

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) 伝達関数が

$$G(s) = \frac{s}{(s+a)(s+b)}$$

であるプラントPについて、 a と b を用いて以下の小問a)~e)に答えよ。ただし、 a と b は実数定数であり、 $ab \neq 0$ である。

- a) このプラントPの単位インパルス応答を求めよ。
- b) $a > 0$, $b > 0$ のときの $G(s)$ のベクトル軌跡を描き、ゲイン余裕を求めよ。さらに、位相余裕が無限大となるための条件を求めよ。
- c) $a < 0$, $b < 0$ のときの $G(s)$ のベクトル軌跡を描き、ゲインが最大となる角周波数を求めよ。さらにそのときのゲインと位相差を求めよ。

----問題1の続き----

- d) 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、 $R(s)$ 、 $D(s)$ 、 $Y(s)$ はそれぞれ目標値信号、外乱、制御量のラプラス変換であり、 $C(s)$ は制御器の伝達関数である。 $a < 0$ 、 $b < 0$ 、 $D(s) = 0$ で、 $C(s) = K_p$ (ただし、 K_p は正定数) であるとき、ナイキストの安定判別法を使って、このフィードバック制御系が安定となるようなゲイン K_p の範囲を求めよ。

- e) 図 1 のフィードバック制御系において

$$C(s) = \frac{K_I}{s} \quad (\text{ただし、} K_I \text{ は正定数})$$

であるとき、このフィードバック制御系が内部安定となるようなゲイン K_I が存在するかどうかについて、存在する場合は内部安定となるような K_I の範囲を求め、存在しない場合はその理由を述べよ。

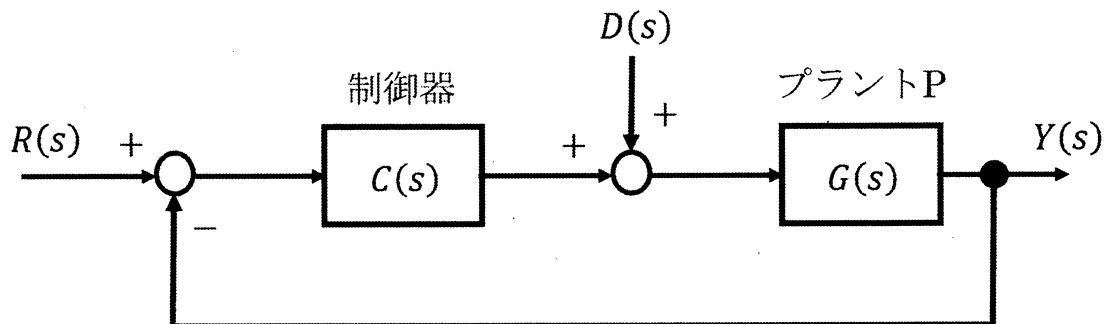


図 1

----次ページに続く----

——問題1の続き——

2) 状態方程式が

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

$$\boldsymbol{y} = [1 \quad 0 \quad 0] \boldsymbol{x}$$

で表される系について、以下の小問 a)~c)に答えよ。

- 系の伝達関数行列を求めよ。
- 系が可制御であることを示せ。
- 閉ループ系の極を $\{-1, -2, -3\}$ に設定する状態フィードバック則を求めよ。

3) 伝達関数行列

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

について、以下の小問 a)~d)に答えよ。

a) この伝達関数行列の実現の一つが、

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

$$\boldsymbol{y} = \begin{bmatrix} -2 & 2 & 2 & 0 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \boldsymbol{x}$$

であることを示せ。

- a)で示した状態方程式を利用して、伝達関数行列 $G(s)$ の最小実現を求めよ。
- Gilbertの方法を用いて、伝達関数行列 $G(s)$ の最小実現を求めよ。
- b)による最小実現と、c)による最小実現が互いに同値であることを示せ。

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, 縦型探索, 横型探索, 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Pに至る経路を求める. 次頁の図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. 縦型探索と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. 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) ~ の中身を答えよ.

b) 縦型探索, 横型探索, 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.

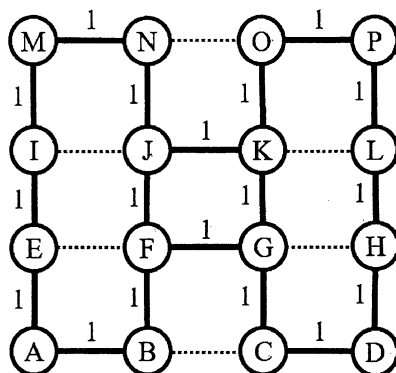


図1

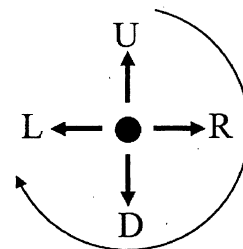


図2

---問題2の続き---

- (1) A: {E, B}
- (2)
- (3)
- (4)
- (5)
- (6)
- (7)
- (8)
- (9)

図3 縦型探索

- (1) A: {E, B} (10)
- (2) (11)
- (3) (12)
- (4) (13)
- (5) (14)
- (6)
- (7)
- (8)
- (9)

図4 横型探索

- (1) A: {<E, 5>, <B, 5>}
- (2)
- (3)
- (4)
- (5)
- (6)
- (7)
- (8)
- (9)

図5 最良優先探索

- (1) A: {<E, 6>, <B, 6>}
- (2)
- (3)
- (4)
- (5)
- (6)
- (7)
- (8)
- (9)
- (10)
- (11)
- (12)

図6 A*

---次ページに続く---

——問題2の続き——

- 2) 特徴パターンが1次元で、入力パターンが $y = \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6\} = \{5, 6, 4, 2, 5, 3\}$, 参照パターンが $r = \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6\} = \{4, 5, 2, 2, 4, 5\}$ のとき、図7の移動パスを用いて DP マッチングを行い、図8の入力パターンの 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 $g(i, j)$ を示す表を完成せよ。なお、図8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。

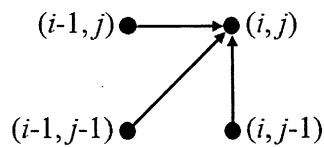


図7

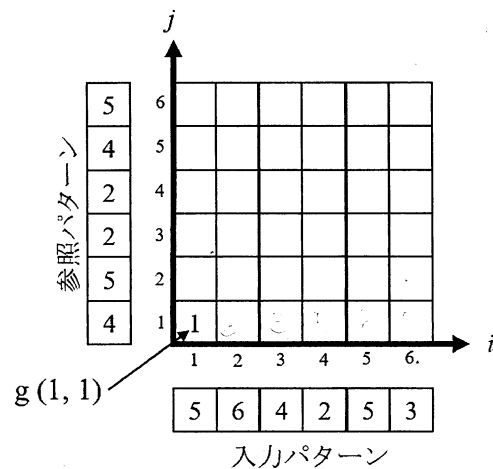


図8

- 3) 以下の a)~h) は機械学習に関する説明文である。[1]~[9] の人名（ファミリーネーム）を答えよ。
- [1] は、1957 年にパーセプトロンにおける学習アルゴリズムを考案した。
 - [2] と [3] は、1969 年にパーセプトロンの能力の限界を示した。
 - [4] は、1986 年にパーセプトロンの限界を払拭するニューラルネットの学習方法である誤差逆伝搬法を提案し、バックプロパゲーションと名付けた。
 - [5] は、1970 年に概念の帰納学習の初期の研究として、アーチの概念の学習を発表した。
 - [6] は、1977 年に概念の帰納学習の初期の研究として、バージョン空間法を発表した。
 - [7] は、1979 年に決定木の学習方法 ID3 を発表した。
 - [8] は、1984 年に PAC 学習を発表した。
 - [9] は、アメリカのスタンフォード大学における「ヒューリスティック（発見的）プログラミング研究プロジェクト」の成果に基づいて知識工学を提唱し、1994 年にチューリング賞を受賞した。

——次ページに続く——

——問題2の続き——

- 4) 二つの偏りのない四面体のサイコロの合計からなる情報源 S に関し、以下の小問 a), b)に答えよ。ただし、 $\log_2 3 = 1.585$ とせよ。
- a) S の二元シャノン—ファノ符号の平均符号長を求めよ。
 - b) S の効率を求めよ。
- 5) 各シンボルが正しく伝達される確率が $p > 0$ である二元対称通信路 Γ に関し、以下の小問 a)~c)に答えよ。
- a) Γ の通信路行列を求めよ。
 - b) Γ を n 個カスケード接続した通信路 Γ_n の通信路行列を求めよ。
 - c) $n \rightarrow \infty$ のときの通信路 Γ_n の通信路容量を求めよ。
- 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) OSI 参照モデルの第1層から第7層まで、順にその層の名称を答えよ。
 - b) 100Mbps イーサネットの2つの主な規格を答えよ。またそれぞれに使われる伝送媒体とその最大伝送距離を答えよ。
 - c) IPv4 における IP アドレス 128.74.252.173, サブネットマスク 255.255.255.224 のホストのネットワーククラス, サブネット数, 及びサブネットのネットワーク番号を求めよ。
 - d) IPv6 における送信元アドレスおよび宛先アドレスのビット数をそれぞれ答えよ。

3

以下の問い1), 2)に答えよ.

1) 次の線形計画問題 (P) に関する以下の小問 a)~e) に答えよ.

$$\left. \begin{array}{l} \text{minimize } 2x_3 \\ \text{subject to } -2x_1 + \frac{1}{3}x_2 + 2x_3 \geq 1 \\ \quad \quad \quad -9x_1 + x_2 + 3x_3 \geq 6 \\ \quad \quad \quad -x_1 + \frac{1}{3}x_2 + x_3 \leq 3 \\ \quad \quad \quad -9x_1 + 2x_2 - 2x_3 \leq 18 \\ \quad \quad \quad x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0 \end{array} \right\} \quad (\text{P})$$

- a) 線形計画問題 (P) 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.
- b) 2段階法 (2段階単体法) により, 線形計画問題 (P) の最適解と最適値を求めよ. 最適解が複数存在する場合は, 凸多面体となる最適解集合を定める端点 (頂点) をすべて求めよ.
- c) 線形計画問題 (P) の双対問題を示せ.
- d) c) で示した双対問題の最適値と最適解を求めよ. 最適解が複数存在する場合は, 凸多面体となる最適解集合を定める端点 (頂点) をすべて求めよ.
- e) 線形計画問題 (P) に最適解が複数存在する場合, それらの中で, 関数

$$f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 - 1)^2 + (-9x_1 + x_2 + x_3 - 7)^2$$

を最小にする解を選ぶことにした. このとき, 次の i), ii) に答えよ.

- i) この最小化問題の実行可能解 (線形計画問題 (P) の最適解の一つ) $(x_1, x_2, x_3) = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3)$ における KKT 条件を示せ.
- ii) この最小化問題の最適解が平面 $-x_1 + \frac{1}{3}x_2 + x_3 = 3$ 上にあることを示すとともに, この解を求めよ.

---- 次ページに続く ----

--- 問題3の続き ---

2) 節点集合 V , 枝集合 E からなる有向グラフを $G = (V, E)$ とする. G の各枝に非負の容量 $u : E \rightarrow \mathbb{N}$ (\mathbb{N} は自然数の集合), 始点 $s \in V$, 終点 $t \in V$ が指定されたネットワークを $\mathcal{N} = (G, s, t, u)$ と記す. 実数値関数 $\varphi : E \rightarrow \mathbb{R}$ (\mathbb{R} は実数の集合) は有向ネットワーク \mathcal{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. 以下の小問 a)~d) に答えよ.

- a) 容量制約と流量保存則を示すとともに, 任意のフロー φ において, 始点 s からの流出量は終点 t への流入量に等しいことを証明せよ.
- b) フロー φ に対する残余 (補助) ネットワーク $\tilde{\mathcal{N}}_\varphi = (G_\varphi = (V, E_\varphi), s, t, u_\varphi)$ の始点 s から終点 t への有向道が存在するとき, ある有向道 P についてフロー値をできる限り大きく増加させるためのフローの更新法の一つを示せ.
- c) 図1の有向ネットワーク N に対し, 始点 s から終点 t への有向道上の枝の容量の最小値が最大となる有向道を求めたい. 図1の各節点中の数字は節点番号, 各枝に付与された数字は容量を表す. 以下の i), ii) に答えよ.
 - i) ベルマン-フォード法は負の長さの枝を含む場合の最短路問題の解法である. ベルマン-フォード法をどのように修正すれば, 始点 s から終点 t への有向道上の枝の容量の最小値が最大となる有向道を求める方法となるかを説明せよ.
 - ii) この問題の最適解の一つを求めよ. ただし, 計算終了時における各節点のラベルを示すこと.
- d) 図1の有向ネットワーク N の最大フローと最小カットをそれぞれ一つ求めよ. ただし, 得られた最大フロー φ^* に対する残余 (補助) ネットワーク $\tilde{\mathcal{N}}_{\varphi^*}$ も示すこと.

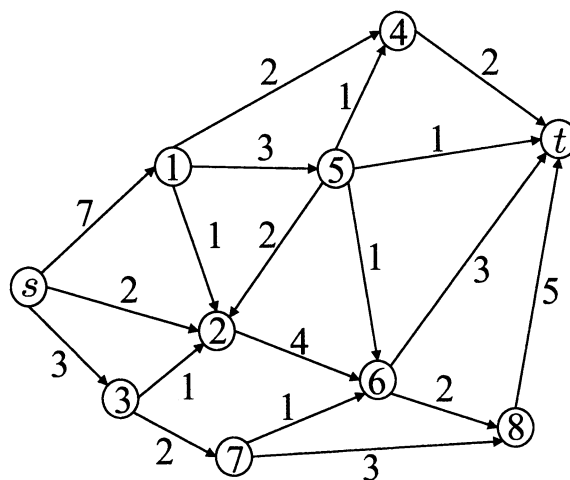


図1 有向ネットワーク N