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)，2)に答えよ．

1) あるプラント P の伝達関数$G(s)$が，

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

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 に図１のようなフィードバック制御を適用する．$K(s)=1$としてナイキスト軌跡を描き，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．

c) $K(s)=k$（ただし，kは実数）のとき，図のフィードバック制御系を内部安定にするkの範囲を求めよ．

d) $K(s)=k$（ただし，kは正の実数）のとき，図のフィードバック制御系を内部安定にし，かつ位相余裕が$\tan^{-1}2$ [rad]となるようなkを求めよ．

e) $K(s)=k$（ただし，kは実数）のとき，フィードバック制御系のステップ応答に対する定常偏差について議論せよ．

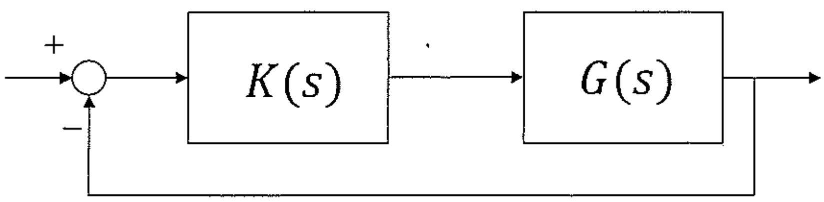

図１

―――次ページに続く―――

―――問題１の続き―――

2) 状態方程式

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

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

で表されるシステムについて，以下の小問 a)～d)に答えよ．ただし，xは３次元の状態変数ベクトル，u, y はそれぞれシステムに対する入力と出力，αは実定数とする．

a) このシステムの可制御性と可観測性を調べよ．

b) 時刻$t = 0$のときの状態変数ベクトルを$x(0) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}^T$とする．ここで，$T$は転置を表す．入力$u$が常に０のときのシステムの時間応答を求めよ．

c) このシステムが可制御の場合を考える．このとき可制御正準形を求めよ．

d) 閉ループシステムの極を$\{-2,\ -1 \pm j\}$とする状態フィードバック則を導出せよ．

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，縦型探索，均一コスト探索，最良優先探索，A*の 4 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 3～6 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．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．均一コスト探索と最良優先探索と 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 3～6 の $\boxed{\ 1\ }$～$\boxed{\ 28\ }$ の中身を答えよ．

b) 縦型探索，均一コスト探索，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．

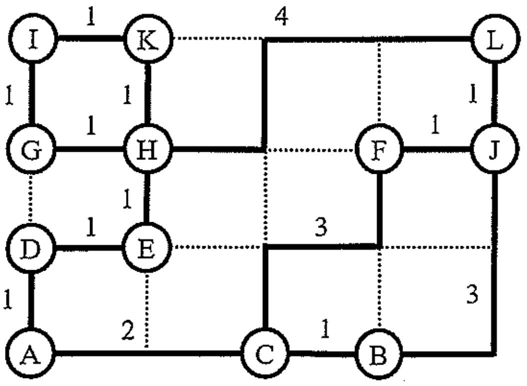

図 1

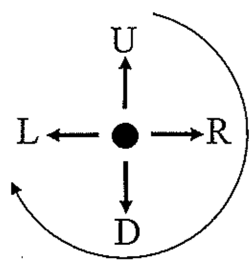

図 2

－－－次ページに続く－－－

−−−問題２の続き−−−

(1)	A: {D, C}
(2)	1
(3)	2
(4)	3
(5)	4

図３　縦型探索

(1)	A: {<D, 1>, <C, 2>}	(7)	10
(2)	5	(8)	11
(3)	6	(9)	12
(4)	7	(10)	13
(5)	8	(11)	14
(6)	9	(12)	15

図４　均一コスト探索

(1)	A: {<C, 5>, <D, 6>}
(2)	16
(3)	17
(4)	18
(5)	19

図５ 最良優先探索

(1)	A: {<D, 7>, <C, 7>}	(6)	24
(2)	20	(7)	25
(3)	21	(8)	26
(4)	22	(9)	27
(5)	23	(10)	28

図６　A*

2) 次ページの図７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 H から O 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 n 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−−−

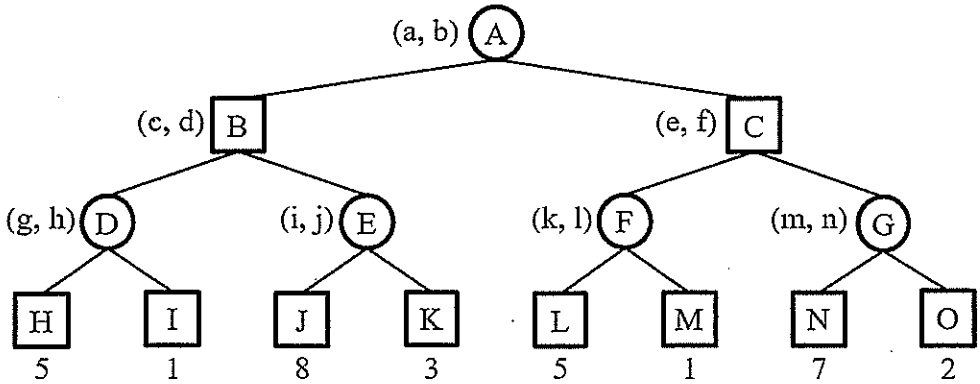

図７

3) 以下の a)〜g)は人工知能言語である Lisp と Prolog に関する説明文である．[1]〜[8]にあてはまる語句や人名（ファミリーネーム）を答えよ．

a) Lisp は人工知能言語の代表的なもので，1950 年代にアメリカの[1]が開発した．

b) Lisp において，リストを構成する最小の要素は[2]という文字列である．

c) Lisp では一般に関数の表記を[3]記法という形式で記述する．

d) Prolog は[4]型言語と呼ばれる．

e) Prolog において，データに相当するものは[5]と呼ばれ，プログラムに相当するものは[6]と呼ばれる．

f) Prolog において，２つの[5]に含まれる変数に適切な値を代入して２つの[5]を同一の[5]にする操作を[7]と呼ぶ．

g) Prolog において，複数の[5]から機械的に新しい[5]を構成する方法を[8]と呼ぶ．

−−−次ページに続く−−−

———問題2の続き———

4) 生起確率 3/4, 1/4 の 2 個のシンボルを持つ情報源Sに関し，以下の小問 a)～c)に答えよ．ただし$\log_2 3 = 1.585$とせよ．

a) 2 元エントロピー$H_2(S)$を求めよ．

b) Sのn次の拡大情報源S^nに対する 2 元シャノンーファノ符号の平均符号長をL_nとする．L_2を求めよ．

c) $n \to \infty$ としたときの$\frac{1}{n}L_n$の値を示せ．

5) 容量がCおよびC′である通信路ΓおよびΓ′に関する以下の小問 a)，b)に答えよ．

a) 通信路の積$\Gamma \times \Gamma'$の容量を示せ．

b) 通信路Γのn次拡大Γ^nの容量を示せ．

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) ベースバンド信号の信号形式を 6 つ答えよ．

b) OSI 参照モデルにおける，第 2 層と第 5 層の名称を答えよ．

c) IPv4 における IP アドレス 197.197.197.197，サブネットマスク 255.255.255.128 のホストにおいて，サブネット部のビット数とサブネットが属するホストの最も小さい IP アドレスを求めよ．

d) インターネット VPN(virtual private network)で利用される代表的な暗号化通信技術の名称を 3 つ答えよ．

3

以下の問い 1)〜3) に答えよ．

1) $A \in \mathbb{R}^{m\times n}$， $\boldsymbol{b} \in \mathbb{R}^m$， $\boldsymbol{b} \geq \boldsymbol{0}$， $\boldsymbol{c} \in \mathbb{R}^n$ とする．ただし，$\mathbb{R}$ は実数の集合である．決定変数ベクトル $\boldsymbol{x} \in \mathbb{R}^n$ をもつ線形計画問題

$$\begin{array}{rl} \text{minimize} & z = \boldsymbol{c}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{x} \\ \text{subject to} & A\boldsymbol{x} = \boldsymbol{b} \\ & \boldsymbol{x} \geq \boldsymbol{0} \end{array} \tag{P}$$

に対して，人為変数ベクトル $\boldsymbol{\mu} = (\mu_1, \mu_2, ..., \mu_m)^{\mathrm{T}} \in \mathbb{R}^m$ を加えた線形計画問題

$$\begin{array}{rl} \text{minimize} & z' = \boldsymbol{c}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{x} + M\displaystyle\sum_{i=1}^{m}\mu_i \\ \text{subject to} & A\boldsymbol{x} + \boldsymbol{\mu} = \boldsymbol{b} \\ & \boldsymbol{x} \geq \boldsymbol{0},\ \boldsymbol{\mu} \geq \boldsymbol{0} \end{array} \tag{Q}$$

を考える．ただし，M は十分大きな正数である．線形計画問題 (P) に実行可能解が存在するとき，線形計画問題 (Q) の最適解 $(\boldsymbol{x}^*, \boldsymbol{\mu}^*)$ における $\boldsymbol{x}^*$ は線形計画問題 (P) の最適解になることを示せ．

2) 線形計画問題

$$\begin{array}{rl} \text{minimize} & z = -5x_1 - 10x_2 - 2x_3 \\ \text{subject to} & 3x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 = 3 \\ & -2x_1 + 5x_2 + x_4 - x_5 = -3 \\ & 5x_1 - 5x_2 + 2x_3 + x_5 = 6 \\ & x_j \geq 0,\ j = 1, 2, ..., 5 \end{array} \tag{LP}$$

を考える．以下の小問 a)〜d) に答えよ．

a) 線形計画問題 (LP) を２段階法により解くとき，第１段階の問題を示せ．

b) 線形計画問題 (LP) を２段階法により解き (計算過程も示すこと)，最適解と最適値を答えよ．

c) 線形計画問題 (LP) の双対問題を示せ．

d) c) で示した双対問題の最適解と最適値を答えよ．最適解が複数存在する場合は，最適解集合を端点と無限に伸びる方向を示すベクトルを用いて表せ．

――― 次ページに続く ―――

－－－問題3の続き－－－

3) 節点集合 V^+ と V^-，枝集合 A からなる2部グラフ $G = (V^+, V^-; A)$ に対し，始点 s，終点 t が指定された2端子ネットワークを $N = (\hat{G} = (\hat{V}; A), c, \gamma)$ と記す．ただし，節点集合 $\hat{V} = V^+ \cup V^- \cup \{s, t\}$，枝集合 $\hat{A} = \{(s, v) | v \in V^+\} \cup A \cup \{(v, t) | v \in V^-\}$ である．また，各枝の容量関数を $c : \hat{A} \to \mathbb{N}$ ($\mathbb{N}$ は自然数の集合)，費用関数を $\gamma : \hat{A} \to \mathbb{R}$ とする．以下の小問 a)~d) に答えよ．

a) 実数値関数 $\varphi : \hat{A} \to \mathbb{R}$ は2端子ネットワーク N のフローであり，容量制約と流量保存則を満たす枝集合上の関数である．容量制約と流量保存則を φ を用いて示せ．ただし，点 $v \in \hat{V} \setminus \{s, t\}$ から出る枝の集合を $\delta^+ v$，点 v に入る枝の集合を $\delta^- v$ とせよ．

b) 任意の枝 $a \in \hat{A}$ に対してフローの上限 $\bar{c} : \hat{A} \to \mathbb{N}$ と下限 $\underline{c} : \hat{A} \to \mathbb{N}$ が与えられたとき，最小費用フロー問題 $\sum_{a \in \hat{A}} \gamma(a)\varphi(a)$ の制約条件を示せ．またこの問題を解くための残余 (補助) ネットワークを $N_\varphi = (\hat{G}_\varphi = (\hat{V}; \hat{A}_\varphi), c_\varphi, \gamma_\varphi)$ と表したとき，$\hat{A}_\varphi, c_\varphi, \gamma_\varphi$ を数式を用いて示せ．

c) 図１に示す2端子ネットワーク 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字 (c, γ) は各枝の容量と費用とする．このネットワーク N に図2のフローを与えたときの残余 (補助) ネットワークを示せ．ただし，任意の枝 $a \in \hat{A}$ に対してフローの上限を各枝の容量，フローの下限を0とする．また，得られた残余 (補助) ネットワークに対してプライマル法を一度適用して更新された各枝のフローを図示せよ．

d) 図１の2端子ネットワーク N に対してプライマル・デュアル法を用いて所望の流量 $\hat{v}$ を4として最小費用フローとその時の最小コストを求めよ．ただし，計算途中の残余 (補助) ネットワークをすべて示すこと．

－－－次ページに続く－－－

－－－問題３の続き－－－

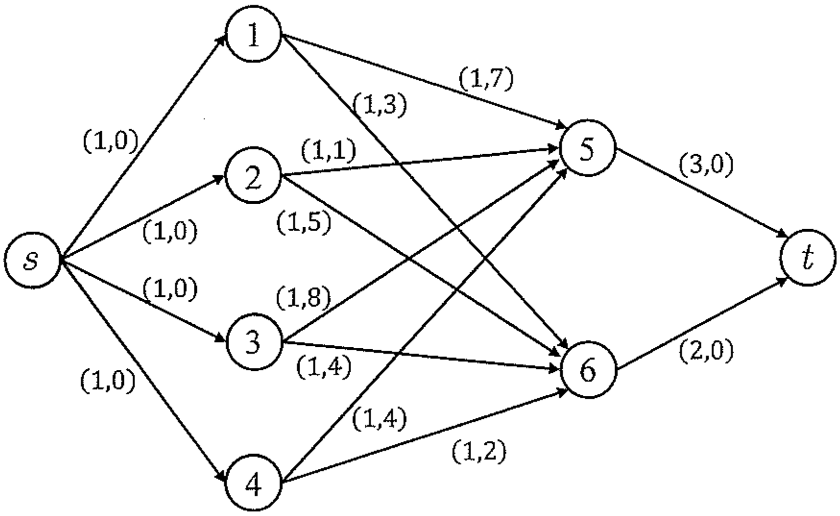

図 1: 2 端子ネットワーク N

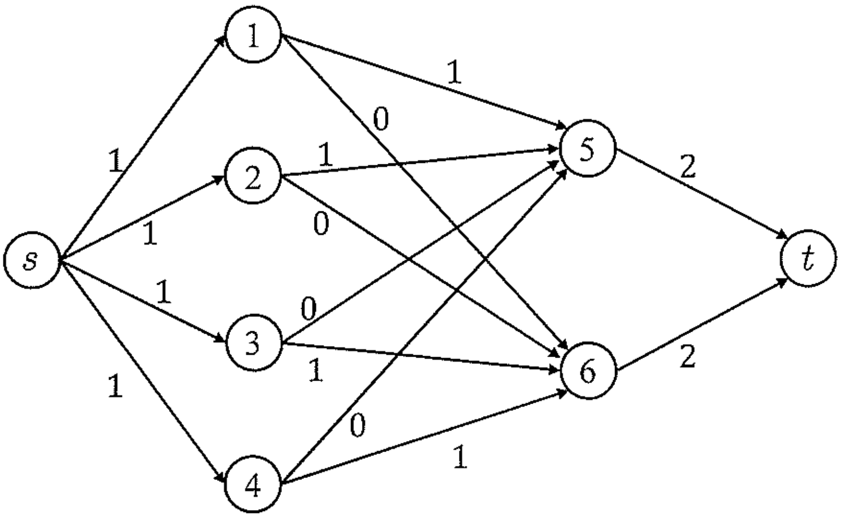

図 2: 初期フロー