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) あるプラントＰの伝達関数$P(s)$が，

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

であるとする．このようなプラントＰについて，以下の小問 a)～e)に答えよ．

a) このプラントＰのインパルス応答を求めよ．

b) このプラントＰに対して，ブロック線図が図１となるような制御系を構成する．図中のK_1，K_2，K_3は定数ゲイン，rはこの制御系に与えられる目標値，yは制御量，dは外乱である．目標値rから制御量yへの伝達関数$G_{yr}(s)$，および，外乱dから制御量yへの伝達関数$G_{yd}(s)$を求めよ．

c) この制御系が安定となるために，ゲインK_1，K_2が満たすべき条件を求めよ．

d) 制御系に対する目標値$r(t) \equiv 0$であるとき，外乱として$d(t) = \sin 2t$を加えると，定常状態の制御量が$y(t) = \sin 2t$となった．このときのゲインK_1，K_2を求めよ．

e) 外乱$d(t) \equiv 0$であるとき，小問 d)で求めたゲインK_1，K_2のもとで，ステップ目標値

$$r(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ 1 & (t \geqq 0) \end{cases}$$

に定常偏差なく追従するようにゲインK_3を求めよ．

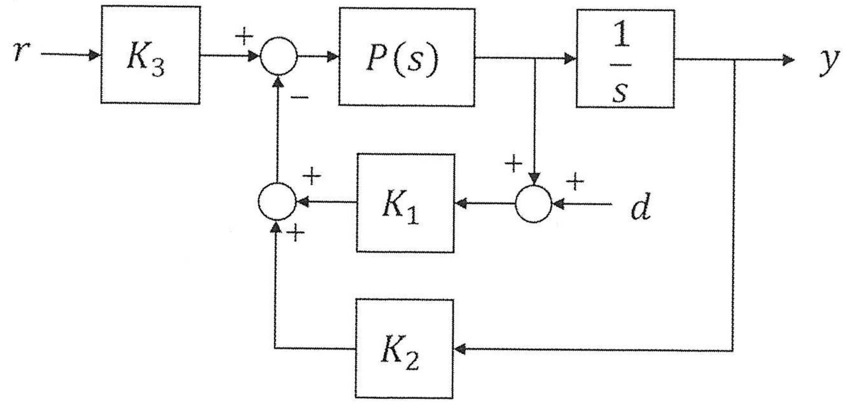

図１

―――次ページに続く―――

－－－ 問題１の続き －－－

2) 図２で表現されるシステムを考える．質量 m_1，m_2 の物体が水平で滑らかな平面上に置かれている．ばね定数 k_0，k_1，k_2 の３つのばねがあり，ばね定数 k_0 のばねにより壁と質量 m_1 の物体が，ばね定数 k_1 のばねにより質量 m_1 の物体と作用点が，ばね定数 k_2 のばねにより作用点と質量 m_2 の物体が連結されている．各ばねが自然長であるとき，質量 m_1 の物体，質量 m_2 の物体，作用点の変位をそれぞれ $x_1 = 0$，$x_2 = 0$，$u = 0$ とする．ただし，質量とばね定数は正の実数とする．このとき，以下の小問 a)～c) に答えよ．

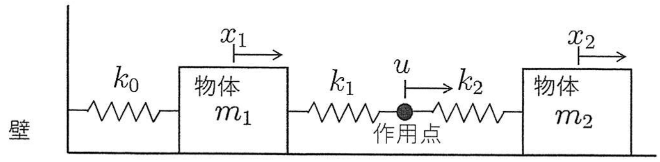

図２

a) 作用点の変位 u を入力，２物体の変位 $y = [x_1\ x_2]^\top$ を出力とする状態方程式を求めよ．ただし $A^\top$ は行列 A の転置を意味する．

b) このシステムの可制御性と可観測性を調べよ．

c) このシステムの伝達関数行列 $G(s)$ を求めよ．

3) 次の状態方程式で表されるシステムを考える．

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - x_1^3, \\ \dot{x}_2 = -x_1 - x_2^3. \end{cases}$$

このとき，関数 $V(x_1, x_2) = \frac{1}{2}x_1^2 + \frac{1}{2}x_2^2$ が，このシステムの原点が漸近安定であることを示すリヤプノフ関数であることを示せ．

2

以下の問い 1)〜6)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，均一コスト探索，A*の 3 つの探索方法によって，出発地点 A から，目標地点 L 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．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．均一コスト探索と 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 3〜5 の $\boxed{\quad 1 \quad}$〜$\boxed{\quad 27 \quad}$ の中身を答えよ．

b) 横型探索，均一コスト探索，A*の探索方法によって得られる経路をそれぞれ答えよ．

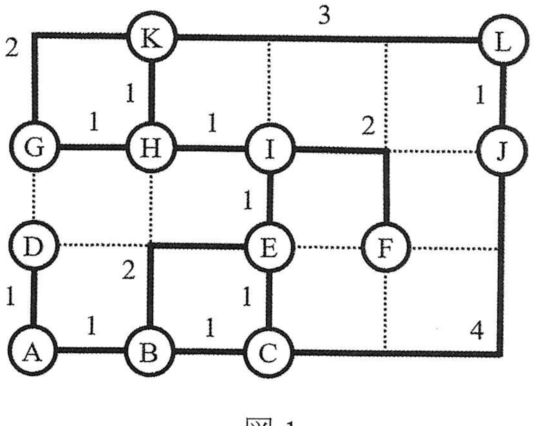

図 1

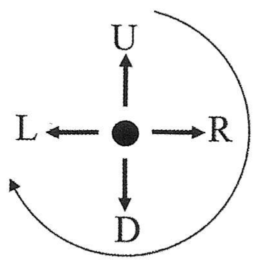

図 2

———次ページに続く———

―――問題２の続き―――

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

図３　横型探索

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

図４　均一コスト探索

(1)　A: {<D, 7>, <B, 7>}
(2)　$\boxed{21}$
(3)　$\boxed{22}$
(4)　$\boxed{23}$
(5)　$\boxed{24}$
(6)　$\boxed{25}$
(7)　$\boxed{26}$
(8)　$\boxed{27}$

図５　A*

2)　1次元の特徴パターンを考える．入力パターンが $\boldsymbol{y} = \{ y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6\} = \{1, 1, 4, 5, 1, 1\}$，参照パターンが $\boldsymbol{r} = \{ r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6\} = \{2, 6, 4, 2, 2, 6\}$のとき，図６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７の表を完成せよ．なお，図７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．

―――次ページに続く―――

－－－問題２の続き－－－

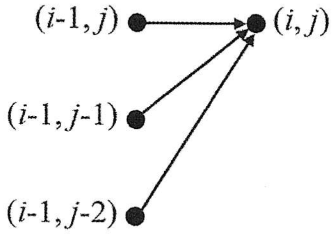

図 6

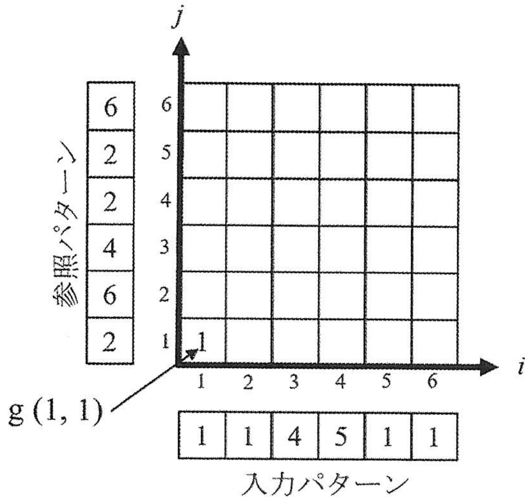

図 7

3) 以下の a)～g)は機械学習に関する説明文である．[1]～[8]にあてはまる語句を答えよ．

a) ルメルハートは，1986 年に[1]の限界を払拭するニューラルネットの学習方法である[2]法を提案した．

b) 人工知能という用語は，1956 年の[3]で開催された[3]会議で，マッカーシーが使い始めた．

c) ミッチェルは，1977 年に概念の帰納学習の初期の研究として，[4]空間法を発表した．

d) 1984 年にバリアントが提案した[5]では，学習領域に確率的な要素を仮定し，学習された概念と学習目標の概念との差を許容し，近似的な学習を行うというモデルを採用する．

e) ハントらは，1966 年に決定木の学習システムとして，[6]を考案した．

f) クィンランは，1979 年に決定木の学習方法である[7]を提案した．

g) シャピロは，1981 年に例からの論理プログラムの帰納的合成システム[8]を考案した．

－－－次ページに続く－－－

―――問題２の続き―――

4) シンボルの生起確率がそれぞれ 0.3, 0.2, 0.15, 0.15, 0.1, 0.1 である情報源Sに関し，以下の小問 a)，b)に答えよ．

a) Sの２元ハフマン符号を一つ示せ．
b) a)で求めた符号の平均符号長を示せ．

5) 入力シンボル0および1の確率がそれぞれ q および $\bar{q}$ の２元消失通信路Γに関し，以下の小問 a)～c)に答えよ．ただしΓにおいて，各シンボルは確率 P で正しく伝達され，確率 $\bar{P}$ で消失するとする．

a) 出力のエントロピーを計算せよ．
b) 相互情報量を求めよ．
c) 通信路の容量を求めよ．

6) コンピュータネットワークに関する以下の小問 a)～d)に答えよ

a) ブロードバンド伝送における変調方式を４つ答えよ．
b) OSI参照モデルにおいてデータ転送制御に関わる４つの層の名称を答えよ．
c) IPv4 における IP アドレス 135.135.135.157，サブネットマスク 255.255.255.240 のホストにおいて，ネットワーククラスと，ホストが属するサブネットのネットワーク番号を求めよ．
d) インターネット VPN(virtual private network)では，共通鍵の配送に公開暗号化方式が用いられるが，公開暗号化方式の概念を 1976 年に初めて提唱した２名の名前（ファミリーネーム）を答えよ．

3

以下の問い 1)〜3) に答えよ．

1) 生産計画問題に関する小問 a)〜g) に答えよ．

[生産計画問題]　ある工場では，製品 P_1 と P_2 を生産している．製品 P_1 を 1 単位生産するには，原料 M_1 が 2 単位，原料 M_2 が 1 単位，原料 M_3 が 4 単位必要となり，製品 P_2 を 1 単位生産するには，原料 M_1 が 3 単位，原料 M_2 と M_3 がいずれも 1 単位必要となる．原料 M_1，M_2，M_3 の使用可能量はそれぞれ，24 単位，9 単位，24 単位である．また，製品 P_1，P_2 の 1 単位当たりの粗利益はそれぞれ，20 万円，10 万円である．製品 P_1，P_2 とも十分な需要がある．このとき，利益を最大にする解を求めたい．

a) P_1 の生産量を x_1 単位，P_2 の生産量を x_2 単位と表すとき，総粗利益を最大化する問題として，この生産計画問題を定式化せよ．

b) a) の問題を標準形 (等式標準形) の線形計画問題に変形せよ．

c) シンプレックス法を用いて最適な P_1, P_2 の生産量とそのときの総粗利益を求めよ (計算過程も示すこと)．

d) この工場の系列工場で原料 M_1 が不足していて，系列工場に原料 M_1 を y 単位送付すれば，対価として，原料 M_2 と M_3 を y 単位ずつを含む混合物が，系列工場から届けられることがわかった．このとき，y 単位の原料 M_1 の輸送費と混合物から原料 M_2，M_3 を y 単位ずつ取り出す費用は，合計で y^2 万円となる．このような系列工場への原料 M_1 の送付も考慮した生産計画問題を，数理計画問題として定式化せよ．ただし，原料 M_1 の送付量を y 単位とする．

e) d) で定式化した数理計画問題について，c) で求めた解における KKT 条件を示し，それが満たされるか否かを明らかにせよ．

f) d) で定式化した数理計画問題の目的関数が凹関数となるか否かを明らかにせよ．

g) d) で定式化した数理計画問題を考える．原料 M_1 を y $(y > 0)$ 単位送付し，対価として得られる混合物から原料 M_2，M_3 を y 単位ずつ取り出した場合に，製品 P_1，P_2 のいずれも生産する解 $(x_1 > 0,\ x_2 > 0)$ のうち，原料 M_1，M_3 を使い果たし，原料 M_2 に余剰がある解を考える．このような解の中に大域的最適解が存在するか否かを明らかにせよ．存在する場合は，その最適解を示せ．

－－－ 次ページに続く －－－

－－－ **問題3**の続き －－－

2) Gを連結で単純な無向グラフとする．以下の小問 a), b) に答えよ．

a) 命題「Gの枝の重みが全て異なるならば，Gは唯一の最小木（最小全域木）をもつ」が真であれば証明を，偽であれば反例を一つ示せ．

b) 命題「Gが唯一の最小木をもつならば，Gの枝の重みは全て異なる」が真であれば証明を，偽であれば反例を一つ示せ．

3) 各枝に重みが与えられた図１の無向グラフHを考える．ただし，各節点中の数字は節点番号を，枝の近くの数字はその枝の重みを表す．以下の小問 a), b) に答えよ．

a) Hの相異なる全域木を全て列挙せよ．

b) クラスカルのアルゴリズムにより，Hの最小木を求めよ．ただし，最小木を求めるアルゴリズムの過程において，各反復で選ばれた枝で構成されるグラフを図示すること．

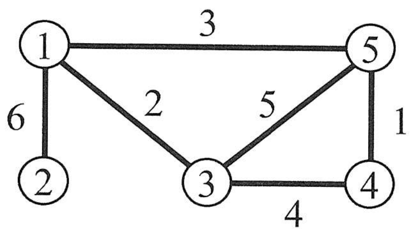

図１ 無向グラフH