2025年度

神戸大学大学院システム情報学研究科

博士課程前期課程

第二期 一般入試

専門科目

2024年11月27日（水）

受験分野

1. 制御工学
2. 数理計画
3. コンピュータシステム
4. アルゴリズム・データ構造

注意：

✧ 答案用紙は、4枚を綴じたものが配布される。
✧ 答案用紙4枚すべての受験番号欄に受験番号を記入すること。
✧ 上記4分野すべてに解答すること。
✧ 1つの受験分野につき、答案用紙1枚を使用すること。裏面も用いてよい。
✧ その用紙で解答する受験分野の番号を○で囲むこと (用紙の上部)。
✧ 解答場所について別途指示があればそれに従うこと。
✧ 用紙の上下を間違えないこと (特に裏面の上下に注意)。
✧ 解答場所や上下を間違えると採点されない場合がある。
✧ 採点時には、4枚の答案用紙は分けられ、別々に採点される。

2025年度　神戸大学大学院システム情報学研究科
博士課程前期課程　第二期入学試験問題
専門科目　制御工学

図に示すフィードバック制御系について，$P(s)$は制御対象，$C(s)$は制御器の伝達関数である．
以下の設問(1)～(5)に答えよ．

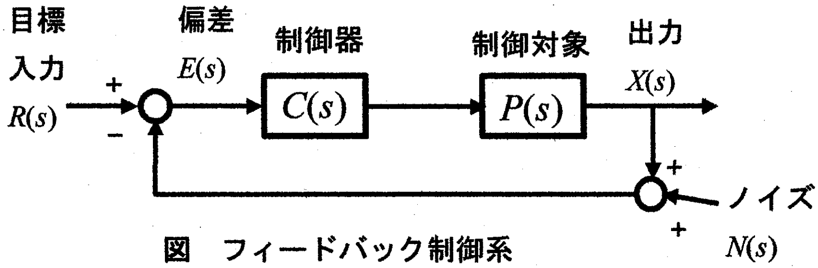

図　フィードバック制御系

(1) 図のフィードバック制御系の伝達関数$\dfrac{X(s)}{R(s)}$，$\dfrac{E(s)}{R(s)}$，$\dfrac{X(s)}{N(s)}$と$\dfrac{E(s)}{N(s)}$をそれぞれ求めよ．

(2) 制御対象$P(s)=\dfrac{1}{Ts+1}$，制御器$C(s)=K_1$（TとK_1は正の定数である）で，ノイズ$N(s)=0$，

目標入力$R(s)$は単位ステップ信号の場合，図のフィードバック制御系の出力の時間応答を求め，

この時間応答の概形を描け．

(3) 上記（2）の場合，開ループ伝達関数$C(s)P(s)$のボード線図を描き，定数TとK_1の大きさによる

制御系出力の①時間応答の速さ，②定常偏差への影響についてそれぞれ説明せよ．

(4) 上記（2）の制御対象と制御器で，高周波ノイズ$N(s)$がある場合，定数TとK_1の大きさによる図

のフィードバック制御系の出力へのノイズの影響を説明せよ．

(5) 制御対象$P(s)=\dfrac{1}{s^2+s+K_2}$，制御器$C(s)=K_1$（$K_1$と$K_2$は正の定数である）で，ノイズ$N(s)=0$，

目標入力$R(s)$は単位ステップ信号の場合，図のフィードバック制御系の出力の時間応答が振動し

ないような定数K_1とK_2の満たすべき条件を示せ．

付記：1. フィードバック制御系 Feedback Control System　2. 伝達関数 Transfer Function

3. ノイズ Noise　4. 単位ステップ入力 Unit Step Input

5. 時間応答 Time Response　6. 開ループ Open Loop

7. ボード線図 Bode Diagram　8. 定常偏差 Steady-State Error

9. 振動 Vibration

2025 年度　神戸大学大学院システム情報学研究科
博士課程前期課程　第二期入学試験問題
専門科目　数理計画

（答案用紙は，表も裏も使って良い.）

図 1 に示すように，A 地点および D 地点にある 2 台の移動ロボットが，B 地点および C 地点に荷物を配送する．ロボット 1 は，$x_1 + x_2$[kg] の荷物を積み込み A 地点を出発し，B 地点で x_1[kg] 分を降ろした後，C 地点で x_2[kg] 分を降ろし，D 地点に向かう．ロボット 2 は，$x_3 + x_4$[kg] の荷物を積み込み D 地点を出発し，C 地点で x_4[kg] 分を降ろした後，B 地点で x_3[kg] 分を降ろし，A 地点に向かう．また，各ロボットには出発時に一定量のエネルギを持つバッテリが搭載されており，荷物の積載がない場合には A 地点 D 地点間の移動後に 280[kJ] のエネルギが残るものとする．荷物が積載されている場合には，A 地点 B 地点間，B 地点 C 地点間，C 地点 D 地点間のそれぞれの移動に対して，荷物 1[kg] あたり 40[kJ]，30[kJ]，20[kJ] のエネルギが追加で必要となる．よって，ロボット 1 が D 地点に，ロボット 2 が A 地点に到達するためには，条件 (1)：$40(x_1+x_2)+30x_2 \leq 280$，条件 (2)：$20(x_3+x_4)+30x_3 \leq 280$ の 2 つの制約条件（constraint）を満たす必要がある．このとき，以下の問いに答えよ．

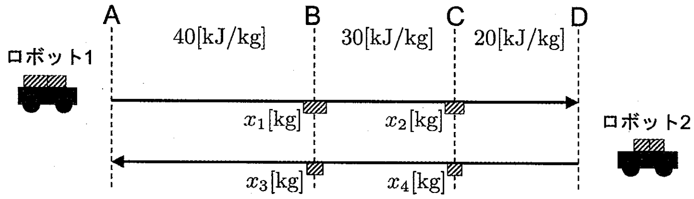

図 1: 2 台のロボットでの荷物の配送

1) ロボット 1 および 2 によって，B 地点に合計 6[kg]，C 地点に合計 4[kg] の荷物を届ける場合に，2 台のロボットが消費するエネルギの和を最小化する問題を考える．x_5，x_6 をそれぞれ制約条件 (1)，(2) に対するスラック変数（slack variable）として，$\boldsymbol{x} = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6]^\top$ を考えると，この問題は次の線形計画問題（linear programming problem）P として定式化できる．
   問題 P
   $$\begin{aligned} \min_{\boldsymbol{x}} \quad & f(\boldsymbol{x}) = \boldsymbol{c}^\top \boldsymbol{x} \\ \text{sub. to} \quad & \boldsymbol{A}\boldsymbol{x} = \boldsymbol{b} \\ & x_i \geq 0 \ (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6) \end{aligned}$$
   このときの $\boldsymbol{A} \in \mathbb{R}^{4\times 6}$，$\boldsymbol{b} \in \mathbb{R}^{4\times 1}$，$\boldsymbol{c} \in \mathbb{R}^{6\times 1}$ を示せ．

2) 問題 P をシンプレックス法（simplex method）を用いて解くことを考える．基底変数（basic variable）を $\boldsymbol{x}_B = [x_1, x_4, x_5, x_6]^\top$，非基底変数（nonbasic variable）を $\boldsymbol{x}_N = [x_2, x_3]^\top$ としたときの基底解（basic solution）を求め，この解が実行可能基底解（basic feasible solution）であり最適基底解（basic optimal solution）であることを示せ:

3) 問題 P において，搭載バッテリが変更となり，制約条件 (1)，(2) 式の右辺が $280 + \Delta E$ と置き換えられる場合を考える．このとき，最適解の基底変数が変わらず $\boldsymbol{x}_B = [x_1, x_4, x_5, x_6]^\top$ となるための ΔE の満たすべき条件を求めよ．

問 1 次の問いに答えよ。（この問いに対する答えは，答案用紙の**表面**に書くこと。）

(1) 2 の補数（two's complement）によって表現された 8 桁の 2 進数（binary number） 11000010 を符号付き 10 進数（signed decimal number）に変換せよ。また，2 進小数 $(0.1101)_2$ を 10 進数に変換せよ。

(2) 2 つの n ビットの 2 進数 $A = (a_n a_{n-1} \ldots a_1)_2$ と $B = (b_n b_{n-1} \ldots b_1)_2$ の和として n ビットの 2 進数 $S = (s_n s_{n-1} \ldots s_1)_2$ を求める桁上げ伝搬加算器（ripple carry adder）を考える。ここで桁上げ伝搬加算器とは，図 1–1 に示すように，下の桁からの桁上げ（carry）も考慮した 1 ビットごとの和と，次の桁への桁上げを，下の桁から上の桁に向かって順に計算するものである。c_{i+1} は，i 桁目の計算による $i+1$ 桁目への桁上げを表しており，$c_1 = 0$ である。

(a) s_i と c_{i+1} は，それぞれ，a_i，b_i，c_i を引数とする論理関数（logical function）として表すことができる。$s_i = f_{\mathrm{s}}(a_i, b_i, c_i)$，$c_{i+1} = f_{\mathrm{c}}(a_i, b_i, c_i)$ としたとき，論理関数 f_{s}，f_{c} の真理値表（truth table）を示せ。ただし，$i > 1$ であるとする。

(b) m 変数の論理関数 $f(x_m, x_{m-1}, \ldots, x_1)$ に対し，$f^{\mathrm{d}}(x_m, x_{m-1}, \ldots, x_1) = \overline{f(\overline{x_m}, \overline{x_{m-1}}, \ldots, \overline{x_1})}$ と定義される論理関数 f^{d} を f の双対関数（dual function）とよび，$f = f^{\mathrm{d}}$ であるとき f は自己双対関数（self-dual function）であるという。論理関数 f_{s}，f_{c} のそれぞれの双対関数 $f_{\mathrm{s}}^{\mathrm{d}}$，$f_{\mathrm{c}}^{\mathrm{d}}$ の真理値表を示せ。また，f_{s}，f_{c} が自己双対関数であるか否かをその理由とともに述べよ。

(c) f_{s} と f_{c} の積和標準形（sum-of-product form）をそれぞれ示せ。

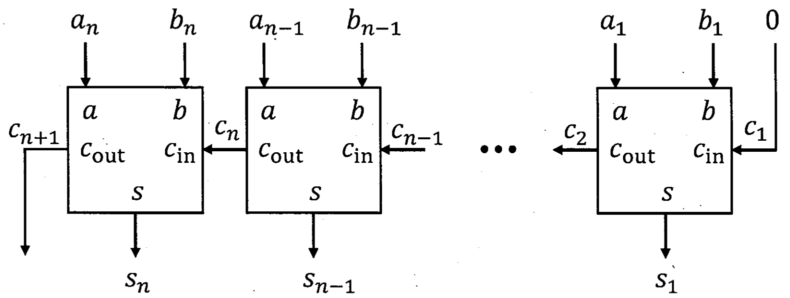

図 1–1: n ビットの桁上げ伝搬加算器の構成

（次ページに続く）

（前ページから続く）

問 2 次の問いに答えよ。（この問いに対する答えは，答案用紙の<u>裏面</u>に書くこと。）

(1) 以下の文章の括弧内に適切な単語または数値を記入せよ。

TCP/IP で用いられる IP（v4）アドレス（address）は（　　1　　）ビットの数値で表現され，ネットワークを識別するために用いられるネットワーク部（network portion）とホスト（host）（接続計算機）毎に割り当てるためのホスト部（host portion）に分けられる。ただし，ホスト部が 2 進数（binary）表現ですべて 0 のアドレスやすべて 1 のアドレスは，特殊な用途に用いられ，ホストに割り当てることができない。ホスト部がすべて 0 のアドレスは（　　2　　）とよばれ，サブネットを識別するために用いられる。また，ホスト部がすべて 1 のアドレスは（　　3　　）とよばれ，サブネット内のホスト全部に通信したい場合に用いられる。

(2) ある組織で利用可能な IP（v4）アドレスの範囲として，192.168.0.0/255.255.254.0 が割り当てられているものとする。このアドレス範囲を分割して生成可能な，ネットマスク 255.255.255.128 のサブネットをすべて列挙せよ。その際，それぞれのサブネットのネットワークアドレスとネットマスクを併記せよ。

(3) 組織改編のため，192.168.0.0/255.255.254.0 のアドレス範囲を 5 つのサブネットに再編することになった。それぞれのサブネットを a，b，c，d，e とすると，a のサブネットは 最大 200 台，また，b，c，d，e のサブネットにはそれぞれ最大 50 台のホストを接続することを予定している。a，b，c，d，e のそれぞれについて，この条件に適合するサブネットのネットワークアドレス，ネットマスク，デフォルトゲートウェイ（default gateway）を書け。ただし，サブネット b，c，d，e のネットマスクは同一であるものとする。また，デフォルトゲートウェイとは，サブネットに割り当てられたアドレス範囲外へ通信する際に用いられるルータ等に割り付けられたアドレスを意味し，この問題においては各サブネットにおいて割り当て可能な範囲で，ホスト部が最も小さいものを用いるものとする。

（以上：コンピュータシステム）

2025年度 神戸大学大学院システム情報学研究科
博士課程前期課程 第二期入学試験問題
専門科目 アルゴリズム・データ構造

以下の各問に答えよ．回答順は出題順と異なっても良いが，対応する問題番号を必ず記載すること．

[1] 要素数が 8 の配列 $A[i]$（$i=0,\ldots,7$）に対して，クイックソート（quicksort）を用いて昇順（ascending order）に並べ替えを行うことを考える．クイックソートにおける分割処理では，注目している配列の先頭の要素が基準値として選ばれるとする．ここで分割処理とは，基準値との比較により，注目している配列を 2 つのグループに分けることを意味する．また分割処理において，分割されたグループ内の配列の値の順番は元の配列と同じとする．

(1.1) 配列 $A[i]$ にデータ「5, 3, 8, 4, 2, 7, 1, 6」がこの順で格納されているとき，各回の分割処理結果を示しながら，クイックソートの動作の様子を示せ．

(1.2) クイックソート実行中に行われる基準値との総比較回数が最大となるのは，配列 $A[i]$ としてどのようなデータが入力された場合か．配列の例を示して説明せよ．また，このときの総比較回数を答えよ．

[2] 要素数 M の配列 $A[i]$（$i=0,\ldots,M-1$）の各配列要素に対して，オープンアドレス法（open addressing，内部ハッシュ法）によりデータを格納することを考える．データは，ハッシュ関数によって定められた配列要素に格納される．このとき，ハッシュ関数が指した配列要素に既にデータが格納されていた場合は衝突（collision）とみなし，ハッシュ関数を再度呼び出す（再ハッシュ，rehashing）ことで格納先を変更する．これをデータの格納が成功するまで繰り返す．

(2.1) 要素数 $M=10$ の配列 $A[i]$（$i=0,\ldots,9$）のすべての配列要素が空の状態に対して，8 個のデータ「10, 2, 8, 30, 18, 0, 6, 28」を，左から順に一つずつ追加することを考える．データ x について，ハッシュ関数は次式で与えられる．

$h_k(x)=(x+k) \bmod M$ （$k=0,1,2,\ldots$ ．「$a \bmod M$」は a を M で割った余りを指す）

各データについて，$k=0$ からハッシュ関数の呼び出しをはじめ，再ハッシュのたびに k の値を 1 ずつ増加させる．このとき，各データを格納した直後の配列の状態（すなわち $A[0]$〜$A[9]$ の値）をそれぞれ示せ．

(2.2) 要素数 $M=10$ の配列のうち，既に 4 個の配列要素にデータが格納されている状態を考える（残り 6 個の配列要素は空）．ここで新たなデータを 1 個追加する際に，2 回衝突したあとに，3 回目のハッシュ関数の呼び出しで空の配列要素が見つかる確率を求めよ．なお，ここで用いるハッシュ関数は，毎回の呼び出しにおいて 0〜9 の値を同じ確率で返すものとする．

(2.3) 要素数 M の配列のうち，既に n 個の配列要素にデータが格納されている状態において，新たなデータを 1 個追加する際のハッシュ関数の呼び出し回数の期待値を M と n の式で表せ．なおハッシュ関数は，毎回の呼び出しにおいて 0〜$M-1$ の値を同じ確率で返すものとする．