# 知能システム学Ⅱ

次の３問から２問選択して解答せよ．問題毎に対応する問題番号が書かれた答案用紙を用いること．また，配布された全ての答案用紙の冒頭に記載されているチェックボックスにレ点を記入し，当該問題に解答するか否かを示せ．３問解答した場合，全ての解答を無効とする．答案用紙の追加は認めない．

## 1

以下の問い 1)～3)に答えよ．

１）あるシステムの伝達関数$G(s)$が

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

であるとする．このようなシステムについて，以下の小問 a), b)に答えよ．

a) このシステムのインパルス応答を求めよ．

b) このシステムに対して，図１のようなフィードバック制御系を考える．

i) $K(s)=1$のとき，ナイキストの安定判別法を用いてフィードバック制御系の内部安定性を判別せよ．ただし，ナイキスト軌跡を描く際には，角周波数$\omega=0$, $\omega\to\infty$での様子と軸との交点がわかるようにせよ．

ii) $K(s)=k$（$k$は実数）であるとする．このとき，フィードバック制御系を内部安定にするための$k$の範囲を求めよ．

iii) $K(s)=k$（$k$は実数）であるとする．このフィードバック制御系が内部安定である場合，ステップ応答に対する定常偏差を求めよ．

iv) $K(s)=k$（$k$は実数）であるとする．このフィードバック制御系が内部安定である場合，ステップ応答に対する定常偏差が$k$によってどのように変化するか説明せよ．

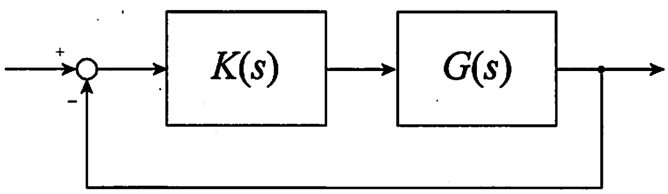


図１

－－－次ページに続く－－－

―――問題１の続き―――

2) 伝達関数行列について，以下の小問 a)〜c)に答えよ．

a) 一般に伝達関数行列の実現が最小実現になるための必要十分条件を述べよ．
b) マクミラン次数を求めることで，次の伝達関数行列$G(s)$の最小実現の次元数を求めよ．

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{1}{s+1} & \frac{1}{s+1} \end{bmatrix}$$

c) b)における伝達関数行列$G(s)$の最小実現を求めよ．

3) 次の状態方程式と出力方程式で示すシステムにおいて，$\boldsymbol{x}$は状態変数ベクトル，$u$は１次元の入力，$y$は１次元の出力を表す．これらの右に括弧がついた場合は，その括弧の中で時刻を表す．また，$\dot{\boldsymbol{x}}$は$\boldsymbol{x}$の時間微分を表す．さらに，$a$と$b$は実数のパラメータとする．以下の小問 a),b)に答えよ．

$$\dot{\boldsymbol{x}} = \begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \boldsymbol{x} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & b \end{bmatrix} \boldsymbol{x}$$

a) このシステムの可制御性と可観測性を調べよ．
b) このシステムにおいて$a \neq 0$の場合を考える．初期時刻が$t = 0$，初期状態が$\boldsymbol{x}(0) = [1 \quad 0]^T$，入力が$u(t) = t$であるとき，$t = 1$における状態変数の値を求めよ．

―――次ページに続く―――

# 2

以下の問い 1)〜7)に答えよ．

1) 図 1 のグラフにおいて，探索によって出発地点 A から目標地点 Y に至る経路を求める．以下の小問 a)，b)に答えよ．ただし，展開して得られた子節点は，図 2 に示すように，上(U)，右(R)，下(D)，左(L)の順に，OPEN リストの右から挿入するものとする．また，既に OPEN リスト内に存在する節点は新たに挿入しないものとする．

   a) 縦型探索によって経路を求めよ．
   b) 横型探索によって経路を求めよ．

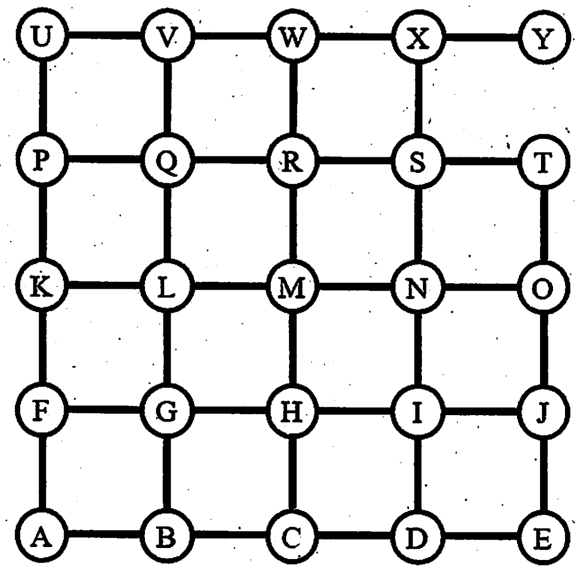


図 1

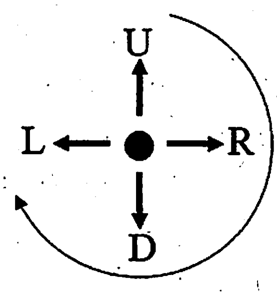


図 2

ーーー問題２の続きーーー

2) 1 次元の特徴パターンを考える．入力パターンが $\boldsymbol{y} = \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8\} = \{1, 0, 1, 3, 5, 0, 4, 1\}$，参照パターンが $\boldsymbol{r} = \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6, r_7, r_8\} = \{0, 4, 6, 3, 0, 0, 2, 0\}$ のとき，図 3 の移動パスを用いて DP マッチングを行い，入力パターンの $i$ 番目の要素と参照パターンの $j$ 番目の要素までの最小累積距離 $g\,(i, j)$ を示す図 4 の表を完成せよ．なお，図 4 には，既に $g\,(1, 1) = 1$ が記入されている．ただし，入力パターンの $i$ 番目の要素と参照パターンの $j$ 番目の要素との距離は $d\,(i, j) = |y_i - r_j|$ とし，整合窓は考慮しないものとする．

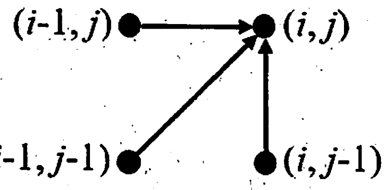


図 3

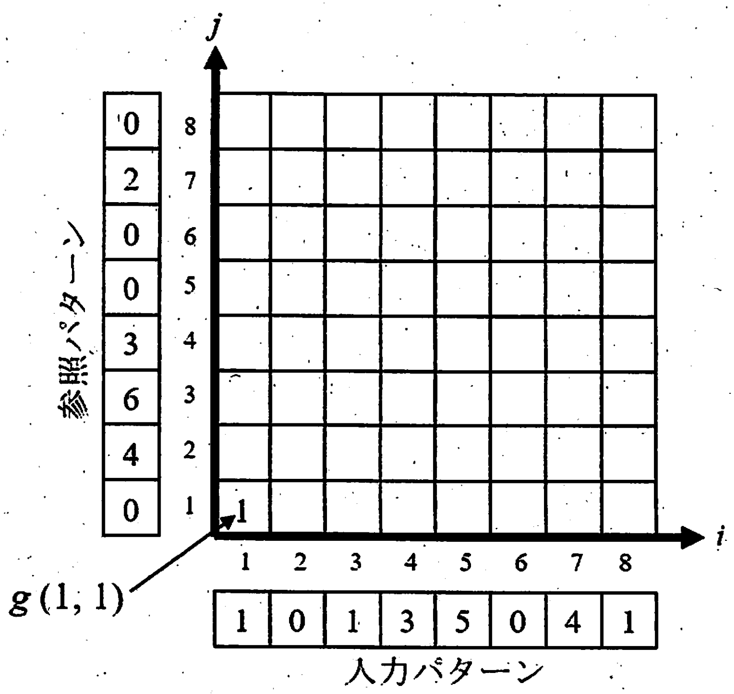


図 4

ーーー次ページに続くーーー

―――問題２の続き―――

3) 以下の文法規則を AND/OR グラフで表せ．その際 AND/OR グラフには，以下の文法規則における文法の番号，非終端記号，終端記号，AND 節点，OR 節点を全て明示せよ．

R1: <名詞句> → <冠詞> <名詞>
R2: <述語> → <動詞> <名詞句>
R3: <主語> → <名詞句>
R4: <主語> → <代名詞>
R5: <文> → <主語> <述語>
R6: <名詞> → cat
R7: <名詞> → bird
R8: <代名詞> → she
R9: <動詞> → caught
R10: <冠詞> → the

4) 図 5 の left-to-right 型の離散隠れマルコフモデルについて考える．$S_1$ を初期状態，$S_4$ を最終状態とする．$a_{ij}$ は状態 i から状態 j への遷移確率，[ ]内は，シンボル x および y の出力確率（上段が x の出力確率，下段が y の出力確率）を表している．この離散隠れマルコフモデルがシンボル系列 xxyy を出力する確率を求めよ．

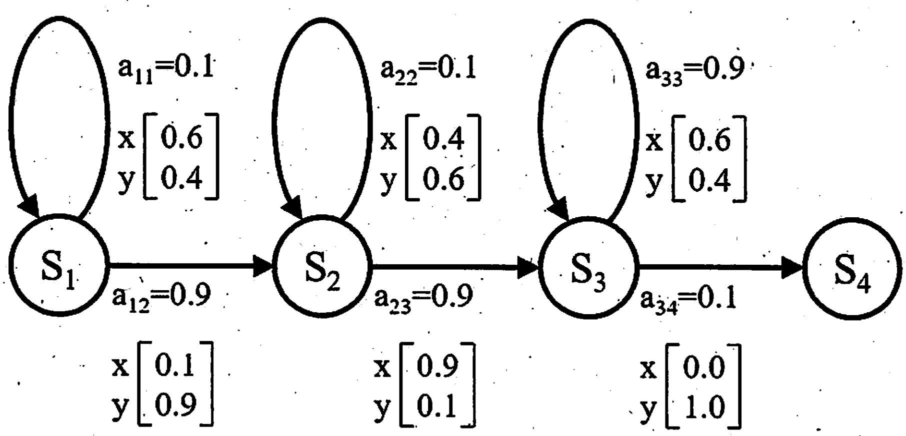


図 5

―――次ページに続く―――

―――問題２の続き―――

5) 2 個のシンボルの生起確率が 9/10, 1/10 である情報源$S$を考える. 小問 a), b)に答えよ. ただし，解答には対数を残してよい.

a) 拡大情報源$S^n$に対する３元シャノンーファノ符号の平均符号長$L_n$を求めよ. ただし解答には天井関数を使用してよい.

b) $\lim_{n\to\infty} \dfrac{L_n}{n}$ を求めよ.

6) 生起確率が $p_1 > p_2 > p_3 > p_4$ であるような 4 個のシンボルからなる情報源に対する 2 元ハフマン符号の平均符号長を求めよ.

7) 以下のコンピュータネットワークに関する小問 a)～e)に答えよ.

a) 図 6 はベースバンド伝送方式を用いて“01001110”のビット列を送る際の信号波形を表している. 図中の E は電圧を表す. ここで採用されているベースバンド信号の信号形式の名称を答えよ.

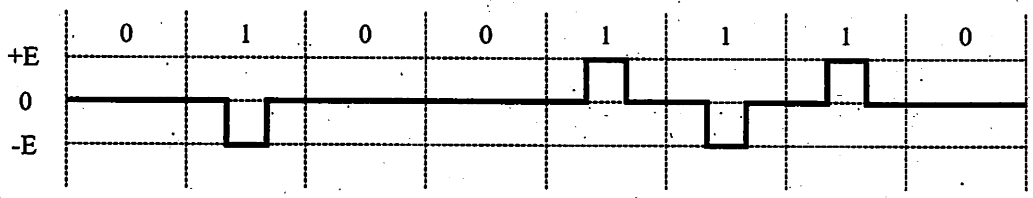


図 6

b) OSI 参照モデルに関する以下の i)～iii)に答えよ.

i) 小規模ネットワーク内の伝送制御を規定する層の名称を答えよ.

ii) 接続された複数のネットワークを通して目的先にデータを転送するための通信系を選択する方法や，ネットワーク間のデータ転送方法を規定する層の名称を答えよ.

iii) ii)の層に対応する TCP/IP における層に含まれるプロトコルのうち，コネクションレス型の通信路を提供するプロトコルの名称を答えよ.

―――次ページに続く―――

―――問題 2 の続き―――

c) インターネットの主要プロトコル IPv4 において，IP アドレス 192.168.10.38，サブネットマスク 255.255.255.240 のホストがある．このホストが属するネットワークにおいて，存在できるサブネット数を求めよ．

d) IEEE802.3(CSMA/CD)標準のフレーム構成に関して，以下の i)〜iii)のフィールドには何の情報が格納されているか答えよ．
   i) フレームの先頭（開始デリミナ(delimiter)の後）から数えて 6 バイト目まで
   ii) フレームの先頭（開始デリミナ(delimiter)の後）から数えて 7 バイト目から 12 バイト目まで
   iii) フレームの先頭（開始デリミナ(delimiter)の後）から数えて 13 バイト目から 14 バイト目まで

e) ルータにおいて，以下の i)〜iii)の各アルゴリズムを用いるルーチングプロトコルの名称を答えよ．
   i) リンク状態形（または，リンク状態型）経路選択アルゴリズム
   ii) パスベクトル形（または，パスベクトル型）経路選択アルゴリズム
   iii) 距離ベクトル形（または，距離ベクトル型）経路選択アルゴリズム

# 3

以下の問い 1)~4) に答えよ.

1) 次の飼料配合問題に関する小問 a)~d) に答えよ.

**飼料配合問題** ある農家では，黒豚を飼育し販売している．市場で売ることができる黒豚に育てるには，定められた量以上のビタミンとミネラルを与えなくてはならない．この農家で育てている黒豚の総数から，1ヵ月に最低限必要なビタミンとミネラルを算出すると，それぞれ 120 単位，60 単位になる．この農家では，市販されている 3 種類の飼料 $\mathrm{F}_1, \mathrm{F}_2, \mathrm{F}_3$ を混合して，ビタミンとミネラルの最低限必要な条件を満たすようにしている．$\mathrm{F}_1, \mathrm{F}_2, \mathrm{F}_3$ の 1kg 当たりの価格は，それぞれ 800 円，1,800 円，1,400 円である．飼料 $\mathrm{F}_1$ 1kg にはビタミン 1 単位，ミネラル 1 単位が含まれ，飼料 $\mathrm{F}_2$ 1kg にはビタミン 3 単位，ミネラル 1 単位が含まれ，飼料 $\mathrm{F}_3$ 1kg にはビタミン 1 単位，ミネラル 2 単位が含まれている．1ヵ月の飼料の購入費用を最小にする飼料 $\mathrm{F}_1, \mathrm{F}_2, \mathrm{F}_3$ の購入量 (kg) を求めたい．

a) $\mathrm{F}_1$ の購入量を $x_1$ (kg)，$\mathrm{F}_2$ の購入量を $x_2$ (kg)，$\mathrm{F}_3$ の購入量を $x_3$ (kg) と表すとき，飼料配合問題を定式化せよ．

b) a) で定式化した問題を標準形 (等式標準形) の線形計画問題に変形せよ．

c) b) で変形した問題を双対シンプレックス法または 2 段階法を用いて解き，最適な $\mathrm{F}_1$, $\mathrm{F}_2, \mathrm{F}_3$ の購入量とそのときの購入費用を求めよ．ただし，計算過程も示すこと．

d) 飼料配合問題において，飼料 $\mathrm{F}_1, \mathrm{F}_2, \mathrm{F}_3$ それぞれの販売に加えて，$\mathrm{F}_1$ 1kg と $\mathrm{F}_3$ 1kg のセット A が 1,800 円，$\mathrm{F}_2$ 1kg と $\mathrm{F}_3$ 1kg のセット B が 2,700 円で販売されているとする．このとき，飼料をどのように購入すれば購入費用が最小となるか，最小購入費用とともに答えよ．ただし，計算過程も示すこと．

2) 次の非線形計画問題を考える．小問 a)~d) に答えよ．

$$
\begin{aligned}
\text{minimize} \quad & f(x_1, x_2) = -{x_1}^2 - {x_2}^2 \\
\text{subject to} \quad & g_1(x_1, x_2) = {x_1}^3 - 3{x_1}^2 + 3x_1 + x_2 - 1 \leq 0 \\
& g_2(x_1, x_2) = -x_1 + x_2 - 1 \leq 0 \\
& g_3(x_1, x_2) = -x_2 \leq 0
\end{aligned}
\tag{1}
$$

a) $f$ が凹関数であることを示せ．

b) 非線形計画問題 (1) の実行可能領域と目的関数の等高線を 2 本以上 $x_1x_2$ 平面上に図示し，この問題の局所最適解をすべて求めよ．なお，作図はフリーハンドで良いが，実行可能領域の境界線と目的関数の等高線が特定できるように，$x_1$ 切片，$x_2$ 切片の値を示すとともに，それらの方程式をそれぞれ図中に記せ．

c) 非線形計画問題 (1) の局所最適解に対して，KKT 条件 (Karush-Kuhn-Tucker 条件) に関する定理 (最適性の 1 次の必要条件に関する定理) が成り立つ．このことから，b) で求めた局所最適解それぞれにおける KKT 条件と，KKT 条件を満たすラグランジュ乗数を求めよ．なお，KKT 条件を満たすラグランジュ乗数が存在しない場合はその理由を述べよ．

d) 非線形計画問題 (1) の大域的最適解を答えよ．複数ある場合は，すべて答えよ．

－－－ 次ページに続く －－－

－－－ 問題３の続き －－－

3) 以下の小問 a), b) に答えよ．

a) 図１の無向グラフ $G$ がオイラーグラフであるか否かを理由とともに述べよ．ただし，図１において，◯ は節点，◯ 内の数字は節点番号を表す．

b) 図２のように有向グラフの各枝に容量が与えられ，始点（入口）として節点１が，終点（出口）として節点４が指定されているネットワーク $N$ を考える．ただし，図２において，◯ は節点，◯ 内の数字は節点番号，節点 $i$ から $j$ への有向枝 $(i,j)$ に付与された数字は有向枝 $(i,j)$ の容量を表す．このネットワーク $N$ において，節点１から節点４への最大フローを求める問題を考える．以下の i), ii) に答えよ．

i) フォード・ファルカーソンのアルゴリズムにより，ネットワーク $N$ の最大フローを一つ求めよ．また，最大フローの流量を求めよ．ただし，アルゴリズムの各反復での残余ネットワーク（補助ネットワーク）を示すこと．

ii) ネットワーク $N$ の最小カットを一つ求めよ．

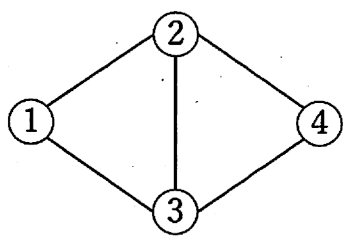


図１ 無向グラフ $G$

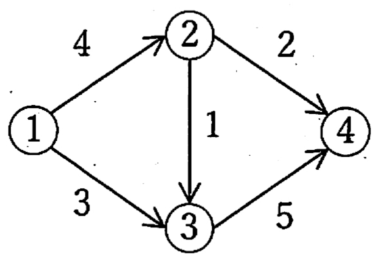


図２ ネットワーク $N$

－－－ 問題3の続き －－－

4) あるイベントにおいてダンスパーティーを開催することになった．このダンスパーティーには10人のメンバーが参加し，グループ1には5人のメンバーA, B, C, D, Eが，グループ2には5人のメンバーF, G, H, I, Jが属している．ダンスパーティーでは，グループ1のメンバー1人とグループ2のメンバー1人からなるペア5組がダンスを行う．ダンスのペアは，ペアを組んでいる2人のメンバーの集合として表現する．例えば，メンバーAとFがペアを組んでいることを，$\{\mathrm{A,F}\}$と表す．5組のペアの集合で，参加メンバー10人全員がペアを組んでおり，かついずれのメンバーも自分と異なるグループに属するメンバー1人のみとペアを組んでいるものをマッチングと呼ぶ．各メンバーは，自分と異なるグループに属するメンバーに対し，ペアを組みたい順番を表す優先順位をもっている．グループ1とグループ2に属するメンバーの優先順位は，それぞれ表1と表2で示される．例えば，表1のメンバーAの行は，メンバーAの優先順位第1位のメンバーはI，第2位のメンバーはG，第3位のメンバーはJ，第4位のメンバーはF，第5位のメンバーはHであることを表している．このとき，このダンスパーティーのための安定なマッチングを求める問題を考える．以下の小問a), b)に答えよ．

a) マッチング$M = \{\{\mathrm{A,H}\}, \{\mathrm{B,I}\}, \{\mathrm{C,G}\}, \{\mathrm{D,F}\}, \{\mathrm{E,J}\}\}$が安定なマッチングであるか否かを理由とともに答えよ．

b) ゲイル・シャプレイのアルゴリズムにより，安定なマッチングを一つ求めよ．ただし，ペアが組めていないグループ1のメンバーが，自分の優先順位の第1位から第5位の順に，グループ2のメンバーに対してペアの申し込みを行うものとする．また，解答にはアルゴリズムの各反復で成立するすべてのペアも示すこと．

表1 グループ1に属するメンバーの優先順位

| | 優先順位 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 第1位 | 第2位 | 第3位 | 第4位 | 第5位 |
| メンバーA | I | G | J | F | H |
| メンバーB | I | G | F | H | J |
| メンバーC | F | H | G | J | I |
| メンバーD | H | I | F | J | G |
| メンバーE | H | G | J | F | I |

表2 グループ2に属するメンバーの優先順位

| | 優先順位 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 第1位 | 第2位 | 第3位 | 第4位 | 第5位 |
| メンバーF | A | B | C | D | E |
| メンバーG | C | E | A | D | B |
| メンバーH | A | D | C | E | B |
| メンバーI | A | E | D | B | C |
| メンバーJ | D | A | E | B | C |