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)～4)に答えよ．

1) あるプラント P について，特性の同定実験を行ったところ，図１に示すゲイン線図，位相線図が得られたとする．ゲイン線図の，実線の曲線がプラントのゲイン，破線がその折れ線近似を表す．なお，交差角周波数をω_{pc}とする．このプラント P について，以下の小問 a)～d)に答えよ．

   a) このプラント P に，$\sin 100t$ （tは時間）を入力すると，定常状態における出力の振幅は，入力の振幅の何倍になるか，答えよ．

   b) このプラント P の伝達関数$G(s)$が，s の多項式の比で表されるとする（sはラプラス変換の複素数演算子）．分母多項式がsの３次式であるとして，$G(s)$を求めよ．ただし，ゲイン線図は，図１にあるように，$\omega = 10^0, 10^1$で折れ線近似できるものとする．

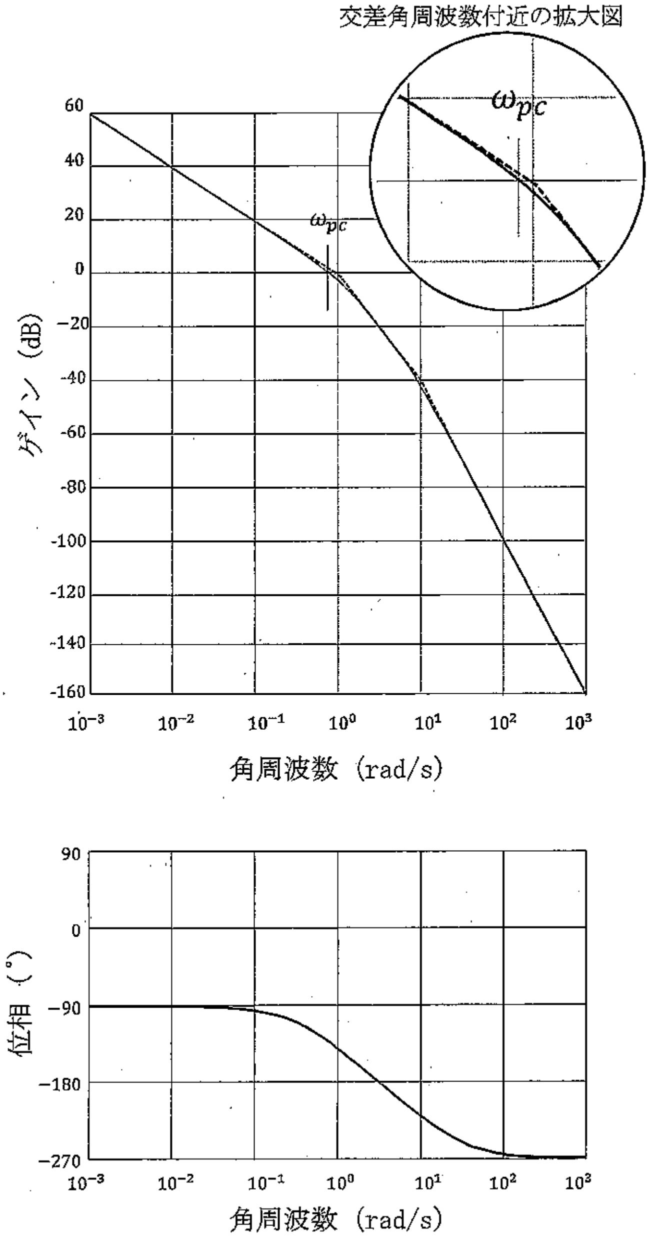

図１

―――次ページに続く―――

－－－問題１の続き－－－

c) b)で求めた伝達関数$G(s)$を使って，このプラント P のゲイン余裕と，位相余裕を求めよ．ただし，交差角周波数は，$\omega_{pc} = 0.8$として，計算してよい．

d) このプラント P に，以下の図２のようなフィードバック制御を適用する．ただし，$K > 0$は，定数ゲインとする．フィードバック系が安定となるようなKの範囲を求めよ．

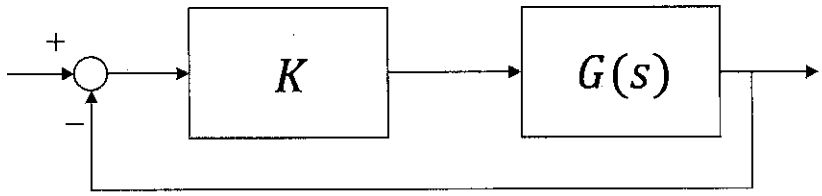

図２

－－－次ページに続く－－－

―――問題１の続き―――

2） 以下の小問 a)，b) に答えよ．

a) 図３ に示すように，質量 m の物体が水平で滑らかな平面上に置かれ，水平方向にバネ定数 k のバネ，および減衰係数 d のダッシュポットによって壁に連結されている系を考える．床に固定された座標系から見た物体の水平方向の位置を x とし，バネが自然長にあるときは $x = 0$ が成立するものとする．また， 物体に水平方向に加わる力を f とする．このとき，f を入力，x を出力とする系の状態方程式を求めよ．

b) a) で求めた系に対して，最小次元オブザーバを，その極が{−1}となるように設計せよ．

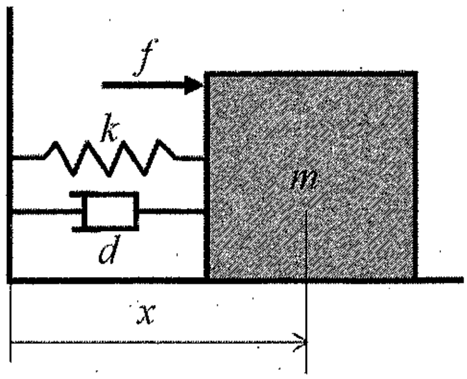

図３

3） 以下の伝達関数行列の最小実現を求めよ．

$$G(s) = \begin{bmatrix} \dfrac{1}{(s+1)(s+2)} & \dfrac{1}{s+1} & 0 \\ \dfrac{2}{s+2} & 0 & \dfrac{1}{s+1} \end{bmatrix}$$

4） 以下の状態方程式の正準分解形を求めよ．

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ -2 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x$$

2

以下の問い 1)～8)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, 縦型探索と A*によって, 出発地点 A から, 目標地点 I に至る経路を求める. 以下の a)と b)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. $\boxed{\ 1\ }$～$\boxed{\ 12\ }$の中身を答えよ. 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. 縦型探索においては, 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) 縦型探索
(1) A: {G, B}
(2) $\boxed{\ 1\ }$
(3) $\boxed{\ 2\ }$
(4) $\boxed{\ 3\ }$
(5) $\boxed{\ 4\ }$

b) A*
(1) A: {<G, 6>, <B, 6>}
(2) $\boxed{\ 5\ }$
(3) $\boxed{\ 6\ }$
(4) $\boxed{\ 7\ }$
(5) $\boxed{\ 8\ }$
(6) $\boxed{\ 9\ }$
(7) $\boxed{\ 10\ }$
(8) $\boxed{\ 11\ }$
(9) $\boxed{\ 12\ }$

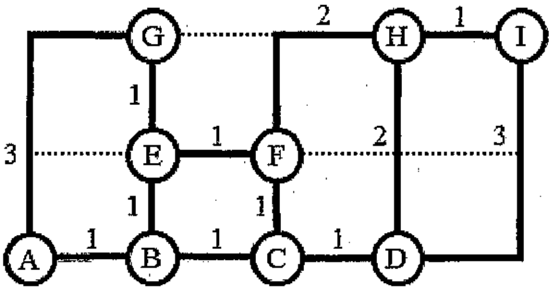

図１

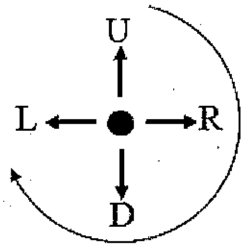

図２

－－－次ページに続く－－－

－－－問題2の続き－－－

2) 図 3 は, 1970 年にウィンストン(Winston)が発案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. 図中のアーチのモデル 2 と 4 について意味ネットワークを描け. 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.

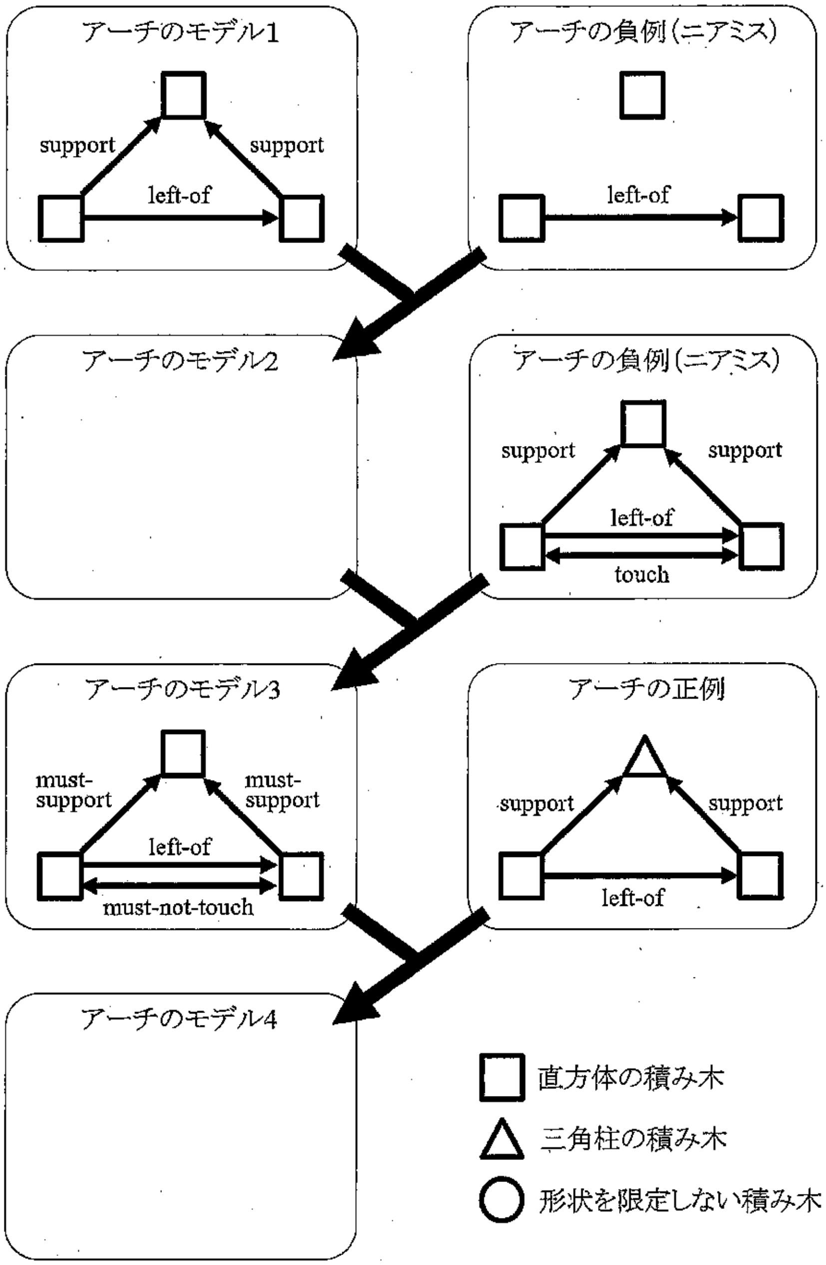

図 3

－－－次ページに続く－－－

－－－問題2の続き－－－

3) 以下のような R1～R10 の文法規則からなる文法が与えられたとき，この文法に従って文章を生成する AND/OR 木を描け．その木には，文法規則の番号，＜＞で囲まれた非終端記号，the 等の終端記号を記せ．

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

4) 6 個のシンボル s1, ..., s6 を持つ情報源を符号長がそれぞれ 1,1,2,2,2,2 である符号 C で符号化することを考える．以下の小問 a)，b)に答えよ．

a) C を瞬時符号とするために必要な符号の基数の最小値を答えよ．

b) s1, ..., s6 の生起確率がそれぞれ 0.3, 0.2, 0.2, 0.1, 0.1, 0.1 であるとき，C の平均符号長を求めよ．

5) アルファベット$A = \{0,1\}$を入力，アルファベット$B = \{0,1\}$を出力とする 2 元通信路を考える．$i = 0,1$に対して，シンボル$a_i \in A$の生起確率をp_i，a_iが$b_i \in B$に正しく伝達される確率をq_iとするとき，以下の小問 a)，b)に答えよ．ただし，伝達における消失は考慮しないものとする．

a) q_0，q_1を用いて通信路行列を示せ．

b) $q_0 = q_1 = 0.5$ のとき通信路容量を示せ．

－－－次ページに続く－－－

－－－問題2の続き－－－

6) ベースバンド信号の信号形式である，単流 NRZ 方式，複流 RZ 方式，バイポーラ方式，マンチェスタ符号方式の 4 つの方式で，00100110 のデジタル信号を符号化したときの波形を，解答用紙にあらかじめ描かれている図の上に描け．

7) 図 4 のように，長さ L の 3 本の通信ケーブルと 2 台のリピータから通信路が構成されており，イーサネットの規格の一つである 10BASE-T によって，端末間で通信を行うものとする．以下の小問 a)，b)に答えよ．ただし，ケーブルの伝送速度は 2×10^8 m/s とする．

a) イーサネットにおける最小フレームを送出するのに要する時間を答えよ．

b) イーサネットにおける最小フレームの衝突検出のために許される最長のケーブル長 L を求めよ．ただし，信号がリピータを通過するとき 0.8 μsの時間遅延が生じるものとする．

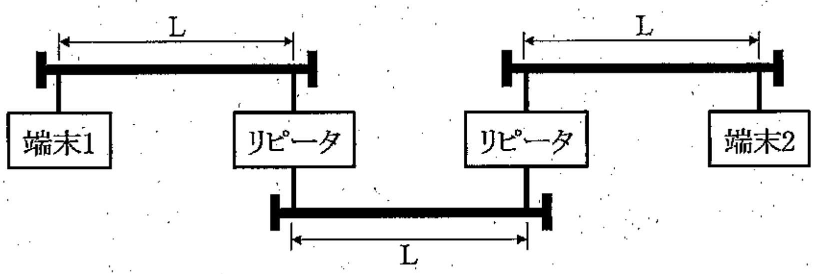

図 4

8) インターネットの主要プロトコルである IPv4 において，クラス A，B，C，それぞれのネットワークアドレスのビット長，ホストアドレスのビット長を答えよ．

3

以下の問い 1), 2) に答えよ．

1) 次の生産計画問題に関する以下の小問 a)~e) に答えよ．

【生産計画問題】　2 種類の製品 P_1, P_2 の両方あるいは一方を製造販売することを計画している新規設立会社の生産計画問題を考える．P_1, P_2 は前工程を行う工場 F_1 と後工程を行う工場 F_2 で加工された後に販売される．P_1 を 1 単位製造するには, 前工程で 1 人日, 後工程で 2 人日要し, P_2 を 1 単位製造するには, 前工程で 3 人日, 後工程で 1 人日要する．創業にあたり工員を募集したところ, 1 ヶ月当たり 280 人日の労働力が確保できた．両工場の生産能力や材料および資源は十分にあり, 労働力により生産量が定められる状況にある．したがって, この労働力を生産計画に基づき F_1, F_2 に適切に配分することも肝要となる．創業にあたり市場調査を行ったところ, P_1, P_2 の 1 単位当たりの粗利益は, それぞれ 10 万円, 20 万円となり, 十分多くの需要があることがわかった．計画期間を 1 ヶ月として, 総粗利益を最大にする P_1, P_2 の生産量と F_1, F_2 に配分される労働力を求めたい．なお, 労働力は実数値で配分してよいものとする．

a) P_1, P_2 の生産量を, それぞれ x_1, x_2 単位, F_1 に配分される労働力を x_3 人日として, この生産計画問題を線形計画問題として定式化せよ．

b) a) の問題を標準形の線形計画問題 (標準形の最小化問題) に変形せよ．

c) シンプレックス法 (単体法) を用いて総粗利益を最大にする P_1, P_2 の生産量と F_1, F_2 に配分される労働力, およびそのときの総粗利益を求めよ（計算過程も示すこと）．

d) a) で定式化した問題の双対問題を示すとともに, その最適解と最適値 (最適解での目的関数値) を答えよ．

e) c) で求めた最適解に基づき製造販売を開始したところ, 数ヶ月後に P_1 の市場価格が上昇した．P_1 の 1 単位当たりの市場価格が上昇すると同じ額だけ P_1 の 1 単位当たりの粗利益が増加するので, P_1 の市場価格が十分大きく上昇した場合には, c) で求めた生産計画を変更し, P_1 をより多く製造販売する方が全体の粗利益は増大しうる．労働力を新たに確保できないので, 生産計画が変更されれば, それに応じて, c) で求めた F_1, F_2 への労働力配分も変更する必要が生じる．次の i), ii) の二つの場合について, c) で求めた P_1, P_2 の生産量を変更する方が得策となるためには, P_1 の市場価格がどれだけ上昇する必要があるかを求めよ．なお, この問題では, 全体の労働力は一定であるので, F_1 の労働力の増加量は F_2 の労働力の減少量に一致し, 逆に F_1 の労働力の減少量は F_2 の労働力の増加量に一致する．したがって, 労働力配分の変更量は, F_1 への労働力配分の増減量で表せることになる．

i) 労働力配分の変更にコストを要しない場合.

ii) 労働力配分の変更量の大きさに比例して, 1 人日当たり 0.2 万円のコストを要する場合（計算過程も示すこと）．

－－－ 次ページに続く －－－

－－－ 問題**3**の続き －－－

2) 地点Sに位置する工場から地点Tに位置する販売店へ製品を可能な限り輸送したい．SからTへ輸送するには中継地点A, B, C, D, E, Fのいくつかを経由する必要がある．輸送可能な2地点間 (地点1から地点2) の接続関係と輸送可能量の上限は表1で与えられる．この輸送問題を, 各枝 $e \in E$ が非負容量 $c(e)$ をもつ有向グラフ $G = (V, E)$ 上で始点 $s \in V$ と終点 $t \in V$ が指定されたネットワーク $N = (G, s, t, c)$ の最大フロー問題として扱うとき, 以下の小問 a)〜f) に答えよ．

表 1: 輸送可能な2地点間 (地点1から地点2) の接続関係と輸送可能量の上限

地点1	地点2	輸送可能量	地点1	地点2	輸送可能量
S	A	8	C	B	3
S	B	10	C	F	5
S	C	6	D	A	4
A	B	8	D	E	4
A	D	1	D	T	3
B	D	10	E	T	6
B	E	1	E	F	3
B	F	1	F	T	8

a) 実数値関数 $\varphi : E \to \mathbb{R}$ ($\mathbb{R}$ は実数の集合) を N のフローとする．すなわち, φ は流量保存則と容量制約を満たす枝集合上の関数である．一般の N に対する流量保存則と容量制約を φ を用いて表せ．

b) 最大フロー問題は任意のフロー φ に対して定められる補助ネットワーク (残余ネットワーク) $N_\varphi = (G_\varphi = (V, E_\varphi), s, t, c_\varphi)$ を用いて解くことができる．このとき, E_φ, c_φ の定義を示せ．

c) $\overline{V} = \{\mathrm{S, A, B, C, D, E, F, T}\}$ とするとき, 表1で与えられる輸送問題に対応するネットワーク $\overline{N} = ((\overline{V}, \overline{E}), \overline{s}, \overline{t}, \overline{c})$ を図示せよ．ただし, $\overline{E}$, $\overline{s}$, $\overline{t}$, $\overline{c}$ は, それぞれこの問題に応じて定められる枝集合, 始点, 終点, 各枝の非負容量を与える関数を表している．

d) $\overline{N}$ の補助ネットワーク $\overline{N}_\varphi$ を用いて, 最大フローの一つとその流量を求めよ．ただし, 計算過程を示すこと．

e) 一般の N に対するカット U とカット容量 $k_c(U)$ の定義を示すとともに, c) の輸送問題に対して定められる $\overline{N}$ の最小カットの一つを求めよ．

f) 一般の N の最大フロー x に対し, そのフロー値と等しい容量をもつ最小カットが存在することを証明せよ．