $\log_2 3 = 1.58$  および  $\log_2 5 = 2.32$  を用いてよい。

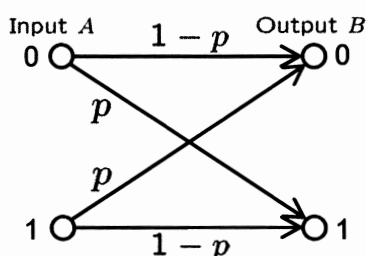
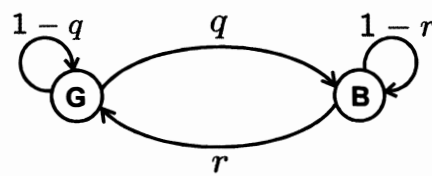
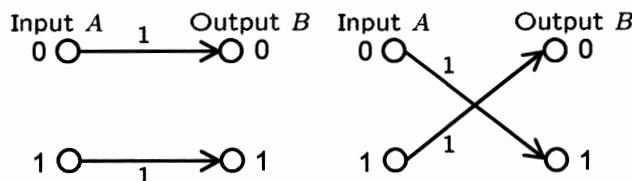


図1: 通信路1の通信路線図



(a) 通信路2の状態遷移図



(b) G状態の通信路線図

(c) B状態の通信路線図

図2: 通信路2の状態遷移図および通信路線図

- (i) 通信路2 が G 状態にある確率および B 状態にある確率を、それぞれ、 $P_G$ 、 $P_B$  とする。 $P_G$  および  $P_B$  を求めよ。
- (ii) 通信路2 のビット誤り率  $p_2$  を求めよ。
- (iii) 1 ビットあるいはそれ以上の連続するビット誤りを“バースト誤り”と定義し、また、その長さを“バースト誤り長”と定義すると、通信路1 および通信路2 におけるバースト誤り長の平均値  $\bar{l}_1$ 、 $\bar{l}_2$  は、それぞれ、 $\bar{l}_1 = 1/(1-p)$ 、 $\bar{l}_2 = 1/r$  となる。ここで、通信路2 の状態遷移において  $q = 2^{-4}$  および  $r = 2^{-2}$  としたとき、通信路2 のビット誤り率  $p_2$  が通信路1 のビット誤り率  $p$  と等しい (すなわち  $p_2 = p$ ) とする。このとき、 $\bar{l}_1$  と  $\bar{l}_2$  の大小を比較せよ。また、通信路1 と通信路2 の特徴の違いから、そのようになる理由を説明せよ。
- (iv) 通信路1 の通信路容量を  $C_1$  とする。 $C_1$  をエントロピー関数  $H(x) = -x \log_2 x - (1-x) \log_2 (1-x)$  を用いて表せ。なお、通信路容量  $C_1$  の導出過程を示す必要はない。
- (v) 通信路2 の通信路容量を  $C_2$  とする。 $C_2$  をエントロピー関数  $H(x)$  を用いて表せ。問い (iv) と同じく、通信路容量  $C_2$  の導出過程を示す必要はない。
- (vi) 問い (iii) と同じく、通信路2 の状態遷移において  $q = 2^{-4}$  および  $r = 2^{-2}$  としたとき、通信路2 のビット誤り率  $p_2$  が通信路1 のビット誤り率  $p$  と等しいとする。このとき、 $C_1$  と  $C_2$  の大小を比較せよ。また、通信路1 と通信路2 の特徴の違いから、そのようになる理由を説明せよ。



## 専門用語の英訳

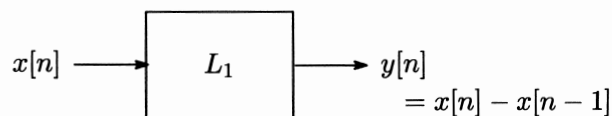
---

アルファベット	alphabet
エントロピー関数	entropy function
確率	probability
出力	output
状態	state
状態遷移	state transition
状態遷移図	state transition diagram
対数	logarithm
通信路線図	channel diagram
通信路容量	channel capacity
定常二状態マルコフ連鎖	stationary 2-state Markov chain
導出過程	derivation process
特徴	characteristics
二元通信路	binary channel
二元無記憶対称通信路	memoryless binary symmetric channel
入力	input
バースト誤り	burst error
バースト誤り長	length of burst error
ビット誤り率	bit error probability
平均値	average value
連続するビット誤り	successive bit errors

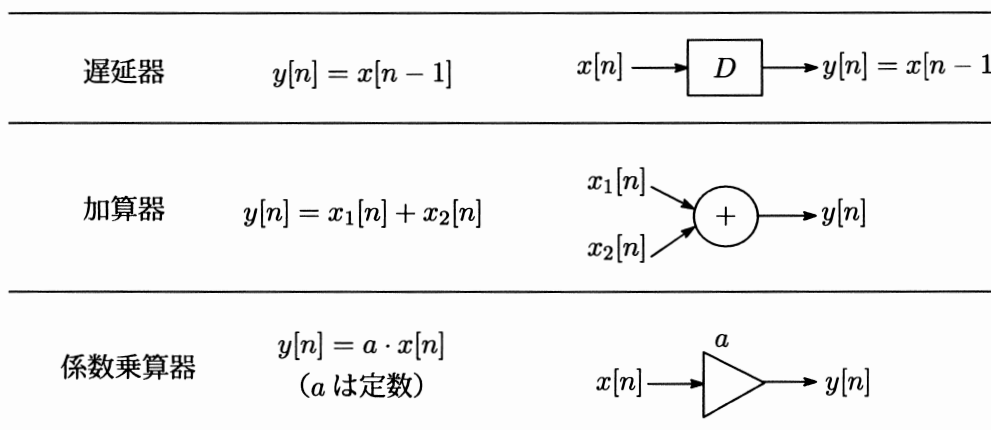
---

【信号処理】 解答は、黄色(5番)の解答用紙に記入すること。

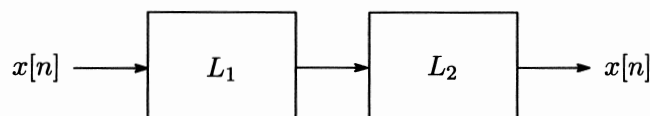
離散時間信号処理システム  $L_1$  の入力信号, 出力信号を各々  $x[n]$ ,  $y[n]$ , ( $n$  は時刻を表す整数) とし, 下図のように入出力信号について  $y[n] = x[n] - x[n-1]$  の関係式を持つものとする。以下の問いに答えよ。



- (i) システム  $L_1$  が線形性, 時不変性を有することを数式を用いて示せ。また,  $L_1$  が因果性を有することも説明せよ。
- (ii) 線形時不変性および因果性を有する信号処理システムは下に示す遅延器, 加算器, 係数乗算器で実現できる。これらを用いて  $L_1$  のブロック図を構成せよ。



- (iii)  $L_1$  の伝達関数を求め, 伝達関数をもとに  $L_1$  の安定性を調べよ。
- (iv)  $L_1$  の周波数応答を求め, その振幅特性と位相特性を図示せよ。ただし, この場合の周波数は角周波数を指すものとする。
- (v) システム  $L_1$  に対し, 下図のように縦続接続すると元の入力を出力するシステム  $L_2$  を  $L_1$  の逆システムと呼ぶ。線形時不変性および因果性を有する逆システム  $L_2$  の時間領域での入出力信号の関係式を求めよ。



- (vi) 問い (ii) の遅延器, 加算器, 係数乗算器で  $L_2$  のブロック図を構成せよ。

## 専門用語の英訳

離散時間信号処理システム: discrete-time signal processing system

入力信号: input signal

出力信号: output signal

線形性: linearity

時不変性: time-invariance

因果性: causality

遅延器: delay

加算器: adder

係数乗算器: scalar-multiplier

ブロック図: block diagram

伝達関数: transfer function

安定性: stability

周波数応答: frequency response

振幅特性: magnitude response

位相特性: phase response

角周波数: angular frequency

縦続接続: cascade connection

逆システム: inverse system

時間領域: time domain

【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。

$n$  ビットの2つの2進数整数  $X = (x_{n-1}x_{n-2} \dots x_0)$  と  $Y = (y_{n-1}y_{n-2} \dots y_0)$  の加算を行う回路を構成することを考える。以下の問いに答えよ。

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。

- ・2進数表現において添え字が小さい方を下位桁とする。
- ・ $i$  ビット目の加算 ( $0 \leq i < n$ ) において、加算すべき入力を  $x_i, y_i$ ，出力するそれらの和を  $s_i$ ，下位桁からの桁上げ入力を  $c_i$ ，上位桁への桁上げ出力を  $c_{i+1}$  とする。
- ・指定された回路以外に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) とし、いずれの論理ゲートも遅延時間が  $T$  であるとする。
- ・解となる回路構成が複数存在する場合には、その1つを示せばよいとする。

- 下位桁からの桁上げ  $c_i$  を入力に含めない2進数1ビットの加算回路を半加算器という。この半加算器の真理値表と回路図を示せ。ただし、各ゲートの入力数は2以下とする。
- 下位桁からの桁上げ  $c_i$  を入力に含める2進数1ビットの加算回路を全加算器という。このとき、半加算器を2つ用いて構成される全加算器  $H\text{-}FA_i$  の回路図を示せ。ただし、半加算器は図1に示した記号を用いて表すこと。ただし、各ゲートの入力数は2以下とする。
- 半加算器を用いずに構成される全加算器  $FA_i$  における和  $s_i$  と上位桁への桁上げ出力  $c_{i+1}$  の論理式を最小積和形で示せ。
- $n$  ビットの2つの2進数整数  $X$  と  $Y$  の加算回路を用いて、 $X$  から  $Y$  の減算を行う回路を構成することを考える。この減算回路の回路図を示せ。ただし、 $X$  と  $Y$  の加算を行う回路は図2に示した記号を用いて表すこと。
- 問い(iii)で設計した全加算器  $FA_i$  において、 $x_i, y_i, c_i$  の入力が確定した後、 $s_i$  および  $c_{i+1}$  を得るのにかかる時間を、それぞれ  $T$  を用いて表せ。
- 全加算器  $FA_i$  の桁上げ出力  $c_{i+1}$  を、次の上位桁  $i+1$  の全加算器  $FA_{i+1}$  の桁上げ入力  $c_{i+1}$  に接続した  $n$  ビットリプル桁上げ加算器を考える。このリプル桁上げ加算器において、 $c_0$  に0を入力し、 $FA_{n-1}, FA_{n-2}, \dots, FA_0$  にそれぞれ  $x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_0, y_{n-1}, y_{n-2}, \dots, y_0$  の入力を確定した後、最上位桁の全加算器  $FA_{n-1}$  から出力  $s_{n-1}$  を得るまでに要する時間を  $T$  を用いて表せ。
- 全加算器  $FA_i$  を用いた  $n$  ビットの加算回路の桁上げ信号の計算時間を短縮するために、桁上げ先見加算器を構成することを考える。桁上げ先見加算器とは、桁上げ信号を直接論理回路で構成した回路をいう。全加算器  $FA_i$  の桁上げ出力  $c_{i+1}$  を  $g_i + p_i c_i$  の形で表すとする、 $g_i, p_i$  はどのように表されるかを答えよ。また、このとき、 $c_0$  に0を入力し、入力  $x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_0, y_{n-1}, y_{n-2}, \dots, y_0$  の値が確定した後、出力  $c_{i+1}$  を得るまでに要する時間、および、 $n$  ビットの加算に要する時間を  $T$  を用いて表せ。

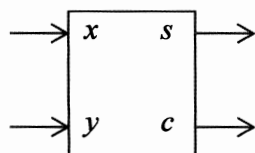


図 1

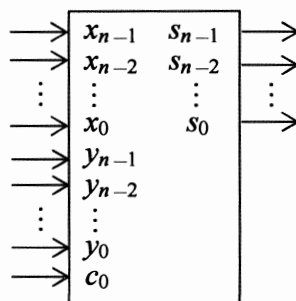


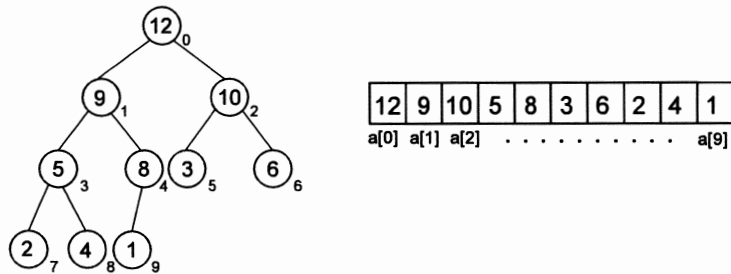
図 2

## 専門用語の英訳

2 進数整数	binary integer number
加算	addition
桁上げ	carry
論理ゲート	logic gate
遅延時間	delay time
半加算器	half adder
真理値表	truth table
回路図	circuit diagram
全加算器	full adder
論理式	logical formula
最小積和形	minimum sum-of-products form
減算	subtraction
リプル桁上げ加算器	ripple-carry adder
桁上げ先見加算器	carry-lookahead adder

【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は、データ構造の一つであるヒープの例であり「各節点に格納された値はその子節点に格納された値以上である」という性質を満たしている。ただし、2分木の各節点内の数字は格納された値を、節点右下の数字は節点番号を表すものとする。配列を用いてヒープを実現するためのプログラムAについて以下の問いに答えよ。



ヒープの例

ヒープの配列による表現

図1

### プログラムA

```
#define N 6
/* ヒープヘデータ d を挿入 */
/* n: ヒープのデータ数 a: ヒープのデータが格納された配列 */
void insert_heap(int *a, int d, int n) {
    int i;
    a[n-1] = d; /* 配列の最後尾にデータを暫定的に挿入 */
    i = n-1; /* 配列の最後尾の節点からヒープ条件回復処理を行う */
    while ( i != 0 ) { /* 最大で根に到達するまで実行 */
        if ( a[i] > a[  ] ) { /* 親節点に格納された値との比較 */
            a[i] = a[  ]; a[  ] = d;
            i = ; /* 親節点に格納された値が子節点の値より小さいため節点を交換 */
        } else break; /* 親節点に格納された値が子節点の値以上のため終了 */
    }
}

int main(){
    int n = 0; /* ヒープに格納されたデータ数 */
    int i, a[N]; /* ヒープを実現する配列 */
    int data[N] = {4, 1, 3, 9, 5, 2}; /* ヒープに逐次格納していくデータの配列 */
    for( i = 0; i < N; i++ ){
        n++; /* 格納データ数を1つ増加 */
        insert_heap(a, data[i], n); /* 逐次 data[i] をヒープに格納する */
        < α >
    }
    return(0);
}
```

- (i) プログラム中のコメント文を参考にして、プログラムが正常に動くように空欄 

1
---

 を埋めよ。
- (ii) 各  $i = 0, \dots, 5$  の値のもとで、 $\langle \alpha \rangle$  における配列  $\mathbf{a}$  が表す 2 分木を図 1 を参考に図示せよ。ただし、節点番号は省略してよい。
- (iii) このプログラムで作成されるヒープは完全 2 分木である。完全 2 分木とは何か説明せよ。
2. プログラム B は、ソート対象の配列のデータをヒープとして格納し、その後、逐次、最大値を格納した節点をヒープから削除し、残りのデータをヒープとして再び格納する処理を繰り返すことでソートを行っている。このプログラムについて以下の問いに答えよ。
- (i) ヒープに格納されたデータ数が  $N$  のとき、子節点を持つ節点の数を示せ。
- (ii) プログラム中のコメント文を参考にして、プログラムが正常に動くように空欄 

2
---

 ～ 

5
---

 を埋めよ。
- (iii) プログラム実行時の出力結果を示せ。
- (iv)  $m = 8, 6, 4$  のとき、 $\langle \beta \rangle$  における配列  $\mathbf{a}$  に格納された値と、その配列のデータの中で、ヒープとして格納されている部分に対応する 2 分木を図 1 を参考に図示せよ。ただし、節点番号は省略してよい。
- (v) プログラムの最悪時間計算量のオーダーを、データ数  $N$  を用いて示し、また、その導出根拠を述べよ。

## プログラム B

```
#include <stdio.h>
#define N 9

/* 注目する節点を頂点とする 2 分部分木のヒープ条件を回復する関数 */
/* a: データを格納した配列, x: 注目する節点番号, n: ヒープのデータ数 */
void down_heap(int *a, int x, int n) {
    int node, tmp;
    while ( 2 <= n-1 ){ /* 注目する節点に子が存在する間, 実行 */
        if ( 2 == n-1 ) { /* 左の子節点のみ存在する場合 */
            node = 2;
        }else{ /* 2 つの子節点が存在する場合 */
            if ( a[2*x+1] >= a[2*x+2] ){ /* 格納された値を比較 */
                node = 2; /* 左の子節点に格納された値が右の子節点の値以上 */
            }else{
                node = 3; /* 左の子節点に格納された値が右の子節点の値より小さい */
            }
        }
        if ( a[x] < a[node] ){ /* 子節点と親節点に格納された値を比較 */
            tmp = a[node]; a[node] = a[x]; a[x] = tmp;
            x = node; /* 親節点に格納された値が子節点の値より小さいため節点を交換 */
        }else break; /* 親節点に格納された値が子節点の値以上のため終了 */
    }
}

int main(){
    int k, m, t, a[N] = { 7, 2, 6, 1, 4, 3, 9, 8, 5 };

    for( m = 4; m >= 0; m-- ){ /* 配列 a をもとにヒープを構築 */
        down_heap(a, m, N); /* 子節点をもつ節点に対して実行 */
        printf("[%d]", m);
        for(k = 0; k < N; k++){ printf(" %d", a[k]); } printf("\n");
    }
    for( m = N-1; m > 0; m-- ) {
        t = a[0]; a[0] = a[ 5 ]; a[ 5 ] = t;
        down_heap(a, 0, 5);
        < β >
    }
    for(k = 0; k < N; k++) printf(" %d", a[k]);
    return(0);
}
```



# 専門用語の英訳

## データ構造とアルゴリズム

ヒープ	heap
節点	node
2分木	binary tree
配列	array
挿入	insert
完全2分木	complete binary tree
ソート	sort
最悪時間計算量	worst-case time-complexity
オーダー	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のフィードバックシステムについて、以下の問いに答えよ。ただし、 $K$  は定数であり、 $R(s)$  と  $C(s)$  はそれぞれ時間関数  $r(t)$ ,  $c(t)$  のラプラス変換を表すとする。

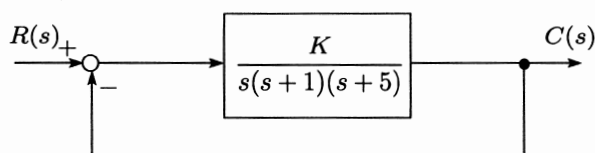


図 1

- (i)  $K$  の値を  $0 \rightarrow \infty$  と変化させたときの根軌跡において、2 本の軌跡は実軸から分岐する。分岐する実軸上の点の座標を求めよ。
  - (ii) 問 (i) の根軌跡において、実軸から分岐した軌跡はある直線に漸近する。その漸近線と実軸の交点の座標を求めよ。
  - (iii)  $r(t) = t$  ( $t \geq 0$ ) なる単位ランプ入力に対する定常偏差  $\lim_{t \rightarrow \infty} (r(t) - c(t))$  を求めよ。
  - (iv)  $K = 1$  としたときの、フィードバックシステムのゲイン余裕のデシベル値を求めよ。
2. 図 2 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。

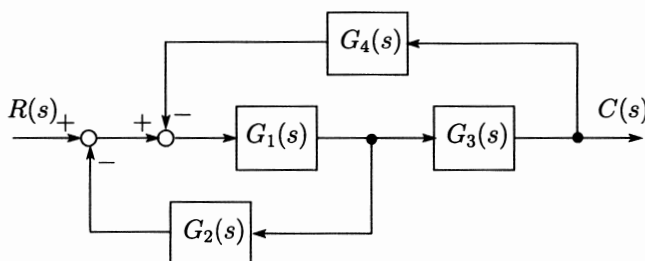


図 2

3. 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。

$$G(s) = \frac{s+4}{(s+2)^2(s+3)(s+5)}$$

- (i) インパルス応答を時間  $t$  の関数として求めよ。
- (ii)  $G(s)$  のボード線図におけるゲイン曲線の概形を折れ線近似により示せ。ただし、横軸には折点角周波数の値を明記し、折れ線の各部分にはその傾きを明記すること。

# 専門用語の英訳

## 制御工学

フィードバックシステム	feedback system
ラプラス変換	Laplace transform
根軌跡	root locus
実軸	real axis
分岐する	break away
座標	coordinate
漸近線	asymptote
交点	point of intersection
単位ランプ入力	unit ramp input
定常偏差	steady-state error
ゲイン余裕	gain margin
デシベル値	decibel value
ブロック線図	block diagram
伝達関数	transfer function
インパルス応答	impulse response
ボード線図	Bode diagram
ゲイン曲線	log-magnitude curve
折れ線近似	piecewise linear approximation
折点角周波数	corner angular frequency