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) 次の伝達関数 $H(s)$ の単位ステップ応答を求めよ．

$$H(s) = \frac{s+1}{s(s+3)}$$

2) あるプラント P の伝達関数 $G(s)$ が，

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

であるとする．このプラント P に図 1 のようなフィードバック制御を適用する．ただし，$R(s)$，$Y(s)$，$D(s)$，$C(s)$ はそれぞれ目標値の信号，出力，外乱のラプラス変換および制御器の伝達関数である．また，目標値 $R(s)$ から出力 $Y(s)$ までの伝達関数を $G_{yr}(s)$，外乱 $D(s)$ から出力 $Y(s)$ までの伝達関数を $G_{yd}(s)$ とする．以下の小問 a)～ c)に答えよ．

a) $G_{yr}(s)$ および $G_{yd}(s)$ を，$G(s)$，$C(s)$ を用いて表せ．

b) $C(s) = K_1$ (K_1 は実数)， $R(s) = 0$ とする．外乱 $D(s) = 1/s$ が与えられたとき，図 1 のフィードバック制御系の定常偏差を 0.5 以下にするためのゲイン K_1 の範囲を求めよ．

c) $C(s) = K_2(s+3)$ (K_2 は実数)， $D(s) = 0$ とする．ゲイン K_2 を変化させたときの伝達関数 $G_{yr}(s)$ の根軌跡を調べたい．以下の i)～iii)に答えよ．

i) $G_{yr}(s)$ の特性根が実数でないような K_2 の範囲を求めよ．

ii) $G_{yr}(s)$ の特性根の実部を x，虚部を y とする．K_2 が i)の範囲にあるとき，x と y の関係式を K_2 を使わずに表せ．

iii) ゲイン K_2 を $0 \to \infty$ と変化させたときの根軌跡の概形を複素平面上に描け．ただし，根軌跡は K_2 の増大する方向に矢印をつけ，始点と終点（無限遠点の場合はその方向），根軌跡が実軸で分岐または合流する点の位置を示すこと．

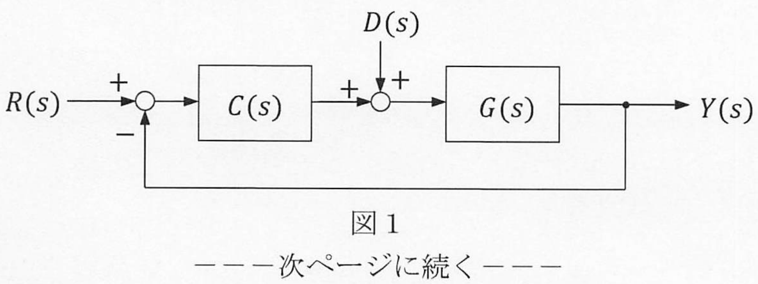

図 1

———次ページに続く———

－－－ 問題１の続き －－－

3) 以下の状態方程式で表されるシステム S について考える．

$$
\begin{aligned}
\dot{x} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\alpha & -1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \\
y &= \begin{bmatrix} \beta & 1 \end{bmatrix} x
\end{aligned}
$$

ただし，x は 2 次元の状態ベクトル，u，y は 1 次元の入力と出力，α，β は定数である．システム S について，以下の小問 a)〜e) に答えよ．

a) システム S の可制御性と可観測性を調べよ．

b) 行列 $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\alpha & -1 \end{bmatrix}$ に対する遷移行列 e^{At} のラプラス変換を求めよ．

c) システム S の既約な伝達関数を求めよ．ただし，伝達関数が既約であるとは，分子と分母に共通因子がないことである．

d) $\alpha = 0$，$\beta = 2$ であるとする．このとき，システム S に対して，任意の極を持つ同一次元状態オブザーバが存在するかどうかを理由とともに答えよ．存在する場合，オブザーバの極が $-1 \pm i$ となる同一次元状態オブザーバを求めよ．ただし，i は虚数単位である．

e) システム S が可観測ではないとする．システム S の不可観測部分空間を求めよ．さらに，求めた空間が不可観測部分空間の定義を満たすことを示せ．ただし，不可観測部分空間とは，零入力に対する有限時間の出力からは，零ベクトルと区別ができない状態ベクトルの集合と定義する．

2

以下の問い 1)～7)に答えよ．

1) 図 1 は節点の位置がマス目上に定義されるコスト付きグラフを表しており，図中の数字は節点間のコストを表す．このグラフにおいて，横型探索と A*の 2 つの探索方法によって，出発地点 A から，目標地点 K に至る経路を求める．次ページの図 3～4 は，それぞれの探索において，訪問した節点と OPEN リストの変遷を示したものである．そこでは i 回目に訪問した節点が X で，その訪問後に展開して得られた節点を挿入した OPEN リストが{Y, Z}である場合，(i) X: {Y, Z}と表している．また，Y, Z に割り当てられたコストが y, z である場合，(i) X: {<Y, y>, <Z, z>}と表している．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．横型探索においては，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*においては，以下の①～③の規則に従い，コストが最小となる経路を求めるものとする．①OPEN リストから次に訪問すべき節点を選択する際，OPEN リスト内にコストが等しい節点が存在する場合は，最も早く OPEN リストに挿入されたものから選択する．②ヒューリスティック関数が必要な場合は，マンハッタン距離を用いる．③マンハッタン距離は，図 1 のマス目に従って，1 マスの縦及び横の長さを 1 として計算する．

   a) 次ページの図 3～4 の $\boxed{1}$～$\boxed{22}$ の中身を答えよ．なお、記入する必要のない部分は — を記入すること．
   b) 横型探索と A*の探索方法によって得られる経路をそれぞれ答えよ．

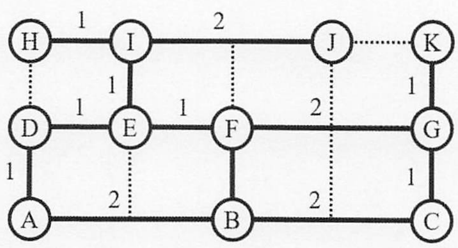

図 1

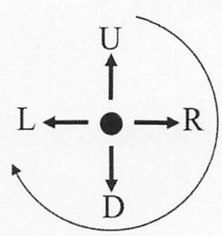

図 2

－－－次ページに続く－－－

－－－問題２の続き－－－

(1)	A: {D, B}	(7)	$\boxed{6}$
(2)	$\boxed{1}$	(8)	$\boxed{7}$
(3)	$\boxed{2}$	(9)	$\boxed{8}$
(4)	$\boxed{3}$	(10)	$\boxed{9}$
(5)	$\boxed{4}$	(11)	$\boxed{10}$
(6)	$\boxed{5}$	(12)	$\boxed{11}$

図３　横型探索

(1)	A: {<D, 6>, <B, 6>}	(7)	$\boxed{17}$
(2)	$\boxed{12}$	(8)	$\boxed{18}$
(3)	$\boxed{13}$	(9)	$\boxed{19}$
(4)	$\boxed{14}$	(10)	$\boxed{20}$
(5)	$\boxed{15}$	(11)	$\boxed{21}$
(6)	$\boxed{16}$	(12)	$\boxed{22}$

図４　A*

2) 図５のゲーム木において，ミニマックス法を改良した$\alpha\beta$法によって，最良の手を探索することを考える．その際，節点Ｄから順に右へと探索するものとする．○が MAX 節点を表し，□が MIN 節点を表す．また，節点の左に添えられている(　)内の２つの小文字のアルファベットは，それぞれα値およびβ値を表し，節点ＤからＧの下に記されている整数値は，それぞれの節点の評価値を表す．これに関して以下の小問 a)～c)に答えよ．

a) 図中の a から f に当てはまるα値またはβ値を答えよ．なおα値またはβ値を求める必要のない場合は Null と答えよ．
b) 探索においてαカットが発生するかどうか答えよ．また，発生する場合は，どの節点とどの節点の間で発生するかを答えよ．
c) 探索においてβカットが発生するかどうか答えよ．また，発生する場合は，どの節点とどの節点の間で発生するかを答えよ．

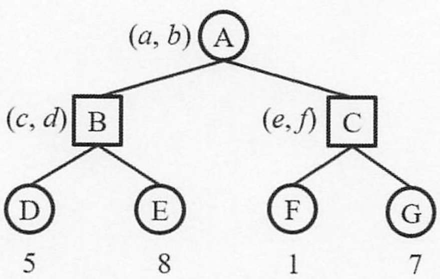

図５

－－－次ページに続く－－－

－－－問題２の続き－－－

3) 離散集合で表現されるファジイ集合について考える．４人の人間からなる全体集合をX={H1, H2, H3, H4}とし，ファジイ集合A= “若い”，B= “背が高い” を以下のように定義する．

A=0.4/H1+0.3/H2+0.8/H3+0.9/H4

B=0.1/H1+0.4/H2+0.9/H3+0.4/H4

ここで，/ は分離記号であり，+ は “または(OR)” を表す．以下の小問 a)，b)に答えよ．

a) $\bar{A} \cap B$を求めよ．

b) $\overline{A \cap B}$を求めよ．

4) 図 6 は，1970 年にウィンストン(Winston)が発表したアーチの概念の帰納学習の学習過程を，意味ネットワークで表現したものである．図中のニアミス 1 とニアミス 2 について意味ネットワークを完成させよ．なお，図中の太線の y 型の矢印は，右上の例をもとに，左上のモデルを更新し，その結果を左下に表現することを意味している．

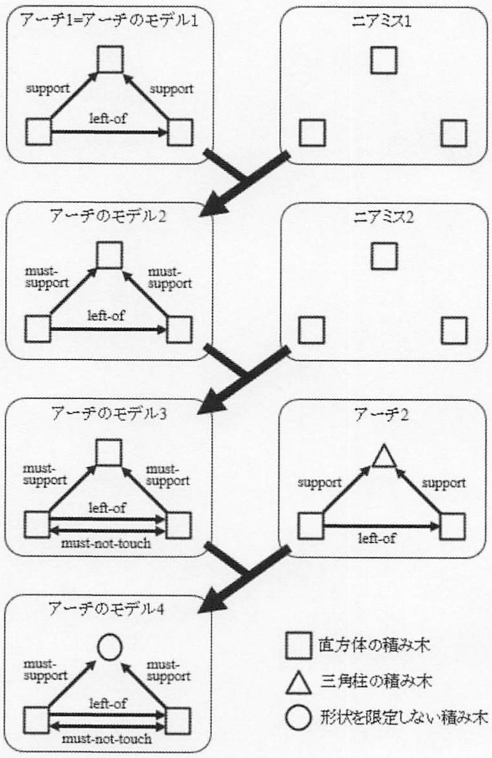

図６

－－－次ページに続く－－－

－－－問題２の続き－－－

5) q個のシンボルを持つ情報源Sを考える．小問 a)〜c)に答えよ．

a) 情報源Sに含まれるシンボルの生起確率が$p_1 \geq p_2 \cdots \geq p_q$，$\sum_{i=1}^{q} p_i = 1$を満たすとき，情報源$S$の$r$元ハフマン符号の平均符号長$L$を求めよ．また，縮退情報源が最終的に１つのシンボルのみを持つための条件をqとrによって示せ．

b) 情報源Sに含まれるシンボルの生起確率が全て等しいとき，拡大情報源S^nに対するr元シャノン－ファノ符号の平均符号長L_nを求めよ．

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

6) 容量がC_aおよびC_bである通信路Γ_aおよびΓ_bに関する以下の小問 a), b)に答えよ．

a) この２つの通信路Γ_aとΓ_bの和である通信路Γが持つ容量Cを求めよ．

b) この２つの通信路Γ_aとΓ_bが全く同じものであるとき，２つの通信路Γ_aとΓ_bの和である通信路Γが持つ容量Cを，対数関数を利用せずにC_aのみを用いて示せ．

7) コンピュータネットワークに関する以下の小問 a)〜f)に答えよ．

a) 無線 LAN の規格である IEEE 802.11a の無線周波数帯，拡散方式，および最大伝送速度を答えよ．

b) IEEE 802.11g で採用されている CSMA/CA 方式において，送信端末がデータフレームを受信端末に送信した後，受信端末が送信端末に送る通知を何と呼ぶか．アルファベットで答えよ．

c) 配線規格がクラス D であり，データ伝送速度が 1000Mbps に対応する UTP ケーブルのカテゴリーを答えよ．

d) 1000 BASE-T ハブが半二重動作を可能とするために，その最小フレーム長を 512 バイトと仮定する．ハブ内での時間遅延がないとするとき，ハブと端末間の理論上の最大伝送距離を計算せよ．また，1000 BASE-T の規格上の最大伝送距離も答えよ．

－－－次ページに続く－－－

−−−問題２の続き−−−

e）IPv6 のヘッダにおけるバージョン，ペイロード長，ホップ制限，および送信元アドレスそれぞれのビット数を答えよ．

f）次の IPv6 アドレスは推奨される省略表示ではどのように書かれるか答えよ．

i)　0000:0000:0000:0000:0000:0000:1911:5729

ii)　20d1:0dc8:0000:0000:0001:0000:0000:0001

iii)　2021:0db8:0000:0001:0000:0000:0000:0729

3

以下の問い 1)~3) に答えよ.

1) x_1, x_2 を実変数とする．次の非線形計画問題に関する小問 a)~e) に答えよ.

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

a) 関数 f, g_1, g_2, g_3 の点 $(x_1, x_2)^{\mathrm{T}}$ における勾配ベクトルをそれぞれ求めよ.

b) 非線形計画問題 (1) の実行可能領域と目的関数 f の等高線 (2 本以上) を x_1x_2 平面上に図示することにより，局所的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や目的関数の等高線が特定できるように，それらの方程式をそれぞれ図中に記せ.

c) b) で求めた局所的最適解それぞれにおける KKT 条件 (Karush-Kuhn-Tucker 条件) を示せ.

d) c) で示したそれぞれの KKT 条件を満たすラグランジュ乗数の存否を調べ，存在する場合には，それらの値を示し，存在しない場合には，局所的最適解であるにもかかわらず，KKT 条件を満たすラグランジュ乗数が存在しない理由を述べよ.

e) 非線形計画問題 (1) の大域的最適解をすべて示せ.

2) x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 を実変数とする．次の線形計画問題をシンプレックス法あるいは 2 段階法を用いて解き，最適な x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 と最適値を求めよ．ただし，計算過程も示すこと.

$$
\begin{array}{ll}
\text{minimize} & z = -3x_1 - 2x_2 \\
\text{subject to} & 2x_2 + x_3 - x_4 = 2 \\
 & 3x_2 - x_4 + x_5 = 9 \\
 & 2x_1 + x_2 + x_4 = 7 \\
 & x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0,\ x_3 \geq 0,\ x_4 \geq 0,\ x_5 \geq 0
\end{array}
$$

－－－ 次ページに続く －－－

－－－ 問題**3**の続き －－－

3) 図1のように，有向グラフ$G=(V,E)$の各枝に容量と単位流量あたりの費用（流量が1のときの費用）が与えられ，始点として節点1が，終点として節点6が指定されているネットワークNを考える．ただし，Vは節点集合，Eは枝集合である．また，図1のネットワークNにおいて，各節点中の数字は節点番号，各枝に付与された数値のペア(c,γ)は各枝の容量cと単位流量あたりの費用γを表す．このネットワークNに対し，総流量$f=5$のもとで，節点1から節点6への最小費用フローを求める最小費用フロー問題(Q)を考える．以下の小問a)〜c)に答えよ．

a) 枝$(i,j)\in E$の流量を$x(i,j)$とするとき，最小費用フロー問題(Q)を線形計画問題として定式化せよ．ただし，各枝の流量は非負の実数であるとする．

b) ネットワークNに対し，図2の初期フローを考える．ただし，図2において，各枝に付与された数値は，初期フローにおける各枝の流量を表す．プライマル法により，ネットワークNの最小費用フローの一つとその費用を求めよ．ただし，最小費用フローは各枝$(i,j)\in E$の流量$x(i,j)$の値により答えよ．また，計算途中の残余ネットワーク（補助ネットワーク）をすべて示すこと．

c) プライマル・デュアル法により，ネットワークNの最小費用フローの一つとその費用を求めよ．ただし，最小費用フローは各枝$(i,j)\in E$の流量$x(i,j)$の値により答えよ．また，計算途中の残余ネットワーク（補助ネットワーク）をすべて示すこと．

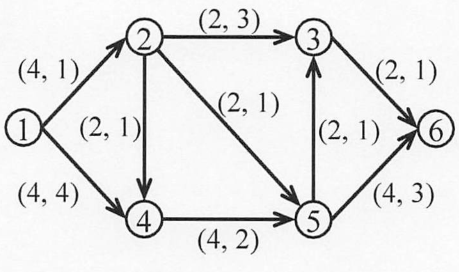

図1 ネットワークN

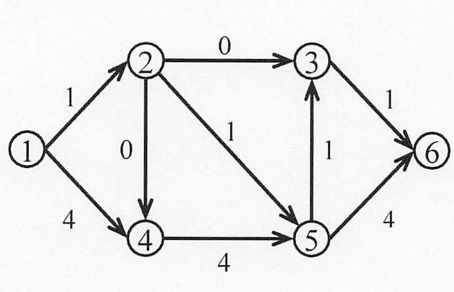

図2 初期フロー