

知能システム学II

次の7問から3問選択して解答せよ。4問以上解答した場合、すべての解答を無効とする。
問題毎に別の答案用紙を用いること。答案用紙の追加は認めない。

1

状態方程式

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\alpha & 1 \\ -2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

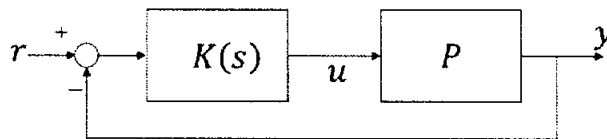
$$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$$

で表現される連続時間1入力1出力システム P について、以下の問い1) ~ 5) に答えよ。ただし、 $x_1(t)$, $x_2(t)$ は状態変数、 $u(t)$, $y(t)$ は、それぞれ入力と出力、 α は実定数とする。

- 1) 入力 u から出力 y への伝達関数を求めよ。そして、それが安定であるための α についての必要十分条件を求めよ。
- 2) $\alpha = 3$ のとき、このシステムの単位ステップ応答を求めよ。
- 3) システム P を制御対象として、積分補償器

$$K(s) = \frac{k}{s}$$

による以下の図のような出力フィードバック系を考える。ただし、図中 r は目標値である。 $\alpha = 3$ のとき、フィードバック系が安定になるような積分ゲイン k についての必要十分条件を求めよ。



- 4) システム P に対して、極を $-2 \pm j$ に設定する同次元オブザーバを、 α を用いて求めよ。ただし、 j は虚数単位とする。
- 5) システム P を制御対象として、状態フィードバック

$$u(t) = \begin{bmatrix} k_1 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$$

を考える。閉ループ系の極が -1 , -1 となるようなフィードバックゲイン k_1 , k_2 を、 α を用いて求めよ。

2

以下の問い1), 2) に答えよ.

1) 時刻 n における離散時間信号 $x[n]$ について, 次の小問 a) ~ d) に答えよ. ただし, $x[n]$ は実数の因果的信号とする.

a) $x[n]$ の離散時間フーリエ変換 $X(\omega)$ が存在する場合, $X(\omega)$ の振幅が偶対称, 位相が奇対称となることを示せ. ただし, ω は正規化角周波数である.

b) $x[n]$ の z 変換が $X(z) = \frac{z}{z-a}$ のとき, $x[n]$ を求めよ. ここで, a は定数である.

c) $x[n]$ の z 変換が $X(z) = \frac{7z^2 - 22z + 12}{z^2 - 5z + 6}$ のとき, $x[n]$ を求めよ.

d) b) の $x[n]$ について, 離散時間信号 $y[n]$ を $y[n] = x[n] \sin(\omega n)$ とする. $a = 1$ として $y[n]$ の z 変換 $Y(z)$ と収束領域を示せ.

2) 離散時間信号 $x[n]$ を入力, 離散時間信号 $y[n]$ を出力とする離散時間システムが, 次の差分方程式で表されるとする.

$$y[n] = x[n] - \alpha y[n-1] - \beta y[n-2]$$

ただし, α, β は実定数である. また, 初期条件を $y[-1] = \cos \omega$, $y[-2] = \cos(2\omega) + 1$ とする. ここで, ω は正規化角周波数である. 次の小問 a) ~ d) に答えよ.

a) この離散時間システムの伝達関数 $H(z)$ を示せ.

b) $x[n] = \begin{cases} 1, & (n=0) \\ 0, & (n \neq 0) \end{cases}$ のとき, $y[n] = \cos(\omega n)$ ($n \geq 0$) が得られた. α, β を求めよ.

c) b) の $y[n]$ ($n \geq 0$) を, サンプル周波数 1000Hz の DA 変換器に通すことで, 連続時間信号 $s(t)$ を得た. ここで, $n=0$ のとき $t=0$ であり, t の単位は秒とする. $s(t)$ が $t \geq 0$ において $\frac{1}{100}$ 秒の周期をもつとき, $H(z)$ の極をすべて求めよ.

d) c) の $y[n]$ ($n \geq 0$) を, 別の離散時間システム $G(z) = 1 - z^{-20}$ に入力した. このとき, $G(z)$ の出力 $v[n]$ ($n \geq 20$) を求めよ.

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小問a)~g)に答えよ.

[生産計画問題] ある工場では, 原料 M_1, M_2, M_3 を用いて, 三つの異なる製品 P_1, P_2, P_3 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, M_2, M_3 が, それぞれ4単位, 2単位, 2単位必要である. 製品 P_2 を1単位生産するには, 原料 M_1, M_3 が, それぞれ4単位, 3単位必要であるが, 副産物として, 原料 M_2 が4単位生成される. 製品 P_3 を1単位生産するには, 原料 M_1, M_2 が, それぞれ4単位, 2単位必要であるが, 副産物として, 原料 M_3 が1単位生成される. 原料 M_1, M_2, M_3 の在庫量は, それぞれ120単位, 30単位, 30単位である. 製品 P_2, P_3 の生産により生成された原料 M_2, M_3 は直ちに生産に用いることができるものとする. 製品 P_1, P_2, P_3 の1単位当たりの粗利益をそれぞれ55万円, 55万円, 60万円とすると, 総粗利益を最大にするには, 各製品をそれぞれ何単位生産すればよいかを考える.

- a) 製品 P_1, P_2, P_3 の生産量を, それぞれ x_1, x_2, x_3 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) で定式化した線形計画問題を標準形(等式標準形)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, P_3 の生産量と総粗利益を求めよ(計算過程も示すこと).
- d) a) で定式化した線形計画問題の双対問題を示せ.
- e) d) で示した双対問題の最適解と最適値を答えよ.
- f) 製品 P_2, P_3 の需要に変化はないが, 製品 P_1 の需要が増えてきたので, 製品 P_1 の単価を上げることにより, 総粗利益を増やすことを考える. 製品 P_1 の1単位当たりの粗利益を r 万円にすると, 製品 P_1 を増産することが得策となる r の下限値を求めよ.
- g) 上の生産計画問題では, 原料の余剰分に対して要する保管費用を考慮していなかった(生産に使われた原料に関しては保管費用はかからない). 原料 M_1, M_2, M_3 の1単位当たりの保管費用を調べたところ, それぞれ0.5万円, 0.1万円, 1.5万円であった. 保管費用を考慮した場合の最適な P_1, P_2, P_3 の生産量と原料 M_1, M_2, M_3 の余剰量, および総粗利益を求めよ(計算過程も示すこと). ただし, 製品 P_1 の1単位当たりの粗利益は当初どおり55万円とする.

2) 図1に示す有向ネットワークを考える. ただし, 図は節点間の接続関係と枝の長さを示している. r は $0 \leq r < 3$ を満たす実数パラメータである. 小問a)~c)に答えよ.

- a) $r = 0.6$ とするとき, 節点 S から各節点への最短経路と最短経路長を求めよ.
- b) 節点 S から節点 3 への唯一の最短経路が, 経路 [節点 S → 節点 1 → 節点 3] となるとき, r の範囲を求めよ.
- c) 節点 S から節点 3 への唯一の最短経路が, 経路 [節点 S → 節点 1 → 節点 4 → 節点 3] となる r の範囲を考える. このとき, 節点 S から節点 5 への最短経路および最短経路長を r の値に応じて示せ.

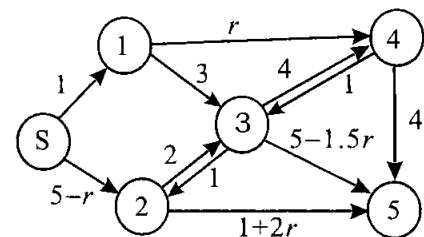


図1. 与えられた有向ネットワーク

4

以下の問い 1), 2) に答えよ。

1) 以下の小問 a), b) に答えよ。

- a) 図1の交流回路において、電圧 \dot{E} と電流 i が同位相となるための条件を求めよ。ただし、 ω は電源の角周波数である。
- b) 図2の交流回路において、インダクタ L_2 を流れる電流 i が L_2 と R の値に関係なく常に一定になるための条件を求めよ。ただし、 ω は電源の角周波数である。

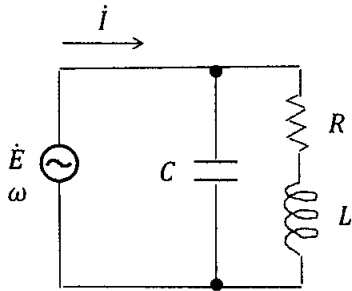


図1

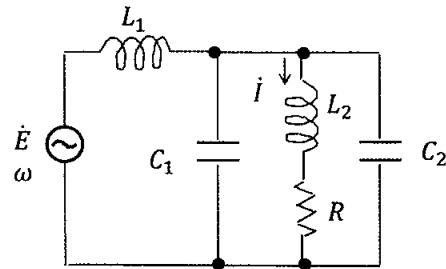


図2

2) 以下の小問 a), b) に答えよ。

- a) 図3の回路において、入力電圧を V_i としたとき、負荷 R_L にかかる電圧 V_L を求めよ。ただし、オペアンプの入力インピーダンスは ∞ 、出力インピーダンスは 0、電圧増幅率は ∞ 、出力電流は飽和しないと仮定する。
- b) この回路において負荷 R_L を流れる電流 I_L が負荷 R_L の大きさと無関係になる条件を求めよ。また、そのときの電流 I_L の値を求めよ。

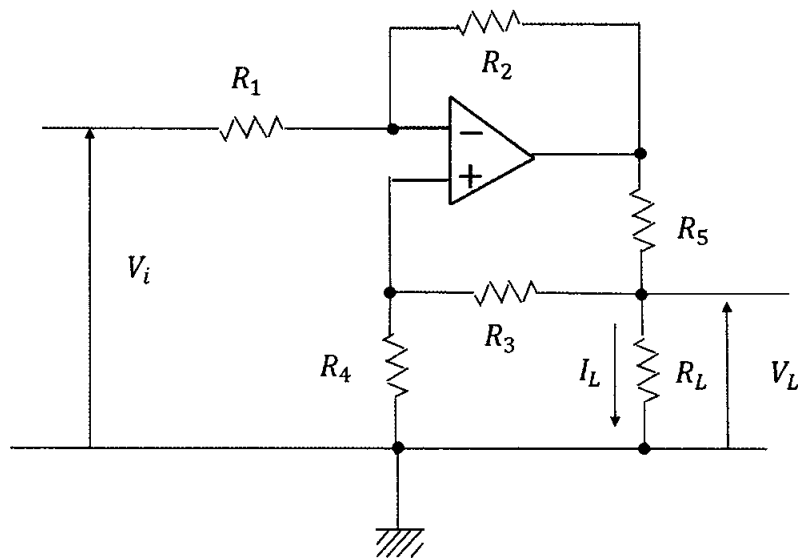


図3

5

以下の問い 1)~3)に答えよ。

1) 加算器に関して、以下の小問 a)~e)に答えよ。

- a) 図 1 に示す 1 ビットの全加算器の加算結果 S および上位ビットへのキャリー Z' を入力 A , 入力 B および下位ビットからのキャリー Z の論理式で示せ。
- b) 図 1 に示す全加算器の回路図を、論理回路記号を用いて示せ。ただし、図 2 に示す 1 ビットの半加算器の論理ブロックを用いてもよい。
- c) 図 3 に示す 4 ビットの並列 2 進加算器の回路図を、論理回路記号を用いて示せ。ただし $A_4A_3A_2A_1$ と $B_4B_3B_2B_1$ をそれぞれ足す数と足される数、 $S_4S_3S_2S_1$ を加算結果の数、 C をキャリーとし、図 1 に示す 1 ビットの全加算器の論理ブロックを用いよ。
- d) 図 4 は 10 進数 1 桁の BCD 符号 $A_4A_3A_2A_1$ と $B_4B_3B_2B_1$ の加算結果である BCD 符号 $S_4'S_3'S_2'S_1'$ とキャリー C' を出力する回路である。BCD 符号において 10 進数 1 桁は 2 進 4 ビットを用いて表示され、1010~1111 は禁止された表現である。従って、BCD 符号の 10 進数 1 桁の加算を、問い c) の並列 2 進加算器を用いて実行する場合、図 4 に示すような補正回路において、 C' のキャリーが発生すべき場合に対しては、定数を加算する補正が必要である。この定数はいくらであるか答えよ。
- e) 論理回路記号を用いて図 4 の補正回路の回路図を示せ。ただし図 1 に示す全加算器の論理ブロック、図 2 に示す半加算器の論理ブロックを用いてよい。



図 1



図 2

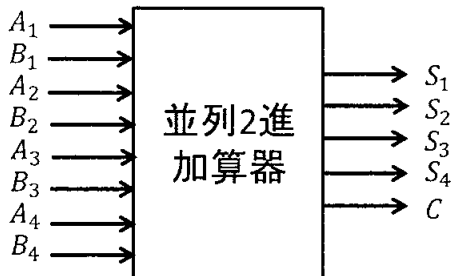


図 3

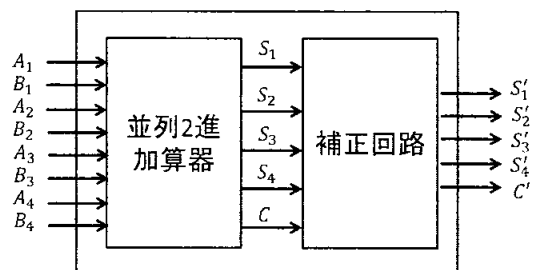


図 4

(次ページに続く)

2) 計算機アーキテクチャに関する次の文章について、以下の小問 a)~c)に答えよ。

現在の一般的な計算機の基本構造は、その主要な考案者の名前をとって【ア】型と呼ばれる。【ア】型の最大の特徴は、実行される命令がデータとともに主記憶装置内に格納される【イ】方式を採用している点である。ただし、【ウ】アーキテクチャと呼ばれる、1937年から1944年に【ウ】大学においてAikenを中心にして設計・構築された世界最初的大型リレー計算機と類似の計算機アーキテクチャは命令とデータが別々に格納されることを特徴とする。

【イ】方式の計算機では、【エ】と呼ばれるレジスタに格納されているビット列が示すアドレスに格納されているビット列が命令として【オ】に読み出され、【カ】で解読されることによって命令が処理される。プロセッサを構成する各回路間のデータや制御信号のやりとりには、(i)バス接続方式が取られることが多い。

命令の処理のための制御に必要な論理を(ii)フリップフロップと組み合わせ論理回路からなる順序回路として実現する方法を【キ】制御と呼ぶのに対し、制御論理の多くの部分を演算器やバスなどのハードウェアを直接制御するプログラムによって実現する方式を【ク】制御と言う。

- a) 文中の空欄【ア】～【ク】にあてはまる適切な語句を答えよ。
- b) 下線部(i)のバス接続方式とはどのように各回路間を接続するものであるか説明し、その利点を述べよ。
- c) 図5は、下線部(ii)のフリップフロップの代表的なものであるRS形フリップフロップ（クロックなし）のタイミングチャートであり、出力は時刻tまでしか書かれていない。時刻t以降の出力のタイミングチャートを示せ。ただし論理動作は正論理であるとする。

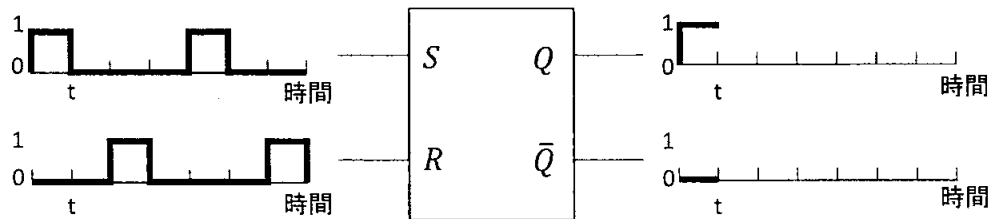


図5

3) 誤り検出・訂正符号について、以下の小問 a), b)に答えよ。

- a) パリティチェックコードにおけるパリティビットとは何か説明せよ。
- b) 4ビットの2進コード $b_7b_6b_5b_3$ について、以下の式

$$(p_1 + b_3 + b_5 + b_7) \bmod 2 = 0$$

$$(p_2 + b_3 + b_6 + b_7) \bmod 2 = 0$$

$$(p_4 + b_5 + b_6 + b_7) \bmod 2 = 0$$

を満たす検査ビット p_4, p_2, p_1 を加えた $b_7b_6b_5p_4b_3p_2p_1$ で与えられるハミングコードについて考える。0100100を受け取ったとき、誤りを含んでいるかどうか判定し、もし誤りであるならば、誤りを訂正したコードを示せ。ただし、 $M \bmod N$ は、 M を N で割ったときの剰余を表す。

6

関節が全て回転型の 3 自由度アームが図のように設置されている。アームの各リンク長を $l_i (i=1,2,3)$ ，各関節変位を $\theta_i (i=1,2,3)$ とし，各リンクには座標系 $X_i Y_i Z_i (i=0,1,2,3)$ が固定されている。 $X_0 Y_0 Z_0$ を基準座標系， $X_3 Y_3 Z_3$ をハンド座標系 $X_H Y_H Z_H$ とする。座標系は全て右手系で表されており，図中では X 軸と Z 軸のみを示している。図はアームを Y_0 軸の負の方向から見た平面図である。各リンク座標系間の同次座標変換行列 $A_i (i=1,2,3)$ は図に示すとおりである。以下の問い 1)～5) に答えよ。

- 1) アームが任意の姿勢にあるとき，基準座標系におけるハンド（ハンド座標系原点）の位置とその方向（ハンド座標系の各軸方向を表す直交行列）を $\theta_i (i=1,2,3)$ を用いて表せ。
- 2) 関節角速度 $\dot{\theta} = (\dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dot{\theta}_3)^T$ と基準座標系におけるハンドの並進速度 $\mathbf{v} = (v_x, v_y, v_z)^T$ との関係は $\mathbf{v} = J_1 \dot{\theta}$ と表される。 3×3 行列 J_1 を求めよ。ただし， T は転置を表す。
- 3) 関節角速度 $\dot{\theta} = (\dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dot{\theta}_3)^T$ と基準座標系におけるハンドの回転速度 $\boldsymbol{\omega} = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)^T$ との関係は $\boldsymbol{\omega} = J_2 \dot{\theta}$ と表される。 3×3 行列 J_2 を求めよ。
- 4) 前問の行列 J_2 が非正則となる条件を示し，そのときのアームの状態について簡潔に論じよ。
- 5) アームが $\boldsymbol{\theta} = \left(0, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right)^T$ の姿勢のとき，ハンドで $\mathbf{f} = (1, 0, -0.5)^T$ [N] の力を発生して

外力とつりあっている。各関節が発生するトルクを求めよ。ただし， $l_1 = l_2 = l_3 = 1$ [m]，アームの質量は無視してよい。

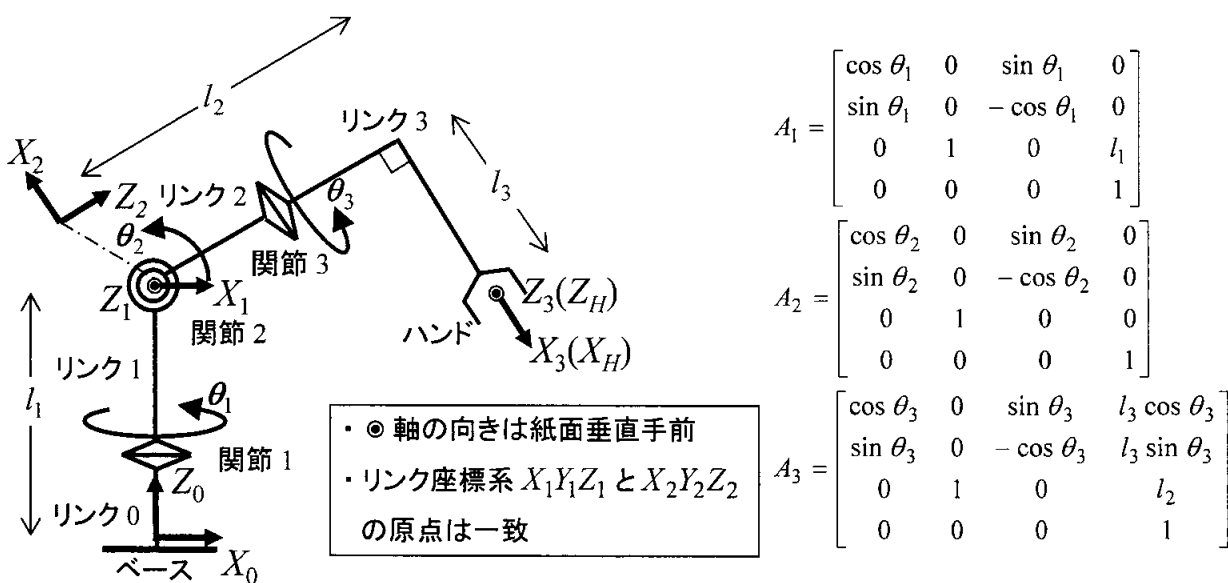


図 3 自由度アームの構成と同次座標変換行列

7

次の問い 1), 2) に答えよ。

1) 図1は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。以下の a)~e) の探索方法によって、出発地点 A から、目標地点 J に至る経路を求めよ。その際、節点を展開する毎に、OPEN リストの中身を明示せよ。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 リストへ挿入するものとする。a), b) の探索方法においては、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。c)~e) の探索方法においては、OPEN 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ものとする。d), e) の探索方法においては、マンハッタン距離をヒューリスティック関数として用いるものとする。なお、マンハッタン距離は図1のマス目に従って、正方形の1マスの縦及び横の長さを1として、計算するものとする。

- a) 縦型探索
- b) 横型探索
- c) 均一コスト探索
- d) 最良優先探索
- e) A*

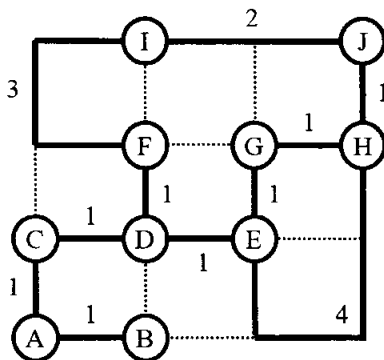


図1

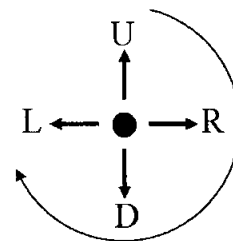


図2

7

次の問い 1), 2) に答えよ。

1) 図1は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。以下の a)~e) の探索方法によって、出発地点 A から、目標地点 J に至る経路を求めよ。その際、節点を展開する毎に、OPEN リストの中身を明示せよ。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 リストへ挿入するものとする。a), b) の探索方法においては、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。c)~e) の探索方法においては、OPEN 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ものとする。d), e) の探索方法においては、マンハッタン距離をヒューリスティック関数として用いるものとする。なお、マンハッタン距離は図1のマス目に従って、正方形の1マスの縦及び横の長さを1として、計算するものとする。

- a) 縦型探索
- b) 横型探索
- c) 均一コスト探索
- d) 最良優先探索
- e) A*

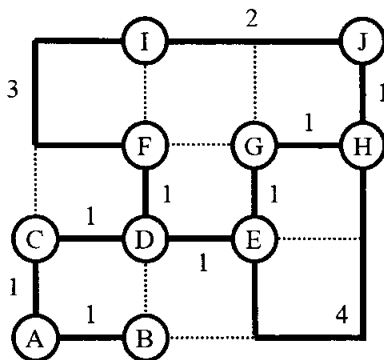


図1

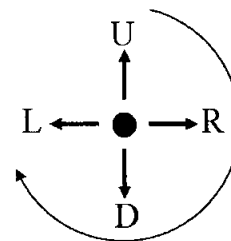


図2

2) 以下の a)～q)の小問に答えよ.

- a) Winston によって提案されたアーチ概念の帰納学習において、正の例に非常に近い負の例の呼称を答えよ.
- b) 決定木学習の最も初期のシステムとされる、1966年に Hunt らによって考案されたシステムの名称を答えよ.
- c) 説明に基づく学習(EBL)のような効率化学習の方法は、探索時間の増加を引き起こし、必ずしも効率化に繋がらないという短所があり、どのような基準で生成される規則を採用するかが問題となるが、この問題の呼称を答えよ.
- d) 1965年にファジー理論を提案した者の名前を答えよ.
- e) 1958年に Rosenblatt によって、パターンが線形識別関数で分離可能である場合において、有限回の誤り訂正学習で収束することが示されたニューラルネットワークモデルの名称を答えよ.
- f) 3層のニューラルネットワークの重みを決定する方法で、中間層と出力層の重みを更新した後に、入力層と中間層の重みを更新するという手順を繰り返す、Rumelhart らによって1986年に発表された学習アルゴリズムの名称を答えよ.
- g) 遺伝アルゴリズムにおける遺伝的操作を2つ答えよ.
- h) 遺伝アルゴリズムにおいて、遺伝子型に基づいて形成された各個体の形質の呼称を答えよ.
- i) パターン認識システムの構築において、クラスを代表する参照パターンが学習によって決定されることがあるが、属するクラスがあらかじめわかっているいくつかのパターンを用いる学習の総称を答えよ. また、属するクラスがあらかじめわかっていない状況での学習の総称を答えよ.
- j) 1967年に MacQueen によって名付けられた、例題セットをあらかじめ定められた数に分割する、最も代表的なクラスタリング手法の名称を答えよ.
- k) パターン認識の手法で、入力パターンを最も近い例題のクラスへ分類する方法の名称を答えよ.
- l) k)に関連して、最も近い1つの例題のみに基づいて判断する代わりに、入力パターンから最も近い k 個の例題を探し、それらの例題のうち最も多数の例題が属するクラスを認識結果とする識別法を答えよ.
- m) 人工知能言語である LISP の提唱者の名前を答えよ.
- n) LISP において、アトムとは何かを答えよ.
- o) 以下の文の A と B に当てはまる言葉を答えよ. 「LISP において、リストとは、A または B を並べて括弧で囲ったものである.」
- p) 1972年に Colmerauer らによって発表された代表的な論理型言語の名称を答えよ.
- q) 論理型言語において、複数の論理式から機械的に新しい論理式を構成する方法の名称を答えよ.