

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
一般入試

専門科目

2024 年 8 月 22 日 (木)

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 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、制御対象 $P(s) = \frac{1}{s^2}$ 、制御器 $C(s) = K_1s + K_2$ であり、 K_1 と K_2 は正の定数とする。以下の設問(1)～(5)に答えよ。

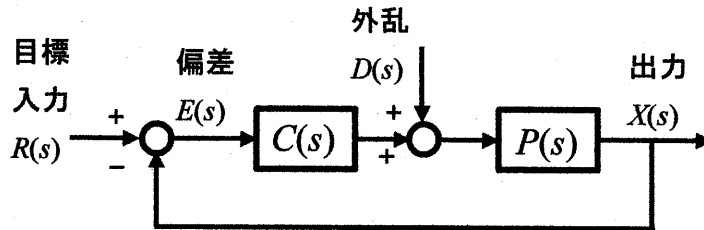


図 フィードバック制御系

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

(2) 制御器 $C(s) = K_1s$ 、外乱 $D(s) = 0$ 、目標入力 $R(s)$ は単位ステップ信号とする。

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。

また、定数 K_1 によるこの時間応答の速さへの影響を説明せよ。

(3) 制御器 $C(s) = K_1s + 1$ とする。図のフィードバック制御系の開ループ伝達関数 $C(s)P(s)$ のボード線図を描き、この制御系は必ず安定である理由を説明せよ。

(4) 制御器 $C(s) = K_1s + K_2$ 、目標入力 $R(s) = 0$ 、外乱 $D(s)$ は単位ステップ信号とする。

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。

(5) 制御器 $C(s) = K_1s + K_2$ 、外乱 $D(s) = 0$ 、目標入力 $R(s)$ は単位ステップ入力およびランプ入力とする。この制御系の定常偏差 $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t)$ をそれぞれ求めよ。

- 付記： 1. フィードバック制御系 Feedback Control System 2. 伝達関数 Transfer Function
 3. 外乱 Disturbance 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. 安定 Stable
 9. ランプ入力 Ramp Input 10. 定常偏差 Steady-State Error

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 入学試験問題
 専門科目 数理計画

(注意: 答案用紙は, 表も裏も使用してよい)

図に示す化粧品製造のサプライチェーン (supply chain) では, 化粧品素材工場 (material factory) 甲は 2 種類の原材料 (raw material) S と T を使用して, 2 種類の化粧品素材 (material) A と B を製造する. そして, そのうちの素材 B を使用して化粧品製造会社 (product factory) 乙は化粧品 C を製造する.

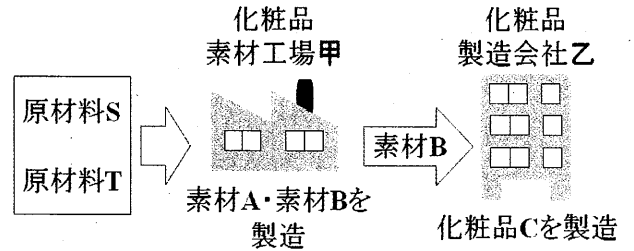


図: 化粧品製造のサプライチェーン

素材工場甲において, 各化粧品素材を 1 グラム (gram, g) 製造するために必要となる各原材料の必要量及び製造コスト (production cost) は次の通りである.

- 素材 A—原材料 S: 1.5 グラム, 原材料 T: 3.0 グラム, 製造コスト: 10 円
- 素材 B—原材料 S: 2.5 グラム, 原材料 T: 1.5 グラム, 製造コスト: 10 円

素材工場甲が 1 日当たり使用可能な各原材料の最大量は, 原材料 S が 150 グラム, 原材料 T が 120 グラムであり, 使用可能な予算 (budget) は 900 円である. 各素材の販売時に想定している 1 グラム当たりの標準販売価格 (standard sales price) を素材 A が 50 円, 素材 B が 40 円と設定した時, 素材工場甲は標準販売価格で販売したときの売上高 (gross sales) が最大 (maximum) となるよう, 各素材の生産計画 (production planning) を立案したい.

- (1) この問題を最適化問題 (optimization problem) として定式化 (formulation) せよ. なお, 使用する記号は, 適切に定義した上で用いよ.
- (2) 最小化問題 (minimization problem) を標準形 (standard form) とするとき, (1) の標準形を求めよ.
- (3) (2) を主問題 (primal problem) とするとき, その双対問題 (dual problem) を定式化せよ.
- (4) 素材工場甲の 1 週間の操業日数は 7 日間であり, 製造した各素材は常に完売するものとする. このとき, (2) をシンプレックス法 (simplex method) もしくはシンプレックス表 (simplex tableau) を用いて解き, 1 週間当たりの各素材の最適製造量, 及び標準販売価格で販売したときに得られる利益 (profit) をそれぞれ求めよ. なお適宜, 解の導出過程も示すこと.
- (5) 化粧品製造会社乙は化粧品 C を製造するために, 素材工場甲から定量発注方式 (fixed order quantity system) で素材 B を調達する. 製造会社乙の年間操業日数は 50 週 (1 週間は 7 日とする) であり, 素材 B の年間需要量 (demand) は 9,000 グラム, 1 日の需要のばらつき (標準偏差, standard deviation) は 10 グラムである. 製造会社乙において, 素材 B を年間 1 グラム保管するための費用は 500 円である. 製造会社乙から素材工場甲に素材 B を発注する場合, 1 回当たりの発注費用 (支払額, amount of payment) は 50,000 円であり, その納入リードタイム (lead time) は 5 週間である. この時, 素材 B の欠品割合 (out-of-stock ratio) を 5% 以内に抑えるための経済発注量 (economic order quantity) 並びに発注点 (ordering point) を求めよ. 答えは小数点以下を四捨五入して整数で答えよ. なお, 発注費用は全て素材工場甲に支払うものとする. また欠品割合を 5% 以内に抑えるための安全係数 (safety factor) は 1.65, また必要に応じて, $\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24, \sqrt{7} = 2.65$ を用いよ.
- (6) 素材工場甲にとって, (5) に示した条件並びに得られた経済発注量・発注点において製造会社乙と取引することは, 他の製造会社と標準販売価格で取引する場合と比較して得か損か, 利益の観点から述べよ.

2025 年度 神戸大学大学院システム情報学研究所
 博士課程前期課程 入学試験問題
 専門科目 コンピュータシステム (2/2)

(前ページから続く)

問2 マルチプログラミング対応のオペレーティングシステムを搭載したシングルCPUの計算機におけるプロセス管理に関して、次の問いに答えよ。(この問題については答案用紙の裏面に解答すること。)

- (1) スケジューリングアルゴリズムのうち、到着順 (FCFS: First Come First Served) のデメリットを50字程度で簡潔に説明せよ。
- (2) 実行可能キューにプロセスがP1, P2, P3, P4の順に到着した。各プロセスの到着時刻 (arrival time) と処理時間 (execution time) を表2-1に示す。このとき、4つのスケジューリングアルゴリズム (i) 最短時間順 (SJF: Shortest Job First), (ii) 残余処理時間順 (SRTF: Shortest Remaining Time First), (iii) 到着順 (FCFS), (iv) ラウンドロビン (RR: Round Robin) (RRにおけるタイムスライスは4とする) のそれぞれを用いた場合の平均ターンアラウンド時間 (average turnaround time) を、その導出過程も含めて示せ。その際、図2-1に示すような図を答案用紙に示して計算すること。

なお、SRTFとラウンドロビンではプリエンプション (preemption) が発生する。また、プリエンプションやプロセス切替に要する時間 (context switch) は無視できるものとする。

表 2-1: 各プロセスの到着時刻と処理時間

プロセス	到着時刻	処理時間
P1	0	7
P2	2	4
P3	5	3
P4	8	6

到着時刻0, 処理時間5のP1と到着時刻2, 処理時間6のP2をFCFSでスケジューリングする場合

プロセス(P)/到着時刻(t)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ターンアラウンド時間(TAT)
P1	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5
P2	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	9

●:到着 —:CPU割当中 (実行状態) :待機中 (実行可能状態)

図 2-1: FCFS スケジューリングにおけるプロセス毎のターンアラウンド時間の導出例

(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 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] 条件「あるノードの値を x としたときに、その左部分木内の値は全て x より小さく、右部分木内の値は全て x より大きい」を満たす二分木を二分探索木(binary search tree)という。二分探索木に関する以下の設問に答えよ。
- (1.1) ノード数4の二分探索木のノードに値1, 2, 3, 4を割り当てる場合、可能な二分探索木は何通りあるか答えよ。なお二分探索木を図示する必要はない。
- (1.2) ノード数 n の二分探索木のノードに異なる1から n までの自然数の値 $1, 2, \dots, n-1, n$ を割り当てる場合の、可能な二分探索木のパターン数を S_n とする。このとき、 $n \geq 1$ における S_n を漸化式で表せ。ただし $S_0 = 1$ とする。
- (1.3) ある二分探索木を深さ優先探索(depth first search)でなぞり、先行順(行きがけ順; preorder)で各ノードの値を出力した結果、4, 2, 1, 3, 7, 5, 6, 9, 8, 10という並びであった。このときの二分探索木を図示せよ。
- (1.4) (1.3)の二分探索木を深さ優先探索でなぞり、後行順(帰りがけ順; postorder)で各ノードの値を出力したときの結果を示せ。
- [2] 図1および図2はヒープソート(heap sort)に関するC言語プログラムの一部である。buildheapは配列Aをもとにヒープ条件「子ノードの値は親ノードの値より常に小さいか等しい」を満たす二分ヒープ(binary heap)を構築する関数である。downheap(int k, int n)は、配列Aのインデクス k のノードを根とする部分木のうち、インデクスが n 以下の部分についてヒープ条件を満たすように木を再構成する関数である。heapsortはヒープソートにより配列Aを昇順(ascending order)にソートする関数である。
- (2.1) 図1および図2中の空欄【ア】～【エ】を埋めて、プログラムを完成させよ。
- (2.2) $A[] = \{3, 8, 1, 4, 2, 6, 7, 5\}$ に対して、buildheapを実行したときの標準出力結果を示せ。
- (2.3) $A[] = \{3, 8, 1, 4, 2, 6, 7, 5\}$ に対して、heapsortを実行したときの標準出力結果を示せ。

```
#define N 8
int A[] = {3, 8, 1, 4, 2, 6, 7, 5};
void swap(int *a, int *b){
    int tmp;
    tmp = *a; *a = *b; *b = tmp;
}

void downheap(int k, int n){
    int i, v;
    v = A[k];
    while(1){
        i = 2 * k + 1;
        if(i > n) break;
        if(i != n){
            if(【ア】){
                i = i + 1;
            }
        }
        if(v >= A[i]) break;
        A[k] = 【イ】;
        k = i;
    }
    A[k] = v;
}
```

図1: C言語プログラムの一部 (図2へ続く)

```
void show(){
    int i;
    for(i = 0; i < N; i++) printf("%d ", A[i]);
    printf("\n");
}

void buildheap(){
    int i;
    for(i = N / 2 - 1; i >= 0; i--){
        downheap(i, N - 1);
    }
    show();
}

void heapsort(){
    int i;
    buildheap();
    for(i = N - 1; i > 0; i--){
        swap(【ウ】);
        downheap(【エ】);
        show();
    }
}
```

図2: C言語プログラムの一部 (図1の続き)