

2026 年度

神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程入学試験

市民工学専攻

専門科目(一)： 数学

	問題用紙の枚数	ページ番号
数学	2 枚	1, 2

	解答用紙の枚数
数学	4 枚

ただし、計算用紙を 1 枚配付

試験日時：2025 年 8 月 25 日（月） 9:30～10:30

## [数学]

1. 実行列  $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}$  について, 以下の問に答えなさい.

- (1) 固有値を全て求めなさい.
- (2) 各固有値に対する固有ベクトルを求めなさい.
- (3) 行列  $\mathbf{A}$  を  $\mathbf{P}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{P}$  によって対角化するための行列  $\mathbf{P}$  を示し, 対角化できることを証明しなさい.
- (4) 行列指数関数  $e^{\mathbf{A}}$  を求めなさい.

2. 次の初期値問題を解きなさい.

$$y'' - 4y' + 5y = 0, y(0) = 2, y'(0) = 1$$

3. 次の積分を計算しなさい.

(1)  $\int_1^{10} (\ln(x) + 1) dx$

(2)  $\int_0^{10} (\ln(x) + 1) dx$

4.  $N$  枚のコインを投げて出た面を調べる. このコインは, 表が出る確率が  $p$ , 裏が出る確率が  $q(=1-p)$  である. このとき, 以下の問に答えなさい.

(1)  $N$  枚のコインのうち, 出た面が 1 枚だけ他のコインと異なる場合の確率を求めなさい.

(2) 表が出る枚数の期待値を求めなさい.

(3) 表が出る枚数の分散を求めなさい.

2026 年度

神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程入学試験

市民工学専攻

専門科目(二)： 構造力学

	問題用紙の枚数	ページ番号
構造力学	3 枚	1, 2, 3

	解答用紙の枚数
構造力学	4 枚

ただし、計算用紙を 1 枚配付

試験日時：2025 年 8 月 25 日（月） 13:00～14:00

[構造力学]

1. 図-1 に示すトラスの部材力  $U$  および  $L$  を求めなさい。引張力を正とする。

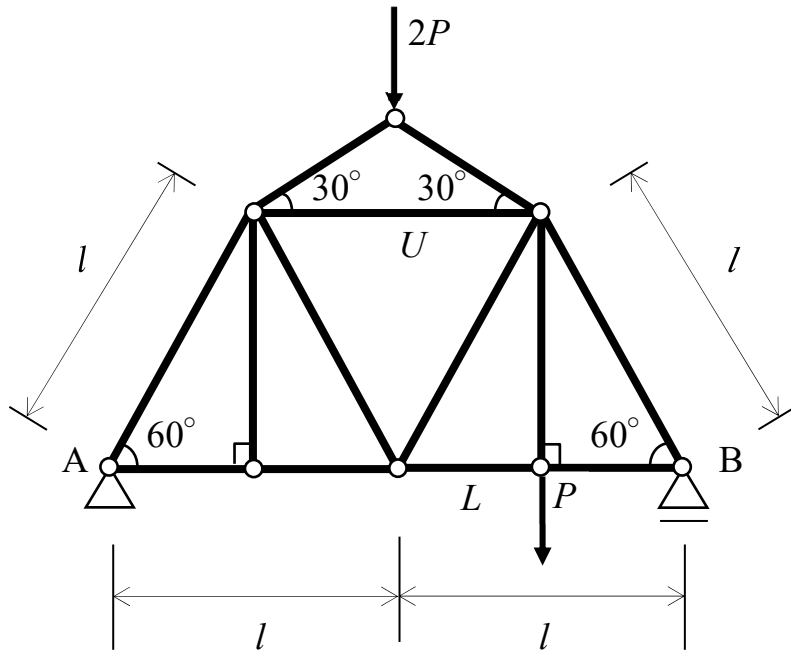
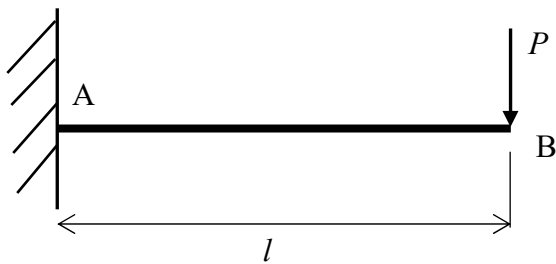


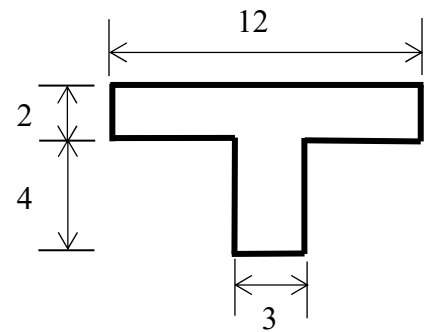
図-1 トラス

2. 図-2 の梁について以下の問に答えなさい.

- (1) 直応力度最大値（絶対値）が生じる位置を示しなさい.
- (2) (1)の位置における直応力度分布を描きなさい. ただし, 直応力度分布には正負を示しなさい.
- (3) 直応力度分布を用いて, (1)の位置における曲げモーメントを求めなさい.



(a) 梁の側面図



単位(cm)

(b) 梁の断面図

図-2 梁

3. 図-3 の梁 AB, 梁 CD からなる不静定構造において点 F に鉛直下向きの力  $P$  が作用するとき, 点 E におけるたわみを求めなさい. なお, 梁 AB, 梁 CD の支点 A, B, C, D は同一水平面にあり, 点 E で梁 AB と梁 CD は剛なばねで結合されている. 全ての梁の曲げ剛性は  $EI$  とする.

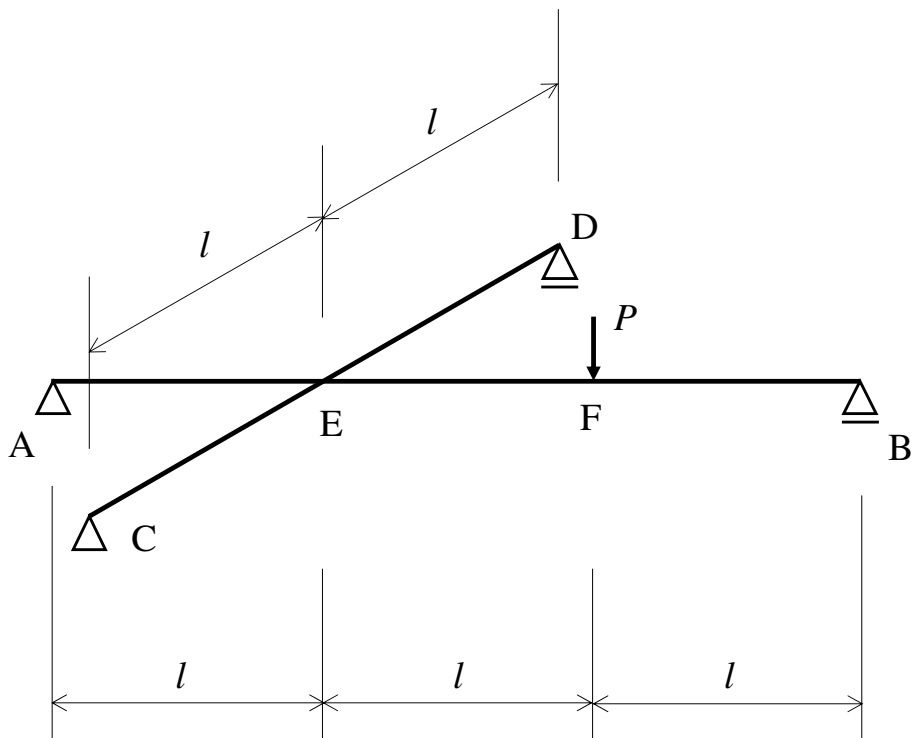


図-3 不静定構造

2026 年度

神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程入学試験

市民工学専攻

## 専門科目(二)：水理学

	問題用紙の枚数	ページ番号
水理学	4 枚	1, 2, 3, 4

	解答用紙の枚数
水理学	4 枚

ただし、計算用紙を 1 枚配付

試験日時：2025 年 8 月 25 日（月） 11:00～12:00

[水理学]

1. 図-1 に示すように、水位  $h \leq h_0$  のときは自重で閉鎖し、水位  $h > h_0$  のときに開く厚さ  $t$  (m) の均質な止水板が水平な水槽の床から 0.5 m の高さにヒンジで固定されている。以下の間に答えなさい。ただし  $h \leq h_0$  のときは静水圧とする。また、止水板の奥行は 1.0 m、水槽の床と止水板のなす角は  $30^\circ$ 、水の密度は  $1000 \text{ kg/m}^3$ 、止水板の比重は 7.85、重力加速度は  $10 \text{ m/s}^2$  とする。

- (1)  $0.5 \text{ m} < h \leq h_0$  のとき、止水板に作用する全水圧  $P$  を、 $h$  を使って表しなさい。
- (2)  $0.5 \text{ m} < h \leq h_0$  のとき、ヒンジから全水圧  $P$  の作用点までの長さ  $L$  を、 $h$  を使って表しなさい。
- (3)  $h_0 = 1.0 \text{ m}$  のとき、止水板の厚さ  $t$  を求めなさい。

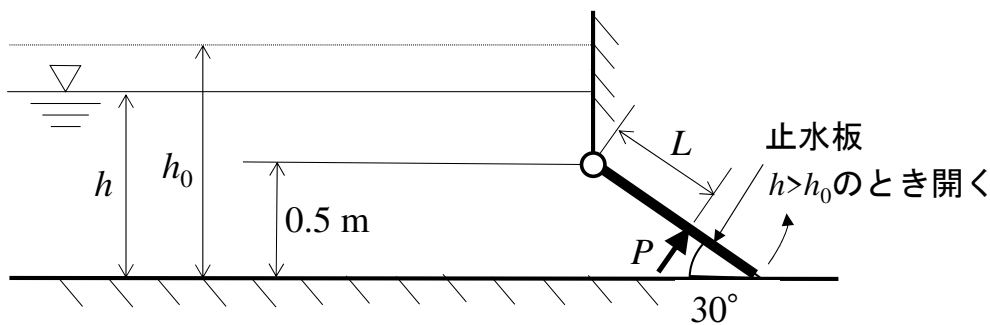


図-1 水槽に設置された止水板

2. 二次元平面 $(x, y)$ において、 $x$ 方向の流速  $u = 1$ 、 $y$ 方向の流速  $v = ax$  で与えられる流れ場がある。以下の問に答えなさい。ただし、 $a$  は任意定数である。

- (1) 非圧縮性流体の連続式が成立することを示しなさい。
- (2) 流線の方程式を求めなさい。
- (3) 流れ関数  $\psi$  を  $x$ 、 $y$  の関数で表しなさい。ただし、原点 $(0, 0)$ で  $\psi = 0$  とする。
- (4) 点  $A(0, 2)$  と点  $B(2, 0)$  間を流れる単位奥行き当たりの流量  $Q$  が 6 のとき、定数  $a$  の値を求めなさい。

3. 図-2 のようなサイフォンについて上側のタンク U と下側のタンク L の水面の高さの差を  $H$  とする. ただし, 管径は一様に 300mm, タンク U の水面と曲がりの頂点 B の高さの差は 5.0m, 管 AB の管長  $L_{AB}=10.0\text{m}$ , 管 BC の管長  $L_{BC}=20.0\text{m}$  である. 重力加速度を  $10\text{m/s}^2$ , 管の入口損失係数  $f_e=1.0$ , 摩擦損失係数  $f=0.03$  とし, その他の損失は無視でき, タンクは奥行き方向に大きいためにタンクのサイフォン内の水流によってタンクの水面は変化しないものとして以下の間に答えなさい.

- (1) 水が出口 C から流出する流速  $V(\text{m/s})$  を,  $H$  を使って表しなさい.
- (2) 管の曲がりの頂点 B における圧力水頭を,  $H$  を使って表しなさい.
- (3) いま, タンク L の水面を低下させて  $H$  を増加させる. 管内の圧力水頭の最小値が  $-8.0\text{m}$  となる  $H$  を求めなさい.

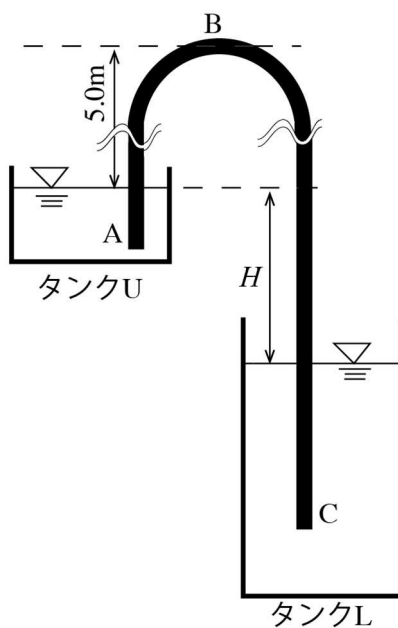


図-2 サイフォン

4. 断面の幾何形状が  $B = TH^S$  で表される図-3のような開水路等流を考える. 水面の幅  $B(\text{m})$ , 水深  $H(\text{m})$ ,  $T$  は適切な単位を持つ正の定数であり,  $S$  は無次元の定数であり,  $0 < S < 1$  とする.  $U(\text{m/s})$  は断面平均流速, 重力加速度は  $g(\text{m/s}^2)$  とする. 以下の間に答えなさい.

- (1) 開水路流れの比エネルギー  $E$  を問題中の記号を用いて表しなさい.
- (2) 流れが限界流であるときの条件を, 比エネルギー  $E$  を用いて表しなさい.
- (3) この水路において限界水深が  $H_c = 1.0 \text{ m}$  となる場合, 流量  $Q (\text{m}^3/\text{s})$  を  $T, S, g$  を用いて表しなさい.

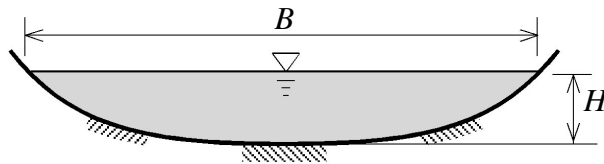


図-3 開水路の断面図

2026 年度

神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程入学試験

市民工学専攻

専門科目(二)：土質力学

	問題用紙の枚数	ページ番号
土質力学	4 枚	1, 2, 3, 4

	解答用紙の枚数
土質力学	4 枚

ただし、計算用紙を 1 枚配付

試験日時：2025 年 8 月 25 日（月） 14:30～15:30

[土質力学]

1. 図-1 に示す正方形フローネットで表せる矢板周りの 2 次元定常浸透を考える. 飽和砂層の間隙比  $e$  は 0.7, 土粒子比重  $G_s$  は 2.7, 透水係数  $k$  は  $1 \times 10^{-4}$  m/s である. 水の単位体積重量  $\gamma_w$  は  $10$  kN/m<sup>3</sup> とし, 矢板の厚さは無視できるものとする. 不透水層の上面を位置水頭の基準高さとして, 以下の間に答えなさい.

- (1) 飽和砂層の飽和単位体積重量を求めなさい.
- (2) 上流側地表面 (ab) と下流側地表面 (de) における全水頭を求めなさい.
- (3) 単位奥行き 1 日当たりの透水量を求めなさい.
- (4) 点 f, 点 g における全水頭および間隙水圧を求めなさい.
- (5) 流線 A-A' と流線 B-B' に沿った平均流速をそれぞれ  $v_A, v_B$  とする. 次の関係のうち正しいものを選び, その理由を記述しなさい.  
 ①  $v_A > v_B$    ②  $v_A = v_B$    ③  $v_A < v_B$
- (6) 上流側の水位が上昇し矢板に沿った流れ (bcd) における平均動水勾配が限界動水勾配に達した. このときの上流側水面の地表面からの高さを求めなさい.

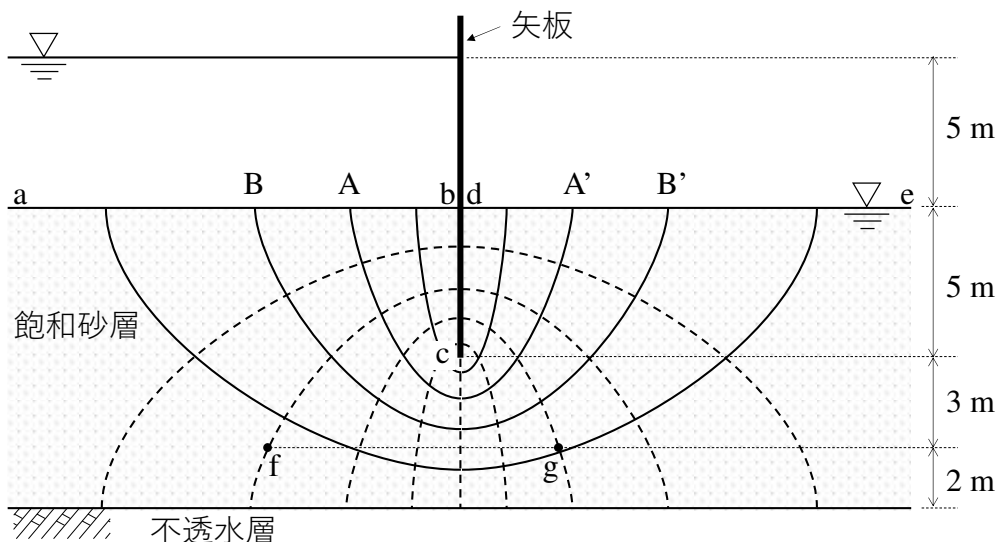


図-1 矢板周りの 2 次元定常浸透

2. 図-2 に示すように不透水層の上に厚さ 10.0 m の飽和正規圧密粘土層と厚さ 3.2 m の砂層がある。砂層の土質定数は以下の通りである。湿潤単位体積重量  $\gamma_t$  は  $18.0 \text{ kN/m}^3$ ，間隙比  $e$  は 0.7，土粒子比重  $G_s$  は 2.7 である。粘土層の土質定数は以下の通りである。飽和単位体積重量  $\gamma_{sat}$  は  $16.4 \text{ kN/m}^3$ ，土粒子比重  $G_s$  は 2.6，圧縮指数  $C_c$  は 0.6，膨潤指数  $C_s$  は 0.2 である。砂層，粘土層は均質であり，水の単位体積重量  $\gamma_w$  は  $10.0 \text{ kN/m}^3$  とする。圧密はテルツァギの 1 次元圧密理論に従うものとし，2 次圧密は生じないものとする。応力の計算に用いる深さは図-2 に記載されている値を用いなさい。

図-2(a)に示すように，地下水位は粘土層上面と一致しており，静水圧状態である。以下の間に答えなさい。

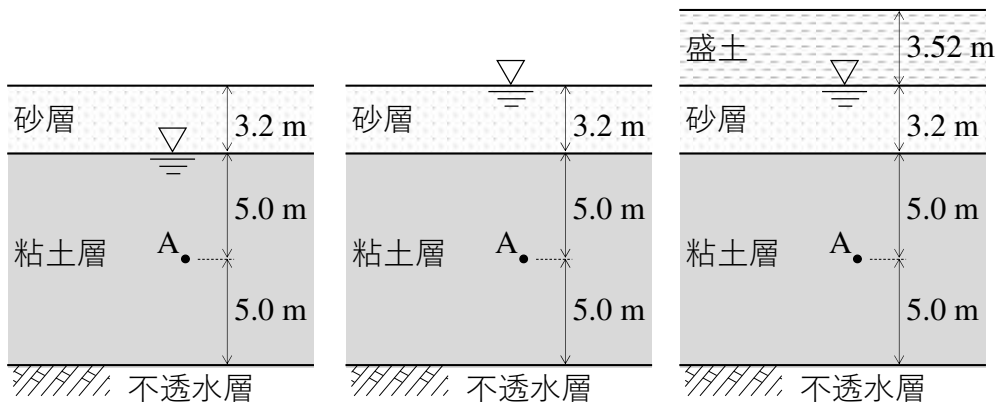
- (1) 砂層の含水比を求めなさい。
- (2) 粘土層の間隙比を求めなさい。
- (3) 粘土層中央の点 A における鉛直全応力，鉛直有効応力，間隙水圧を求めなさい。

図-2(b)に示すように水位が地表面まで上昇し，過剰間隙水圧が消散するのに十分な時間が経過した。以下の間に答えなさい。

- (4) 粘土層中央の点 A における鉛直有効応力に基づく過圧密比を求めなさい。
- (5) 粘土層中央の点 A における間隙比を求めなさい。

図-2(c)に示すように 3.52 m の盛土をした後，過剰間隙水圧が消散するのに十分な時間が経過した。盛土の湿潤単位体積重量  $\gamma_t$  は  $20.0 \text{ kN/m}^3$  である。以下の間に答えなさい。

- (6) 粘土層中央の点 A における間隙比を求めなさい。
- (7) 粘土層の下部が透水性の良い層で，粘土層の下端が排水条件とみなせるとき，沈下速度は粘土層下部が不透水層のときと比べて何倍になるか。その理由とともに答えなさい。



(a) 水位上昇前

(b) 水位上昇後

(c) 盛土後

図-2 問2の地盤

3. 繰り返した飽和粘土試料を用いて、等方圧密した後に正規圧密状態で三軸圧縮試験を行ったところ、限界状態に達し破壊した。この試料は破壊時に限界状態に達するものとする。この試料の土質定数は、圧縮時の限界応力比  $M$  は 0.94、圧縮指数  $\lambda$  は 0.2 である。軸方向の有効応力を  $\sigma'_a$ 、半径方向の有効応力を  $\sigma'_r$  とすると、平均有効主応力  $p'$  と軸差応力  $q$  はそれぞれ、 $p' = (\sigma'_a + 2\sigma'_r)/3$ 、 $q = \sigma'_a - \sigma'_r$  である。圧縮時の限界応力比  $M$  は、破壊時の平均有効主応力  $p'_f$  と破壊時の軸差応力  $q_f$  により、 $M = q_f/p'_f$  として定義される。また、間隙比  $e$  により、比体積  $v$  は  $v = 1 + e$  で与えられ、 $v - p'$  面上で、正規圧密線は  $v = N - \lambda \ln p'$ 、限界状態線は  $v = \Gamma - \lambda \ln p'$  で与えられる。ただし、 $N = 3.25$ 、 $\Gamma = 3.16$  である。以下の問に答えなさい。

- (1) この試料を  $p' = 400 \text{ kPa}$  まで等方圧密して正規圧密状態とした後、試料を排水条件で圧縮せん断した。破壊時の軸差応力  $q_f$  を求めなさい。
- (2) この試料を  $p' = 400 \text{ kPa}$  まで等方圧密して正規圧密状態とした後、試料を非排水条件で圧縮せん断した。破壊時の平均有効主応力  $p'_f$  を求めなさい。
- (3) この試料を用いて、軸圧一定でセル圧を増加させて三軸伸張試験を行った。伸長時の限界応力比  $M_e$  を求めなさい。ただし、土の内部摩擦角は破壊時の応力状態にかかわらず一定となるものとする。

2026 年度

神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程入学試験

市民工学専攻

# 専門科目(二): 土木計画学

	問題用紙の枚数	ページ番号
土木計画学	4 枚	1, 2, 3, 4

	解答用紙の枚数
土木計画学	4 枚

ただし、計算用紙を 1 枚配付

試験日時 : 2025 年 8 月 25 日 (月) 16:00~17:00

[土木計画学]

1. ある工場は、2種類の資材 M1 と M2 を用いて、3種類の製品 P1, P2, P3 を生産している。製品 P1 を1単位作るのに必要な資材の量は、M1 が4単位、M2 が2単位である。製品 P2 を1単位作るのに必要な資材の量は、M1 が3単位、M2 が3単位である。製品 P3 を1単位作るのに必要な資材の量は、M1 が1単位、M2 が2単位である。工場が有する資材の量は、M1 が30単位、M2 が20単位である。製品1単位の販売から得られる利益は、P1 が80万円、P2 が90万円、P3 が40万円である。以上の条件を表-1に示す。これらの条件の下で、以下の問に答えなさい。

表-1 問題の条件

	製品 P1	製品 P2	製品 P3	利用可能な 資材の量
資材 M1	4	3	1	30
資材 M2	2	3	2	20
利益(万円/単位)	80	90	40	

- (1) 製品 P1, P2, P3 の生産量をそれぞれ  $x_1, x_2, x_3$  で表す。利用可能な資材の量の範囲内で、工場の利益を最大化する  $x_1, x_2, x_3$  を求める線形計画問題を定式化しなさい。
- (2) (1)で定式化した問題を主問題とする双対問題を定式化しなさい。双対問題の変数には  $y_1, y_2$  を用いること。
- (3) (1)で定式化した問題の最適解  $x_1^*, x_2^*, x_3^*$  を求めなさい。
- (4) 工場は 15 万円を支払うことで、資材 M2 を 1 単位だけ追加的に仕入れることができる。工場の利益最大化の観点から、工場はこの追加的な仕入れを行うべきかどうかを答えなさい。ただし、追加的な仕入れを行う前後で、(2)で定式化した問題の最適解  $y_1^*, y_2^*$  は変化しないと考える良い。

2. ある都市において、朝の通勤時間帯に使われている道路ネットワークは、図-1 のように表される。ノード A, B には住宅街が存在し、それぞれ 10 万人の労働者が居住している。ノード D には業務地区が存在し、都市内の労働者は全員、この業務地区に通勤している。1 人の労働者は 1 台の車を使い、1 時間の通勤時間帯の間に通勤する。ノード AD 間の道路、および、ノード BD 間の道路は一般道路である。ノード CD 間の道路は高速道路である。ノード AC 間の道路、および、ノード BC 間の道路は住宅街から高速道路へのアクセス道路である。ノード IJ 間の道路の旅行時間（道路の通過に要する時間）を  $t_{IJ}$ (分) で、交通量を  $y_{IJ}$ (万台/時) で表す ( $I = A, B, C; J = C, D; I \neq J$ )。道路区間別の旅行時間と交通量の間には、表-2 に示されるように、交通量が多い程、旅行時間が長くなるという関係がある。ただし、アクセス道路の旅行時間は交通量に依存せず、 $\tau$ (分) で一定である。ノード A, B に居住する労働者のうち、高速道路を利用して通勤する人の数を、それぞれ  $x_1, x_2$  で表される。このとき、道路区間別の交通量は図-1 に示されているように、 $x_1, x_2$  を用いて表される。これと表-2 の条件を用いると、道路ネットワークの利用者の総旅行時間を最小化する非線形計画問題は、以下のように定式化される。

$$\begin{aligned} \min_{x_1, x_2} & (10 - x_1)[20 + (10 - x_1)] + (10 - x_2)[20 + (10 - x_2)] \\ & + (x_1 + x_2)[\tau + 10 + 0.5(x_1 + x_2)] \\ \text{s. t. } & x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_1 \leq 10, x_2 \leq 10 \end{aligned}$$

この非線形計画問題に関する以下の問に答えなさい。

- (1) この問題が凸計画問題であることを示しなさい。
- (2) この問題の Karush-Kuhn-Tucker (KKT) 条件を示しなさい。
- (3) この問題の最適解  $x_1^*, x_2^*$  は、 $\tau$  に応じて変化する。横軸に  $\tau$  を、縦軸に高速道路の交通量の最適値  $x_1^* + x_2^*$  を取り、両者の関係をグラフ化しなさい。  $0 \leq \tau \leq 40$  の範囲についてグラフを描くこと。
- (4) 道路ネットワークの利用者が自由に経路選択を行う場合、混雑料金などの公的な介入が無い限り、総旅行時間の最小化は一般に達成されないことが知られている。例えば、 $\tau = 20$  のときの最適解  $x_1^*, x_2^*$  は、利用者が自由に経路選択を行う場合、実現可能ではない。この最適解の下で各道路区間の旅行時間を求め、その理由を説明しなさい。

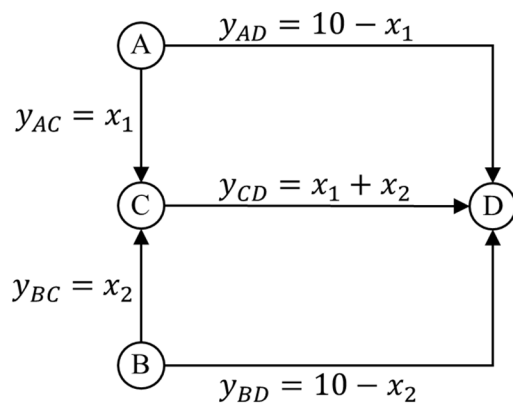


図-1 通勤に使われる道路ネットワーク

表-2 道路区間別の旅行時間

道路区間	旅行時間 $t$ (分)と交通量 $y$ (万台/時)の関係
AD	$t_{AD} = 20 + y_{AD}$
BD	$t_{BD} = 20 + y_{BD}$
AC	$t_{AC} = \tau$
BC	$t_{BC} = \tau$
CD	$t_{CD} = 10 + 0.5y_{CD}$

3. ある単路において、北方向に進行する車の信号制御を考える．赤と青からなる信号の1サイクル中に信号の停止線あるいは信号の待ち行列に到着する車の台数  $n$  は、次の確率質量関数

$$P(n) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^n}{n!}, \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

を持つポアソン分布で記述できる（ただし、 $\lambda$ はパラメータ）．信号の黄色は考えないものとする．連続するサイクルで到着する車の数は互いに独立であり、1サイクルで最大3台の車が信号の停止線を通過することができると仮定する．このとき次の問に答えなさい．

- (1) 1サイクルの間に車が信号の停止線あるいは信号の待ち行列に到着する台数の期待値と分散を求めなさい．
- (2) 1サイクルで車が1台も到着しない確率を求めなさい．
- (3) 前回の青信号サイクルで車はすべて信号の停止線を通過し、信号待ちの車が残っていないとする．このとき、今回の青信号サイクルの終わりに1台以上の車が信号の待ち行列として残る確率を数式で示しなさい．ただし、計算において前回のサイクルで車が残らない確率は考慮する必要はない．
- (4)  $\lambda = 2$ と仮定する．前回の青信号サイクルで車はすべて信号の停止線を通過し、信号待ちの車が残っていないとする．このとき、今回の信号サイクルの終わりに1台以上の車が信号の待ち行列として残り、かつ次回の青信号サイクルで車がすべて信号の停止線を通過し、信号待ちの車が残らない確率を数式で示しなさい．ただし、計算において前回のサイクルで車が残らない確率は考慮する必要はない．
- (5) ある1サイクルの間に信号の停止線あるいは信号の待ち行列に 4 台の車が到着したとする．このとき、帰無仮説 $\lambda = 2$ に対して、適切な対立仮説を設定した上で有意水準0.05で片側検定しなさい．有意水準と「帰無仮説が正しいという仮定の下で観測された結果とそれ以上に極端な結果が得られる確率」を表す  $p$  値とを比較すればよい．必要に応じて $e^{-2} \approx 0.1353$ を用いなさい．