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) 図 1 に示すようなフィードバック制御系を考える．ここで，$U(s)$，$Y(s)$，$E(s)$はそれぞれ入力，出力，偏差に関する信号のラプラス変換である．また，K，Tは実数である．以下の小問 a)～c)に答えよ．

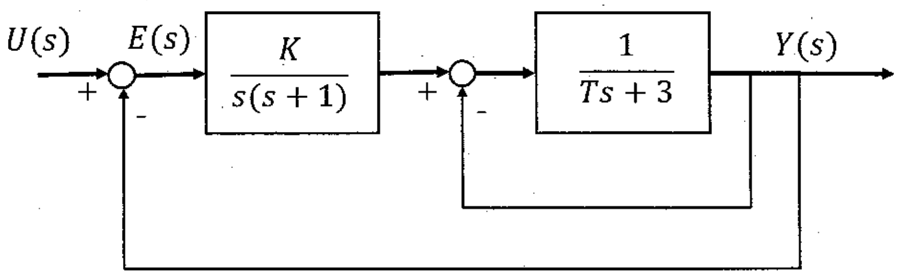

図 1

a) 入力$U(s)$から出力$Y(s)$への伝達関数$G_{yu}(s)=\frac{Y(s)}{U(s)}$，ならびに入力$U(s)$から偏差$E(s)$への伝達関数$G_{eu}(s)=\frac{E(s)}{U(s)}$を求めよ．

b) 図 1 のフィードバック制御系が安定となるK，Tの範囲を求めよ．

c) $K=4$，$T=0$のときの単位ステップ応答を求めよ．

2) 次の伝達関数で与えられるシステムのベクトル軌跡の概形を描け．ただし，実軸と虚軸と交わる点の座標値を図中に記入すること．

$$G(s)=\frac{s+1}{s^2+2s+8}$$

－－－次ページに続く－－－

--- 問題１の続き ---

3) 時間 t に依存するスカラー値関数 q を状態とし，u を入力とする次の状態方程式

$$\ddot{q} + d\dot{q} + kq - u = 0$$

について，以下の小問 a)〜d) に答えよ．ただし，$\dot{q} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}q$，$\ddot{q} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\dot{q}$ である．また k と d は非負の実数パラメータである．

a) 二次元ベクトル $x = [q\ \dot{q}]^\top$ を状態とする一次の状態方程式 $\dot{x} = Ax + Bu$ に書き換えたときの，A と B を求めよ．ただし $^\top$ は転置を表す．

b) a) で求めたシステムが可制御であるような，k と d の条件を示せ．また $\dot{q}$ を出力とした場合，システムが可観測であるような，k と d の条件を示せ．

c) パラメータを $k = 2$, $d = 3$ とする．a) で求めたシステムについて，すべての状態が観測できるものとして，閉ループ系の極を -1，-3 とするような状態フィードバック則を求めよ．ただし j を虚数単位とする．

d) パラメータを $k = 2$, $d = 3$ とする．初期値を $q(0) = 1$，$\dot{q}(0) = -1$，入力 u を $u(t) \equiv 0$ とする．正則行列

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -2 \end{bmatrix}$$

を用いて新しい状態 $z = T^{-1}x$ を定義する．この状態 z を利用して，a) で求めたシステムの解 $x(t)$ $(t \geq 0)$ を求めよ．

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，コスト均一探索，最良優先探索，A*の 3 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 3〜5 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．また，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 3〜5 の $\boxed{\quad 1 \quad}$〜$\boxed{\quad 30 \quad}$ を答えよ．ただし，各探索において，探索が終了した後は－と答えること．

   b) コスト均一探索，最良優先探索，A*の探索方法によって得られる経路をそれぞれ答えよ．

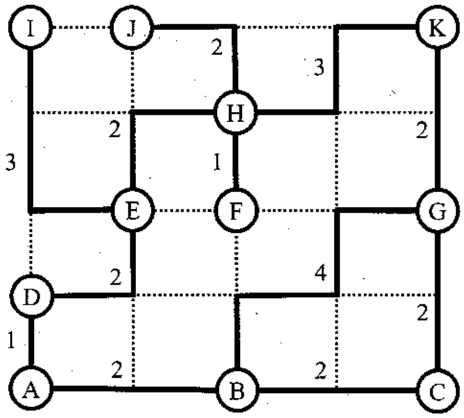

図 1

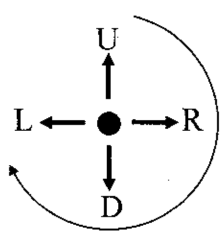

図 2

―――次ページに続く―――

―――問題２の続き―――

	図3		図4		図5
(1)	A: {<D, 1>, <B, 2>}	(1)	A: {<B, 6>, <D, 7>}	(1)	A: {<D, 8>, <B, 8>}
(2)	1	(2)	11	(2)	21
(3)	2	(3)	12	(3)	22
(4)	3	(4)	13	(4)	23
(5)	4	(5)	14	(5)	24
(6)	5	(6)	15	(6)	25
(7)	6	(7)	16	(7)	26
(8)	7	(8)	17	(8)	27
(9)	8	(9)	18	(9)	28
(10)	9	(10)	19	(10)	29
(11)	10	(11)	20	(11)	30

図３　コスト均一探索　　図４ 最良優先探索　　図５　A*

2) 次ページの図６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Ｈ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(　)内の二つの下付番号１，２が付いた小文字のアルファベットは，それぞれの節点のα値およびβ値を表し，節点P1からP16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．以下の小問a)～c)に答えよ．

a) 図中の(a_1, a_2)から(o_1, o_2)に当てはまるα値またはβ値を求めよ．なおα値またはβ値を求める必要の無い場合は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．

―――次ページに続く―――

－－－問題２の続き－－－

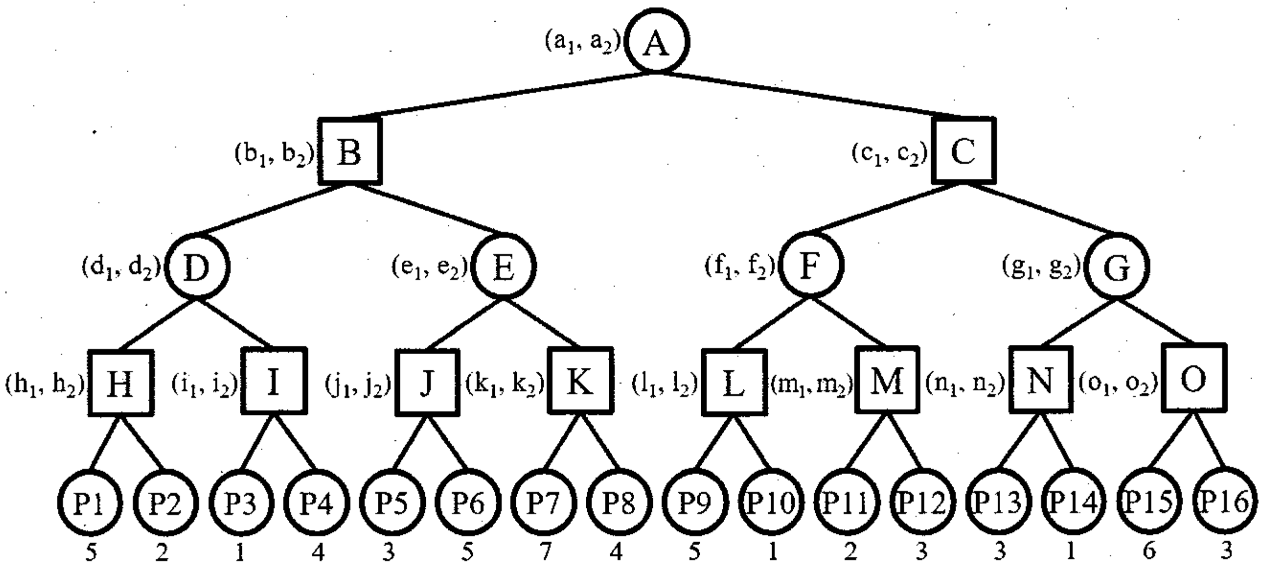

図 6

3) 離散集合で表現されるファジイ集合について考える．５人の人間からなる全体集合をX={H1, H2, H3, H4, H5}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=0.3/H1+0.5/H2+0.7/H3+0.9/H4+1.0/H5

B=0.2/H1+0.6/H2+0.8/H3+0.7/H4+0.9/H5

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) $A \cap \bar{B}$を求めよ．

b) $\overline{A \cup B}$を求めよ．

－－－問題２の続き－－－

4) 以下の a)〜e)は人工知能の歴史や人工知能に用いられるプログラミング言語に関する説明文である．[1]〜[6]にあてはまる語句や人名（ファミリーネーム）を答えよ．

a) 1963 年に，[1]と[2]は，パズルなどを解く一般問題解決器(General Problem Solver)を提案した．
b) Lisp では，リストとリストを構成するより小さい単位であるアトムのことを[3]式と呼ぶ．
c) Prolog の論理式の計算に用いられる方法は，[4]原理と呼ばれる．
d) Prolog は，ある制約された論理式のみを対象としている．この Prolog の対象とする論理式を[5]と呼ぶ．
e) Prolog において，二つの項に含まれる変数に適切な値を代入して二つの項を同一の項にする操作を，[6]と呼ぶ．

5) 情報源は，それぞれのシンボルの生起確率が$p_1 = 0.25$，$p_2 = 0.75$となる情報源アルファベット$S = \{s_1, s_2\}$を持つとする．これについて以下の小問 a)，b)に答えよ．

a) この情報源の 3 次の拡大情報源に対する確率分布を求めよ．
b) この情報源の 3 次の拡大情報源に対する２元ハフマン符号の平均符号長を求めよ．

6) 情報源アルファベット$A = \{a_1, a_2\}$のシンボルを入力，情報源アルファベット$B = \{b_1, b_2\}$のシンボルを出力とする２元対称通信路を考える．入力シンボルがa_1である確率をpとする．入力シンボルがa_i $(i = 1, 2)$であるとき，出力シンボルがb_iとなる確率をQとする．以下の小問 a)〜c)に答えよ．

a) $Q = 0.9$とする．出力シンボルがb_j $(j = 1, 2)$であるとき，入力シンボルがa_i $(i = 1, 2)$である確率P_{ij} $(i = 1, 2, j = 1, 2)$を示せ．
b) 出力のエントロピーと入力のエントロピーが等しくなる条件が三つ存在する．その条件を示せ．
c) この２元対称通信路の２次拡大の通信路行列Mを示せ．

－－－次ページに続く－－－

－－－問題2の続き－－－

7) コンピュータネットワークに関する以下の小問 a)～c)に答えよ．

a) ベースバンド伝送において，RZ 方式と NRZ 方式の違いを説明せよ．

b) IPv4 における IP アドレス 125.1.87.100，サブネットマスク 255.255.192.0 のホストが所属するネットワークにおいて，サブネットに属するホストの最も小さい IP アドレスを求めよ．

c) スター形のネットワークトポロジーにおける長所と短所を，各ノードにおける事故発生時の挙動の観点から説明せよ．

3

以下の問い 1)，2) に答えよ．

1) 線形計画問題 (P) を次のように定める．小問 a)〜g) に答えよ．

$$
\text{(P)}\qquad
\begin{array}{lrrrcr}
\text{maximize} & x_1 & -2x_2 & +4x_3 & & \\
\text{subject to} & 2x_1 & -x_2 & +2x_3 & \leq & 4 \\
 & 2x_1 & -x_2 & +x_3 & \leq & -5 \\
 & x_1 & -x_2 & +2x_3 & \leq & -1 \\
 & \multicolumn{5}{l}{x_1, x_2, x_3 \geq 0}
\end{array}
$$

a) 問題 (P) を標準形 (等式標準形) に変形せよ．

b) a) で求めた標準形の問題において，変数 x_1，x_2，x_3 を基底変数とするとき，基底行列 B と基底逆行列 B^{-1} を求めよ．

c) a) で求めた標準形の問題について，基底変数を x_1，x_2，x_3 としたときの基底解を求め，それが実行可能解であるか否か，最適解であるか否かを判定せよ (どのように判定したかを記すこと)．

d) シンプレックス法あるいは 2 段階法を用いて，問題 (P) の最適値と最適解を求めよ (計算過程も示すこと)．ただし，最適解が複数存在する場合は，最適解集合を示せ．

e) 問題 (P) の双対問題を示すとともに，その最適値と最適解を求めよ．ただし，最適解が複数存在する場合は，最適解集合を示せ．

f) e) で答えた双対問題を標準形 (等式標準形) に変形したとき，その標準形の問題の最適解の中に，退化した最適基底解が存在するか否かを調べよ (どのように調べたかを記すこと)．

g) 一般に，ある線形計画問題の最適解が複数存在するとき，次の i)〜v) の文の中で正しいものをすべて選べ．

i) その問題の最適解は有限個である．

ii) その問題の最適基底解は必ず複数存在する．

iii) その問題の双対問題に実行可能解は存在しない．

iv) その問題の双対問題は非有界となる．

v) その問題の双対問題の最適基底解のいずれかが退化する．

－－－ 次ページに続く －－－

－－－ 問題**3**の続き －－－

2) 図1の有向グラフ $G=(V,E)$ について，以下の小問a) ～ c) に答えよ．ただし，V は G の節点の集合，E は G の枝の集合である．

a) 同じ枝を二度以上通らない閉路が G に存在するならば，それらをすべて列挙せよ．

b) G が強連結であるか否かを，理由とともに答えよ．

c) G の各枝 $(i,j)\in E$ に重み w_{ij} がつぎのように与えられたネットワーク N において，節点1から各節点への最短路を求めることを考える．

$$w_{12}=5,\ w_{17}=4,\ w_{23}=1,\ w_{26}=7,\ w_{27}=3,\ w_{34}=6,\ w_{35}=1,\ w_{36}=a,$$
$$w_{54}=4,\ w_{64}=1,\ w_{65}=5,\ w_{67}=b,\ w_{72}=3,\ w_{73}=4,\ w_{76}=6$$

ただし，a, b は実数値をとるパラメータであり，$(i,j)\in E$ は節点 $i\in V$ から節点 $j\in V$ へ向かう枝を表す．また，節点1から節点 $i\in V$ への最短路とは，節点1から節点 i への有向道のうち，枝の重みの和が最小となるものである．以下の i), ii) に答えよ．

i) $a=3, b=1$ のとき，ダイクストラ法により，節点1から各節点への最短路を一つ求めよ．ただし，各反復におけるアルゴリズムの実行過程をすべて示すこと．

ii) $a=-1, b=-2$ のとき，ベルマン–フォード法により，節点1から各節点への最短路を一つ求めよ．ただし，各反復におけるアルゴリズムの実行過程をすべて示すこと．

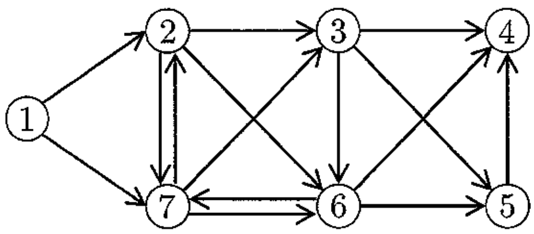

図1 有向グラフ G