

2024 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	1 枚	1

	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：2023 年 8 月 28 日（月） 13:00～14:00

[数学]

1. 曲線 $C_1: y^2 - 2x = 0$ と, 曲線 $C_2: 2y^2 + 4x - 4y = 3$ によって囲まれる部分の面積を求めなさい.

2. 以下の常微分方程式を解きなさい.

$$(y + x - y \cos x) dx + (x - \sin x) dy = 0$$

3. 二次曲線 $C: 7x^2 - 6\sqrt{3}xy + 13y^2 - 16 = 0$ に関して, 以下の間に答えなさい.

(1) $7x^2 - 6\sqrt{3}xy + 13y^2$ の項を $(x \ y) \begin{pmatrix} a & b \\ b & c \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ の形に変形するとき, a, b, c の値を求めなさい.

(2) (1)における行列 $\begin{pmatrix} a & b \\ b & c \end{pmatrix}$ を $\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a & b \\ b & c \end{pmatrix}$ とするとき, $\mathbf{A}$ の固有値および正規化された固有ベクトルを求め, さらに, 直交行列により $\mathbf{A}$ を対角化しなさい.

(3) (1), (2)を利用して変数変換することで, 与えられた二次曲線 C を標準形に変換し, 標準形の概形を描きなさい. なお, 標準形とは $\alpha x^2 + \beta y^2 = \gamma$ のように変数 x, y の 2 乗の項のみで表される関数である.

(4) 与えられた二次曲線 C の概形を描きなさい.

2024 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：2023 年 8 月 28 日（月） 9:30～10:30

[構造力学]

1. 図-1 に示すように，単純梁に分布荷重 $q(x)$ が作用している．以下の問に答えなさい．

- (1) 支点 A の反力を求めなさい．
- (2) せん断力 $Q(x)$ を求め，せん断力図を描きなさい．
- (3) 曲げモーメント $M(x)$ を求め，曲げモーメント図を描きなさい．

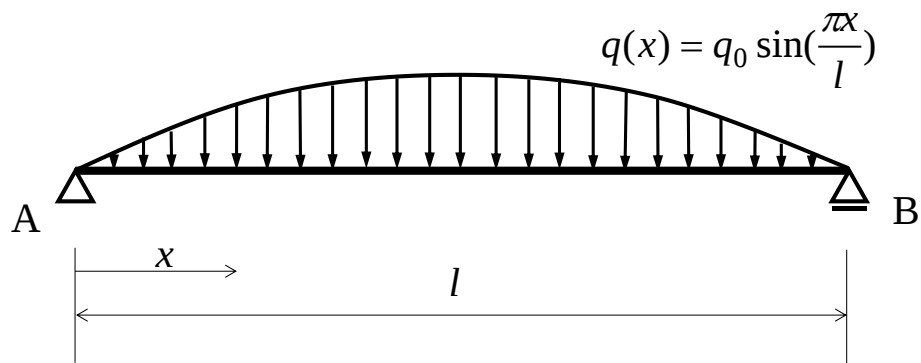


図-1 問 1 の構造

2. 図-2 に示す構造に水平荷重 P が作用している。以下の問に答えなさい。

- (1) 支点 A の鉛直反力と水平反力を求めなさい。反力の向きについても明示すること。
- (2) 支点 E の鉛直反力と水平反力を求めなさい。反力の向きについても明示すること。

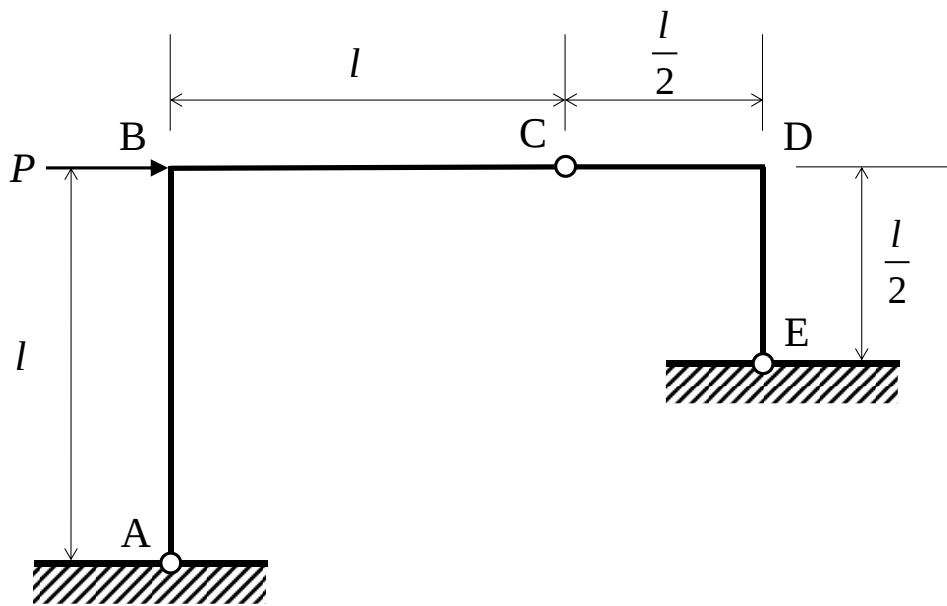


図-2 問 2 の構造

3. 以下の間に答えなさい。

(1) 図-3 に示すように、長さ l の片持ち梁の先端に集中荷重 P が作用しているとき、この片持ち梁のたわみ曲線 $v(x)$ を求めなさい。ただし、梁のヤング係数は E 、断面 2 次モーメントは I であるとする。

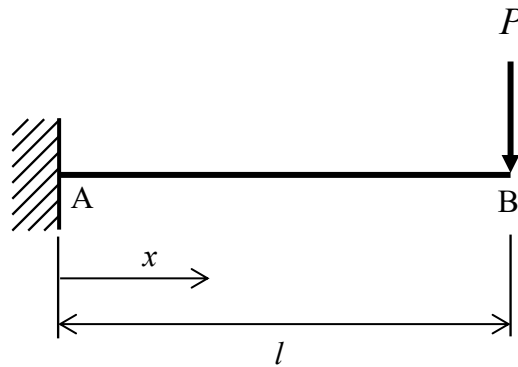


図-3 片持ち梁

(2) 図-4 に示すように、全体の長さが $3l$ の梁構造において、区間 BC の中間点に集中荷重 P 、および区間 CD の中間点にモーメント荷重 M がそれぞれ作用している。このとき、次の間に答えなさい。

a) 区間 CD の曲げモーメント図を描きなさい。

b) 支点 B における鉛直反力 R_B を求めなさい。ただし、上向きを正とする。

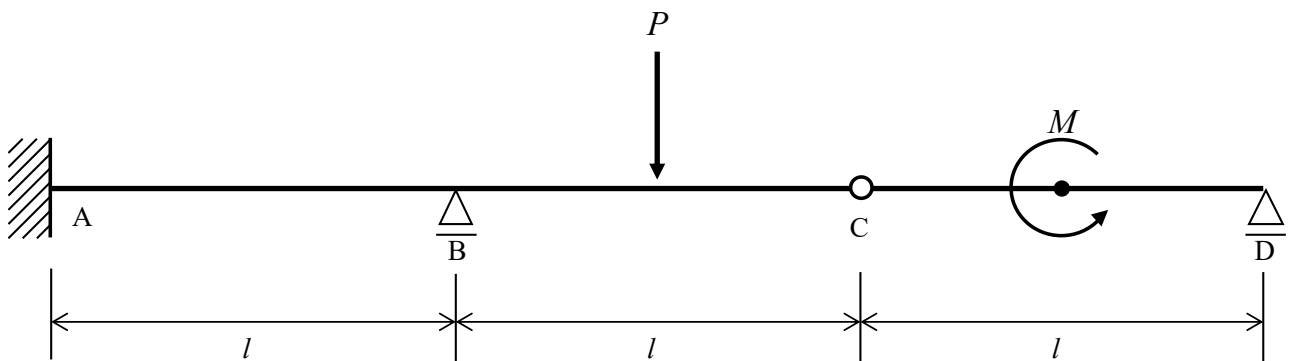


図-4 不静定梁

2024 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：2023 年 8 月 28 日（月） 11:00～12:00

[水理学]

1. 図-1 のように直線 $y=ax$ ($a>0, x\geq 0, y\geq 0$) を壁と考え, この壁から左の領域が水で満たされている貯水池を想定した以下の問に答えなさい. ただし, 奥行きを B , 水の密度を ρ , 重力加速度を g とする.
- (1) $y=ax$ の壁にかかる x 軸方向の全水圧 P_x とその作用位置 y_1 を求めなさい.
 - (2) $y=ax$ の壁にかかる y 軸方向の全水圧 P_y とその作用位置 x_1 を求めなさい.
 - (3) $y=ax$ の壁にかかる全水圧 P を求めなさい.
 - (4) 「 $y=ax$ の a が $a/2$ になった場合に, 壁 $y=(a/2)x$ に(3)と同じ全水圧が作用するためには, 水深 H を $H/2$ にする必要がある」は正しいかどうか理由とともに答えなさい.

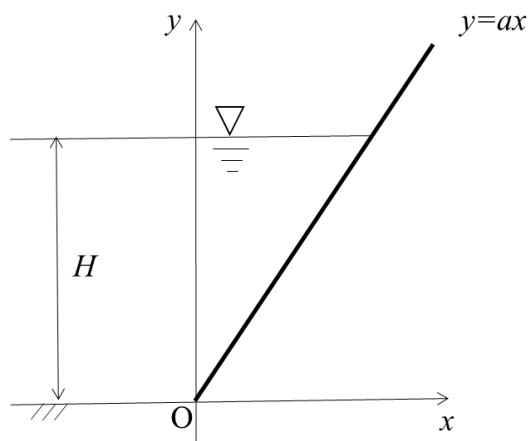


図-1 壁に囲まれた貯水池模式図

2. 図-2 に示すように、長方形断面で水路幅 $B=5\text{m}$ の水路がある。上流から流量 $Q=5\text{m}^3/\text{s}$ で、途中小規模の突起を超えて水が流れる時、以下の問に答えなさい。なお、この流れでは突起物頂点で限界水深 H_c が発生するものとし、上流断面 I、下流断面 II での水深は $H_1=1.0\text{m}$, $H_2=0.2\text{m}$ で静水圧分布に従うものとする。ただし、水の密度を $\rho=1000\text{kg/m}^3$ 、重力加速度を $g=10\text{m/s}^2$ とする。また、水路床は水平で摩擦による損失はないものとする。

- (1) 断面 I, II での流速及びフルード数を求めなさい。また、断面 I, II において流れが常流か射流か答えなさい。
- (2) 限界水深 H_c 、限界流速 V_c を求めなさい。
- (3) 水流が突起物に与える水平方向の力を求めなさい。

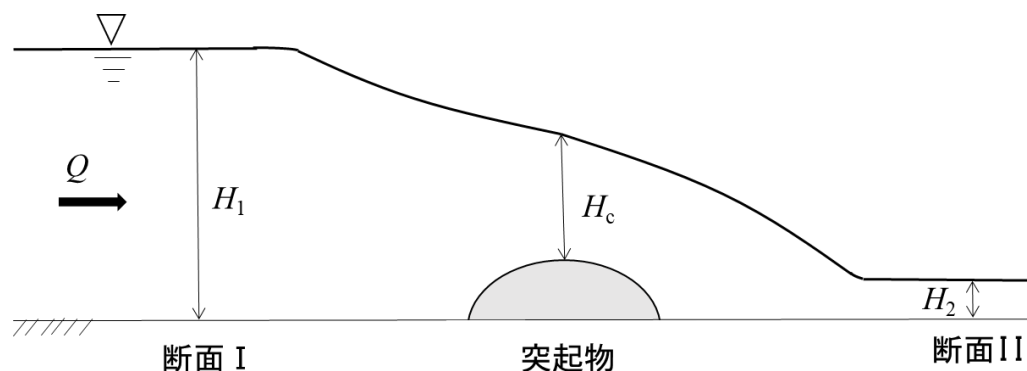


図-2 突起物周りの流れ

3. 図-3 に示すような長い平行平板間に形成される 2 次元定常クエット・ポワズイユ流れを考える．重力加速度を g ，流体密度を ρ ，動粘性係数を ν ，平板間の距離を h とする． x の正方向には圧力勾配 $\frac{dp}{dx} < 0$ が作用しており，上下の平行平板は x 方向にそれぞれ $2U$ ， $-U$ で移動している．流れは層流で， x 方向に現象は一様である．このとき，次の間に答えなさい．

- (1) x 方向の運動方程式を示しなさい．
- (2) $U = 0$ としたときの x 方向流速分布 $u(z)$ を求めなさい．
- (3) $U \neq 0$ としたときの x 方向流速分布 $u(z)$ を求めなさい．

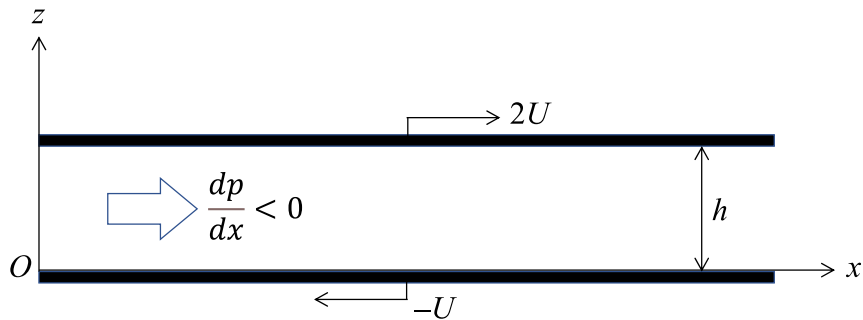


図-3 クエット・ポワズイユ流れ

4. 水平に設置された一様断面の円管内に形成される等流を考える．重力加速度を g ，管径を d ，管路長を L ，断面平均流速を u ，ダルシー・ワイスバッハの摩擦損失係数を f ，マンニングの粗度係数を n とする．このとき，次の間に答えなさい．

- (1) 等流とはどういう状態の流れであるか，説明しなさい．
- (2) 摩擦損失水頭 H_f を求めなさい．
- (3) H_f を用いてマンニングの平均流速公式で u を表しなさい．
- (4) n を用いて f を表しなさい．

2024 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：2023 年 8 月 28 日（月） 14:30～15:30

[土質力学]

1. 図-1 に示すように、A、B、C の 3 種類の土層が礫層の上に堆積している。層 A、B、C の透水係数はそれぞれ 2.0×10^{-4} cm/s, 4.0×10^{-6} cm/s, 2.0×10^{-4} cm/s である。礫層からは地下水が上方向へ流れており、C 層の下端でその水圧は 150 kPa であった。また、水面は A 層の上端から上方 1 m の位置にある。以下の問に答えなさい。ただし、水の単位体積重量 $\gamma_w = 9.81$ kN/m³ とする。
- (1) C 層から試料を採取し、含水比を測定したところ $w = 37.5\%$ が得られた。その試料のアッターベルク限界を調べたところ、塑性限界 $w_p = 13.2\%$ 、液性限界 $w_L = 40.2\%$ が得られた。試料の塑性指数および液性指数を求めなさい。
 - (2) B 層から試料を採取して試験を行い、土粒子密度 $\rho_s = 2.65$ g/cm³、間隙比 $e = 0.8$ 、含水比 $w = 40.1\%$ が得られた。この試料の湿潤密度 ρ_t (g/cm³) および乾燥密度 ρ_d (g/cm³) を求めなさい。
 - (3) A 層上端と C 層下端の水頭差 Δh (m) を求めなさい。
 - (4) A 層上面での単位面積当たりの流量 q (cm³/s) を求めなさい。
 - (5) A 層の上に盛土を行ったところ、B 層が一次元的に 20 cm 圧縮して圧密が終了した。B 層の間隙比変化 Δe を求めなさい。

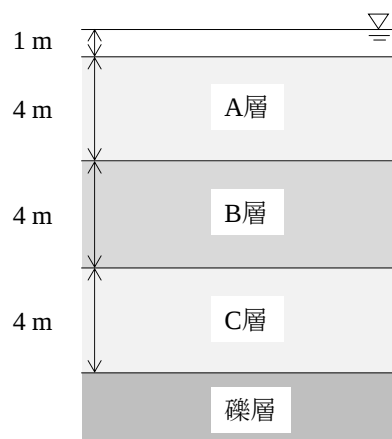


図-1 問 1 の地盤

2. 正規圧密粘土に対する軸対称三軸せん断を考える．以下の問に答えなさい．

図-2 に示す P 点（ $\sigma_a = \sigma_r = \sigma'_a = \sigma'_r = 1.0 \text{ kPa}$ ）まで等方圧密した同一の物性を有する正規圧密粘土の円柱供試体に対して，一連のせん断を行う．ここで， σ_a は軸応力， σ_r は側応力， σ'_a は有効軸応力， σ'_r は有効側応力である．なお，正規圧密粘土の破壊は，有効応力に基づく Mohr-Coulomb の破壊規準： $\tau = c' + \sigma' \tan \phi'$ に従うものとする．ここで， τ はせん断応力， σ' は有効直応力， c' と ϕ' はそれぞれ有効粘着力と有効内部摩擦角である．

- (1) 有効応力に基づく Mohr-Coulomb の破壊規準を，最大有効主応力 σ'_1 と最小有効主応力 σ'_3 で書き表しなさい．
- (2) 図中の P 点から完全排水条件のもとで，側応力一定で軸応力 σ_a を増加させ，せん断したところ，図中の A 点で破壊に達した．このとき，軸応力 $\sigma_a = 3.0 \text{ kPa}$ であった．有効内部摩擦角 ϕ' の値を求めなさい．(2)以降，有効粘着力 $c' = 0$ としてよい．
- (3) 図中の P 点から完全排水条件のもとで，軸応力一定で側応力 σ_r を増加させ，せん断したところ，図中の B 点で破壊に達した．破壊時の側応力 σ_r の値を求めなさい．
- (4) 図中の P 点から非排水条件のもとで，側応力一定で軸応力 σ_a を増加させ，せん断したところ，有効軸応力 $\sigma'_a = 1.2 \text{ kPa}$ で破壊に達した．破壊時の軸応力 σ_a ，破壊時の過剰間隙水圧 u および破壊時の有効側応力 σ'_r の値を求めなさい．
- (5) (4)の非排水せん断に伴う，図中の P 点から破壊までの有効応力経路を，縦軸に有効軸応力 σ'_a ，横軸に有効側応力 σ'_r をとって，図示しなさい．このとき，破壊線も描くこと．
- (6) 図中の P 点から，側応力一定で軸応力 σ_a を増加させて非排水せん断した場合と，軸応力一定で側応力 σ_r を減少させて非排水せん断した場合を考える．ともに，破壊に達する手前で非排水せん断を中止し，供試体への間隙水の出入りを許す排水条件に変更し，全応力を一定に保った状態で放置する．次の説明文の空欄に入る適切な語句を表-1 から選択して答えなさい．

非排水せん断を中止したとき，側応力一定で軸応力 σ_a を増加させてせん断した供試体の過剰間隙水圧は ア であり，軸応力一定で側応力 σ_r を減少させてせん断した供試体の過剰間隙水圧は イ である．

供試体への間隙水の出入りを許す排水条件に変更すると，側応力一定で軸応力 σ_a を増加させてせん断した供試体は し， に向かう．軸応力一定で側応力 σ_r を減少させてせん断した供試体は し， に向かう．

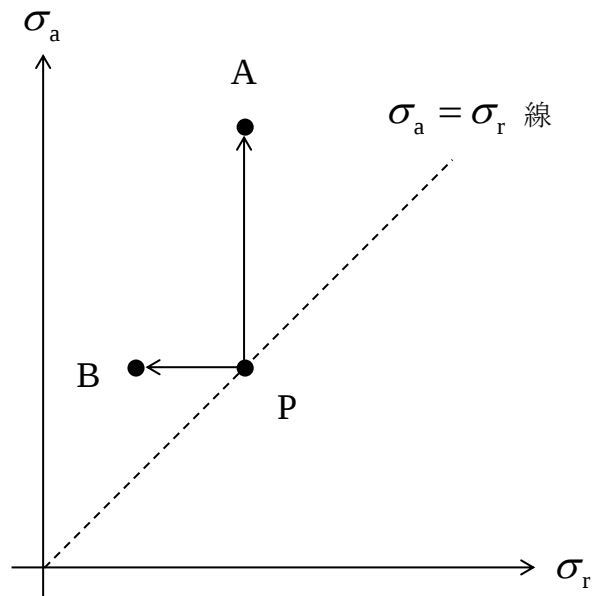


図-2 三軸試験における載荷経路図

表-1 問 2(6)の選択肢

ア	正圧	負圧
イ	正圧	負圧
ウ	吸水	排水
エ	安定	破壊
オ	吸水	排水
カ	安定	破壊

3. 次の語句をそれぞれ説明しなさい.

- (1) クイックサンド
- (2) 過圧密比
- (3) 静止土圧係数
- (4) Skempton の間隙水圧係数

[土質力学 最終ページ]

2024 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	5 枚	1, 2, 3, 4, 5

	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：2023 年 8 月 28 日（月） 16:00～17:00

[土木計画学]

1. ある都市で運用されている一本の都市高速道路の最適制御を考える．道路は，図-1 に示すように3つの区間 i ($= 1, 2, 3$)，3つの入口 j ($= 1, 2, 3$)および3つの出口 k ($= 1, 2, 3$)で構成されている．

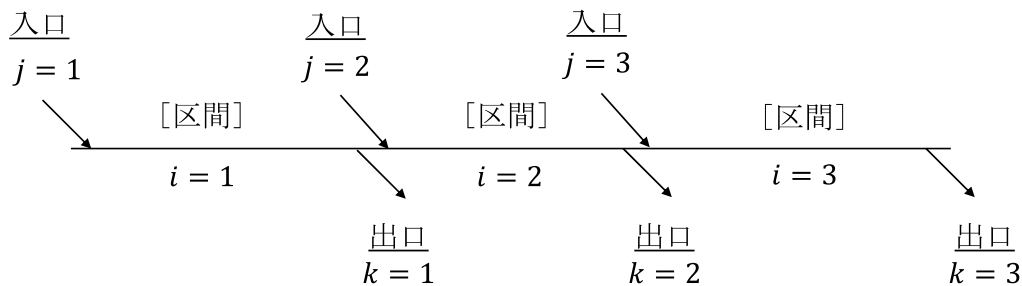


図-1 都市高速道路の出入口と区間

入口 $j(= 1, 2, 3)$ からの流入交通量のうち，出口 $k(= 1, 2, 3)$ から流出する割合 $\{p_{jk}\}$ は，以下の行列 P で表される．

$$P = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.4 \\ 0 & 0.3 & 0.7 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

例えば，入口1からの流入交通量のうち， $p_{11} = 20\%$ は出口1から， $p_{12} = 40\%$ は出口2から， $p_{13} = 40\%$ は出口3から流出する．区間 i の交通容量を b_i と表す．区間2および3の交通容量はそれぞれ $b_2 = 15000$ ， $b_3 = 20000$ である．なお，区間1は交通容量が十分大きく，容量の制約は無視できるものとする．以下の問に答えなさい．

- (1) 入口 $j(= 1, 2, 3)$ からの流入交通量のうち，各区間 $i(= 1, 2, 3)$ を通過する交通量の割合 $\{a_{ij}\}$ を求めなさい．例えば，入口 j から流入した100台の車のうち，区間 i を通過する車が80台のとき， $a_{ij} = 80/100 = 0.8$ である．
- (2) 入口 $j(= 1, 2, 3)$ からの流入交通量が x_j ($j = 1, 2, 3$)であるとき，(1)で求めた $\{a_{ij}\}$ を用いて，各区間 $i(= 1, 2, 3)$ の交通量を表しなさい．
- (3) 区間2および3において交通容量を上回らないという制約の下，総流入台数を最大にする流入制御を行いたい．この問題を線形計画問題として定式化しなさい．

- (4) (3)で定式化した問題を主問題とする双対問題を示しなさい。ただし、双対問題の変数として y_1, y_2 を用いなさい。
- (5) (3)の主問題の最適解（最大総流入台数）を求めなさい。ただし計算過程も示すこと。

2. 非線形計画問題[NP]に関する以下の問に答えなさい。

$$\begin{array}{ll} \text{Minimize} & f(x_1, x_2) = -x_1 - x_2 \\ \text{Subject to:} & \begin{cases} g_1(x_1, x_2) = x_1^2 - 4x_2 \leq 0 \\ g_2(x_1, x_2) = -x_1 \leq 0 \\ g_3(x_1, x_2) = x_2 - 1 \leq 0 \end{cases} \end{array} \quad [\text{NP}]$$

- (1) 問題[NP]のすべての制約条件を満たす x_1, x_2 の集合を図示し、その集合が凸集合であることを説明しなさい。
- (2) 問題[NP]の Karush-Kuhn-Tucker (KKT) 条件を示しなさい。
- (3) 問題[NP]の最適解(x_1^*, x_2^*)を求めなさい。ただし、計算過程も示すこと。

3. K 地域における過去 1 か月のバスの利用率（1 度でもバスを利用した居住者の割合） p を推計したい．K 地域の居住者から無作為抽出した n 人に対してバスの利用有無に関する調査を行ったところ，利用有は m 人，利用無は $n - m$ 人であった．利用有の人数を表す確率変数 M は平均 np ，分散 $np(1 - p)$ の二項分布に従い，利用率の点推定値を $\hat{p} = m/n$ で与えることとする．なお， n は十分に大きいものとする．このとき，次の間に答えなさい．ただし，適宜表-1 を参照しなさい．

- (1) $\hat{p}$ の期待値と分散を導出しなさい．また， $\hat{p}$ が従う分布とその根拠を述べなさい．
- (2) p の 90% 信頼区間を示しなさい．ただし，標本比率 $\hat{p}$ の分散に含まれる母数 p はその点推定値 $\hat{p}$ を用いて近似できるものとする．
- (3) 推定誤差 $|\hat{p} - p|$ を一定の値 ε 以下にしたい ($|\hat{p} - p| \leq \varepsilon$) ． $\varepsilon = 0.1$ とする．標本比率 $\hat{p}$ の分散に含まれる母数 p は未知であることに注意して，信頼係数を 0.90 の下で区間推定を行うにあたり最低限必要なサンプルサイズ n を整数で求めなさい．

4. A 地域の住宅地地価 Y (千円/m²) を最寄り鉄道駅までの距離 X (m) で説明する次の単回帰モデルを考える．

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$$

α ， β は回帰係数， ε は平均ゼロ，分散 σ^2 の誤差項である．21 箇所の標準的な土地から得られる観測値を用いて， α ， β を最小二乗法により推定し，それぞれの推定値 a ， b を得る．このとき，以下の間に答えなさい．ただし，適宜表-2 を参照しなさい．

- (1) 最小二乗法によるパラメータ推定の結果， $b = -0.1332$ が得られた．結果の解釈について，「最寄り鉄道駅距離」，「100m」という用語を用いて，説明しなさい．
- (2) $a = 413.8$ ， $b = -0.1332$ と推定されたとき，鉄道駅から距離が 100m であり，面積が 100m² の土地の地価に基づく評価額を推計しなさい．
- (3) $b = -0.1332$ に対して， b の標準誤差（推定値が従う標本分布の標準偏差）は 0.0272 と推定された．このとき， β に対して適切な帰無仮説と対立仮説を設定し，1%水準でその有意性を検定しなさい．
- (4) 残差二乗和は 81650，回帰モデルによって説明された変動（回帰変動）が 103150 であった．このとき，決定係数を計算しなさい．

表-1 標準正規分布表（両側確率）

α	z
0.005	2.807
0.01	2.576
0.02	2.326
0.025	2.241
0.05	1.960
0.10	1.645

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

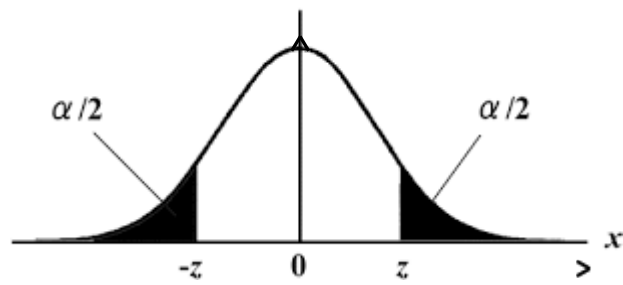


表-2 両側確率 t 分布表 ($\int_t^\infty f(x)dx = \frac{\alpha}{2}$ となる t の値) df は自由度を示す

df	α			
	0.1	0.05	0.02	0.01
1	6.314	12.710	31.820	63.660
2	2.920	4.303	6.965	9.925
3	2.353	3.182	4.541	5.841
4	2.132	2.776	3.747	4.604
5	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.708	2.060	2.485	2.787