令和７年度

筑波大学大学院
理工情報生命学術院
システム情報工学研究群
社会工学学位プログラム
サービス工学学位プログラム
博士前期課程（一般入学試験　　１－２月実施）

試験問題　$\boxed{\text{専門科目}}$

令和７年１月３０日

筑波大学大学院　理工情報生命学術院　システム情報工学研究群
博士前期課程　社会工学学位プログラム　サービス工学学位プログラム
令和７年度入学試験　学力検査問題
令和７年１月３０日実施

専門科目

(1) この冊子には下表に示す３つの出題分野の問題が含まれています．社会工学学位プログラムの受験者はその中から１つの出題分野を選択して解答しなさい．サービス工学学位プログラムの受験者は数学の問題に解答しなさい．

(2) 各答案用紙の上部に，必ず受験番号を記入しなさい．

(3) 解答の初めに，必ず出題分野と問題番号（例えば，数学 I. ）を示しなさい．問題ごとに別の答案用紙に解答しなさい．

出題分野
数学
ミクロ経済学
都市・地域計画

University of Tsukuba
Graduate School of Science and Technology
Degree Programs in Systems and Information Engineering
Policy and Planning Sciences / Service Engineering
ENTRANCE EXAMINATION
January 30, 2025

Major Subjects

(1) This package contains problems from the 3 subject areas shown in the following table. Applicants for the Master's Program in Policy and Planning Sciences should choose one subject area to answer. Applicants for the Master's Program in Service Engineering should answer the problems in Mathematics.

(2) Write your application number on the top of each answer sheet.

(3) Write the subject area and the problem number (e.g., Mathematics I.) on the top of your answer. Use a separate answer sheet for each problem.

Subject Areas
Mathematics
Microeconomics
Urban and Regional Planning

数学

問題 I と II の両方に答えよ．問題ごとに別々の答案用紙を使用せよ．
以下では，実数全体の集合を $\mathbb{R}$ とする．

I. $M(n,\mathbb{R})$ を $n\times n$ 実行列全体からなる集合，$E_3\in M(3,\mathbb{R})$ は 3×3 単位行列であるとする．$A\in M(3,\mathbb{R})$ は

$$A=\begin{pmatrix} 0 & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{pmatrix}$$

で与えられ，A の転置行列を ${}^t\!A$ で表すとする．以下の問 (1)–(6) に答えよ．

(1) $A\,{}^t\!A$ を求めよ．

(2) ${}^t\!A\,A$ を求めよ．

(3) A の逆行列 A^{-1} を求めよ．

(4) $X\in M(3,\mathbb{R})$ を

$$X=\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

とするとき，$A\,X\,{}^t\!A$ の固有値を，重複も含めてすべて求めよ．

以下の 2 つの集合を定義する．

$$O(3)=\{X\in M(3,\mathbb{R})\mid X\,{}^tX={}^tXX=E_3\},\quad G_A=\{A\,X\,{}^t\!A\mid X\in O(3)\}.$$

(5) $Y\in G_A$ であるならば $Y\in O(3)$ であることを示せ．

(6) $Y\in O(3)$ であるならば $Y\in G_A$ であることを示せ．

II. 以下の問 (1)–(2) に答えよ．

(1) 以下の問に答えよ．

関数 $f : [-1, 1] \to \mathbb{R}$ を $f(x) = \frac{1}{2}(\mathrm{Sin}^{-1}x)^2$ とする．ただし，$\mathrm{Sin}^{-1}x$ は逆正弦関数 $(\arcsin x)$ で，$(\mathrm{Sin}^{-1}x)' = 1/\sqrt{1-x^2}$ $(-1 < x < 1)$ である．

(i) $f(x)$ は次の方程式を満たすことを示せ．

$$(1-x^2)f''(x) - xf'(x) = 1.$$

(ii) 次式を満たす実数 a_0, a_1, a_2, a_3 及び a_4 を求めよ．

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + R(x).$$

ただし，$R(x) = o(x^4)$, すなわち $\lim_{x\to 0} R(x)/x^4 = 0$ である．

(iii) $f^{(2024)}(0)$ 及び $f^{(2025)}(0)$ の値を計算せよ．ただし，次式を証明なしに使ってもよい．任意の自然数 n 及び n 回微分可能な関数 f 及び g に対して

$$(f(x)g(x))^{(n)} = \sum_{k=0}^{n} {}_nC_k f^{(n-k)}(x)g^{(k)}(x).$$

ここで ${}_nC_k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$, $f^{(0)}(x) = f(x)$, $f^{(n)}(x)$ は $f(x)$ の第 n 次導関数である．

(2) $D = \{(x, y) \mid x^2 + y^2 \leq 1\}$ である．D 上の積分を変数変換 $x = r\cos\theta$, $y = r\sin\theta$ によって解くことを考える．

(a) (x, y) が D 上を動くときに r 及び θ の動く範囲を適切に与え，この変数変換におけるヤコビアンの絶対値

$$\left|\frac{\partial(x, y)}{\partial(r, \theta)}\right|$$

を計算せよ．

(b) 次式を示せ．

$$\lim_{x\to+0} x^2 \log x = 0.$$

ここで，極限は右極限である．

(c) 次式の重積分を計算せよ．

$$1) \iint_D \log(x^2 + y^2)dxdy, \qquad 2) \iint_D (2x^2 + 3y^2)dxdy.$$

Mathematics

Please answer both problems I and II. Use a separate answer sheet for each problem.
Let $\mathbb{R}$ be the set of all real numbers in what follows.

I. Let $M(n, \mathbb{R})$ be the set of all $n \times n$ real matrices and $E_3 \in M(3, \mathbb{R})$ be the 3×3 identity matrix. Suppose that $A \in M(3, \mathbb{R})$ is given by

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{pmatrix},$$

and that the transpose of A is denoted by ${}^t\!A$. Answer the following questions (1)–(6).

(1) Find $A\,{}^t\!A$.

(2) Find ${}^t\!A\,A$.

(3) Find the inverse matrix A^{-1} of A.

(4) Find all the eigenvalues of $A\,X\,{}^t\!A$, including repeated eigenvalues, where $X \in M(3, \mathbb{R})$ is given by

$$X = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Define the following two sets:

$$O(3) = \{X \in M(3, \mathbb{R}) \mid X\,{}^tX = {}^tX X = E_3\}, \quad G_A = \{A\,X\,{}^t\!A \mid X \in O(3)\}.$$

(5) Show that $Y \in O(3)$ if $Y \in G_A$.

(6) Show that $Y \in G_A$ if $Y \in O(3)$.

II. Answer the following questions (1) and (2).

(1) Answer the following questions.

Define the function $f : [-1,1] \to \mathbb{R}$ by $f(x) = \frac{1}{2}(\mathrm{Sin}^{-1}x)^2$. Here, $\mathrm{Sin}^{-1}x$ denotes the inverse sine function (or the arcsine function, $\arcsin x$), and it satisfies $(\mathrm{Sin}^{-1}x)' = 1/\sqrt{1-x^2}$ $(-1 < x < 1)$.

(i) Show that $f(x)$ satisfies the following equation.

$$(1-x^2)f''(x) - xf'(x) = 1.$$

(ii) Find the real numbers a_0, a_1, a_2, a_3 and a_4, that satisfy the following formula.

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + R(x),$$

where $R(x) = o(x^4)$, i.e., $\lim_{x\to 0} R(x)/x^4 = 0$.

(iii) Find the values of $f^{(2024)}(0)$ and $f^{(2025)}(0)$. The following fomula can be used without proof. For an arbitrary natural number n and n-times differentiable functions f and g, we have

$$(f(x)g(x))^{(n)} = \sum_{k=0}^{n} {}_nC_k f^{(n-k)}(x)g^{(k)}(x).$$

Here, ${}_nC_k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$, $f^{(0)}(x) = f(x)$ and $f^{(n)}(x)$ denotes the n-th derivative of the function $f(x)$.

(2) Define $D = \{(x,y) \mid x^2 + y^2 \leq 1\}$. Consider calculating the integral over D by changing the variables to $x = r\cos\theta$ and $y = r\sin\theta$.

(a) Find the appropriate range of r and θ when (x,y) varies over D, and calculate the following absolute value of the Jacobian.

$$\left| \frac{\partial(x,y)}{\partial(r,\theta)} \right|.$$

(b) Prove that

$$\lim_{x\to 0^+} x^2 \log x = 0,$$

where the limit is from above.

(c) Calculate the following double integrals.

$$1) \iint_D \log(x^2+y^2)\,dxdy, \qquad 2) \iint_D (2x^2+3y^2)\,dxdy.$$

ミクロ経済学

問題 I と II の両方に答えよ．問題ごとに別々の答案用紙を使用せよ．

I. 消費者 A は次の効用関数を持つ．

$$U(w) = w^{\frac{1}{2}} \tag{*}$$

ただし， w は資産とする．以下の問 (1)-(3) に答えよ．

(1) 消費者 A の初期資産は 0 円であり，確率 $\frac{2}{7}$ で 25 万円，確率 $\frac{5}{7}$ で 16 万円の資産を得る．

(1-1) 消費者 A の期待資産を答えよ．

(1-2) 消費者 A の期待効用を求めよ．

(1-3) 問 (1-2) における期待効用は，問 (1-1) の期待資産を確実に受け取るときの効用に比べて，高いか，それとも，低いか．理由を添えて答えよ．

(2) 消費者 B の効用関数が以下の関数であるとき，消費者 B は危険回避的か，危険中立的か，それとも，危険愛好者であるかを答えよ．解答の理由も述べよ．

(2-1) $U(w) = 3w$

(2-2) $U(w) = 3w^2$

(2-3) $U(w) = 3w^{\frac{1}{2}}$

(2-4) $U(w) = 100 - 2^{-w}$

(3) 消費者 C は 200 万円の現金を持ち，その一部をリスクの伴う株式に投資することを考えている．この株式の収益率は，確率 $\frac{4}{7}$ でプラス 80%，確率 $\frac{3}{7}$ でマイナス 80%である．現金は利子を生まない．消費者 C の効用関数は式 (*) であり，消費者 C は期待効用を最大化する．

(3-1) 消費者 C の最適な株式投資金額を求めよ．

(3-2) 政府は株式投資による収益（もしくは損失）に対して 50%の税金を課す（損失の場合には補填する）とする．このとき，消費者 C の最適な株式投資金額を求め，その導出過程も示せ．

(3-3) 政府は株式投資による収益に対して 12.5%の税金を課すとする．損失の場合には補填しない．このとき，消費者 C の最適な株式投資金額を求め，その導出過程も示せ．

II.　以下の各問に答えよ．

(1) 企業 1，2 が同質な財を生産する市場について考える．両企業の限界費用 c は $10000 > c > 0$ で，固定費用は存在しない．市場逆需要関数は $P = 10000 - Q$ である (ただし，Q は市場全体の生産量，P は財の価格を表す)．

(1-1) 各企業は自社の生産水準 $q_i > 0$ $(i = 1, 2)$ を同時に選択するとする (いわゆるクールノー競争)．各企業の利潤関数を示せ．

(1-2) 問 (1-1) の市場における唯一のナッシュ均衡を示せ．その際，導出過程もあわせて示すこと．

(1-3) 各企業は自社の価格水準 $p_i > 0$ $(i = 1, 2)$ を同時に選択するとする．企業が異なる価格を選択した場合は，低い価格を選択した企業が全ての需要を得る．同じ価格を選択した場合には，各企業が需要の半分を得る (いわゆるベルトラン競争)．各企業の利潤関数を示せ．

(1-4) 問 (1-3) の市場における唯一のナッシュ均衡を示せ．その際，導出過程もあわせて示すこと．

(2) ホテリングの立地ゲームについて考える．これは以下のようなゲームである．区間 $[0, 1]$ 上に消費者が一様に分布している．n 社の企業は区間 $[0, 1]$ 上の一点を同時に選択して出店する．各消費者は最も近い位置にある企業から財を 1 単位購入する．同一の地点に出店した企業は購入者を均等に分ける．各企業の利得は，市場シェアであるとする．

(2-1) $n = 2$ のとき，戦略プロファイル $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$ がナッシュ均衡になることを示せ．その上で，$\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$ 以外の戦略プロファイルはナッシュ均衡とならないことを示せ．

(2-2) $n = 3$ のとき，戦略プロファイル $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$ がナッシュ均衡にならないことを示せ．

(2-3) $n = 4$ のとき，戦略プロファイル $\left(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4}\right)$ がナッシュ均衡になることを示せ．

Microeconomics

Answer both problems I and II. Use a separate answer sheet for each problem.

I. Consumer A has the following utility function:

$$U(w) = w^{\frac{1}{2}}, \tag{*}$$

where w is his/her wealth. Answer questions (1) – (3) below.

(1) Suppose that Consumer A initially has 0 yen. Suppose also that Consumer A earns a wealth of $250,000$ yen with probability $\frac{2}{7}$ and a wealth of $160,000$ yen with probability $\frac{5}{7}$.

(1-1) What is the expected value of wealth for Consumer A?

(1-2) What is the expected utility of Consumer A?

(1-3) Is the expected utility in question (1-2) is larger or smaller than the utility he/she has when he/she receives expected value of wealth in question (1-1) with probability 1? Explain the reason for your answer.

(2) If Consumer B has the following utility function, is he/she risk averse, risk neutral, or a risk lover? Explain the reason for your answer.

(2-1) $U(w) = 3w$

(2-2) $U(w) = 3w^2$

(2-3) $U(w) = 3w^{\frac{1}{2}}$

(2-4) $U(w) = 100 - 2^{-w}$

(3) Suppose that Consumer C currently has $2,000,000$ yen of wealth and is considering investing some amount x in a risky asset in the stock market. This asset earns a return of plus 80 percent with probability $\frac{4}{7}$ and a return of minus 80 percent with probability $\frac{3}{7}$. We earn no interest on money. Consumer C has the utility function of (*), and maximizes his/her expected utility.

(3-1) What is the optimal amount for Consumer C to invest in this risky asset in the stock market?

(3-2) Suppose now that the government taxes the returns of this risky asset in the stock market (subsidies if the returns are negative) at rate of 50 percent. What is the optimal amount for Consumer C to invest in this risky asset in the stock market? Show your derivation.

(3-3) Suppose now that the government taxes the returns of this risky asset in the stock market at rate of 12.5 percent (no subsidy if the returns are negative). What is the optimal amount for Consumer C to invest in this risky asset in the stock market? Show your derivation.

II. Answer the following questions.

(1) We consider a market where firms 1 and 2 produce a homogeneous good. Both firms have a marginal cost c with $10000 > c > 0$ and no fixed costs. The market inverse demand function is given by $P = 10000 - Q$, where Q represents the total quantity produced in the market, and P denotes the price of the good.

(1-1) Suppose that each firm simultaneously chooses its own production level $q_i > 0$ ($i = 1, 2$) (the market is so-called Cournot competition). Show the profit function of each firm in this market.

(1-2) Show the unique Nash equilibrium of the market in question (1-1), including the steps to derive the equilibrium.

(1-3) Suppose that each firm simultaneously chooses the price $p_i > 0$ ($i = 1, 2$). Suppose also that the firm that chooses a lower price takes the whole market demand if firms choose different prices. In case two firms choose the same price, they share the market demand equally (the market is so-called Bertrand competition). Show the profit function of each firm in this market.

(1-4) Show the unique Nash equilibrium of the market in question (1-3), including the steps to derive the equilibrium.

(2) We consider the Hotelling's location model. This game proceeds as follows. Suppose that consumers are uniformly distributed on $[0, 1]$. Each of n firms simultaneously chooses a location in the unit interval $[0, 1]$. Then, each consumer purchases a unit of good from the nearest firm. In case several firms choose the identical point, they equally share the sales. We assume that each firm's payoff is represented by the firm's market share.

(2-1) Suppose that $n = 2$. Show that the strategy profile $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$ is a Nash equilibrium. Moreover, show that any strategy profile, except for $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$, is not a Nash equilibrium.

(2-2) Suppose that $n = 3$. Show that the strategy profile $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$ is not a Nash equilibrium.

(2-3) Suppose that $n = 4$. Show that the strategy profile $\left(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4}\right)$ is a Nash equilibrium.

都市・地域計画

問題ＩからⅢより２題選択して答えよ．問題ごとに別々の答案用紙を使用せよ．

I.　都市計画関連の法制度や用語について，以下の問(1)～(3)に答えよ．

(1)　日本の土地利用計画制度に関する以下の問(1.1)～(1.2)に答えよ．

(1.1)　図１は，日本の国土面積における土地利用計画制度の指定面積内訳を示している．(a)～(f)に，以下の用語リスト(A)から対応するものを選択せよ．
（解答例：(a)○○○，(b)△△△・・・）

用語リスト(A)

市街化区域，線引き区域，用途地域，非線引き区域，市街化調整区域，都市計画区域

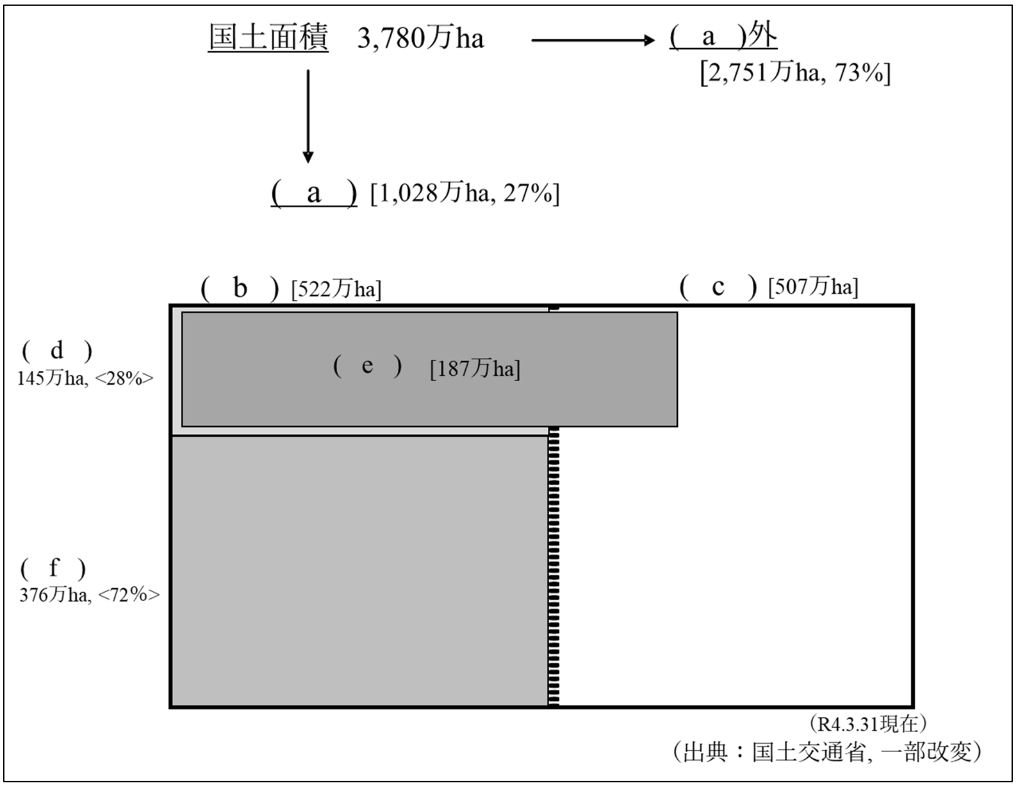


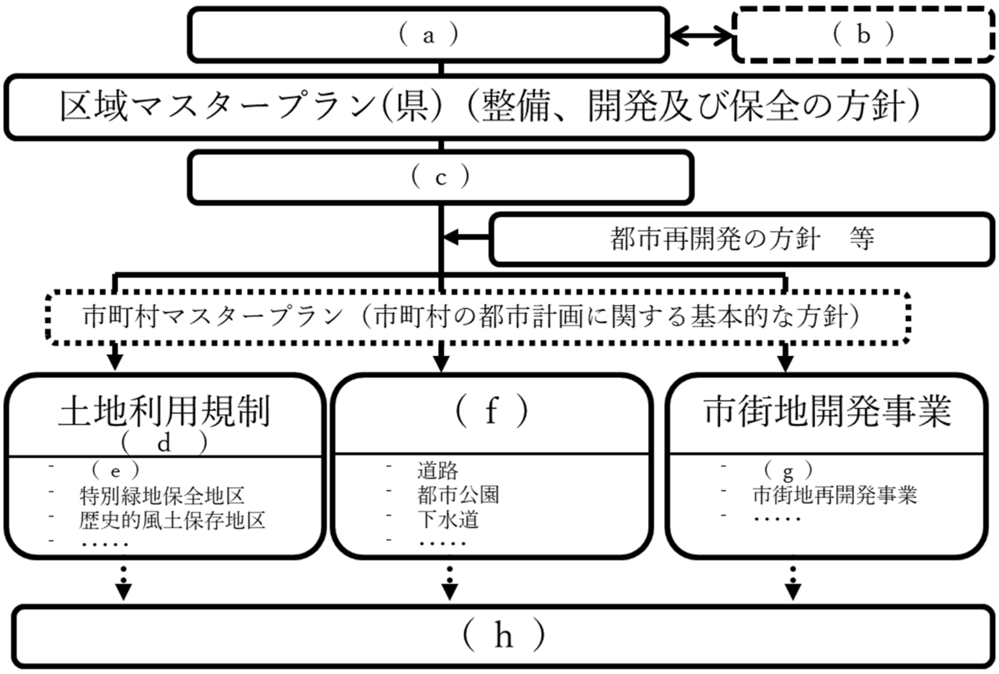
図１

(1.2)　図１を参照しながら，日本における土地利用計画制度の区域区分指定に関する課題をひとつとりあげ，10～15 行で説明せよ．

(2) 図２は，日本の都市計画制度の体系を示している．(a)〜(h)に，以下の用語リスト(B)から対応するものを選択せよ．（解答例：(a)○○○，(b)△△△・・・）

用語リスト(B)

都市施設，農業振興地域，近隣住区，地区計画，小さな拠点，都市計画区域，帰還困難区域，区域区分，地域地区，建築協定，用途地域，自然環境保全地域，洪水浸水想定区域，土地区画整理事業，準都市計画区域，居住誘導区域，土地改良事業



（出典：国土交通省 一部改変）

図２

(3) 以下は，近年、日本の都市計画･まちづくりの分野で注目されているトピックである．それぞれについて，１）用語の概要，２）近年注目されるに至った社会的背景，３）都市・地域計画上の意義，を簡潔に述べなさい．

（ア）都市公園法における「公募設置管理制度（Park-PFI）」
（イ）タクティカル・アーバニズム
（ウ）文化的景観
（エ）15 分都市

II. 交通渋滞問題に関する以下の問(1)～(2)に答えよ．

(1) 次の道路交通政策について論ぜよ．

(1.1) 道路建設等の交通容量拡大策は，長期的にみると必ずしも渋滞の緩和につながらないことがある．その理由を説明せよ．

(1.2) 渋滞を緩和する施策のうち，Transportation Demand Management（TDM）の例を 1 つ挙げ説明するとともに，その施策の課題についても指摘せよ．

(2) 交通容量が 1500 [台/時] のボトルネックが存在する分合流のない 1 車線道路を考える．いま，このボトルネックに道路上流から次のような交通流率で一様に車両が到着したとする．

時刻 $t < 0$： 1000 [台/時間]

時刻 $0 \leq t \leq 3$： 2000 [台/時間]

時刻 $3 < t$： 1000 [台/時間]

＊ 時刻の単位は時間（hour）

この問題設定の下，以降の問(2.1)～(2.3)に答えよ．ただし，渋滞中は First-In-First-Out が成り立つとし，渋滞列（待ち行列）の物理的な長さは無視して考えること．

(2.1) 以下のそれぞれの時刻を求めよ．

・渋滞開始時刻 T_0

・待ち行列台数が最大となる時刻 T_1

・渋滞解消時刻 T_2

(2.2) 渋滞による遅れ時間の推移を，横軸を車両のボトルネック到着時刻，縦軸を遅れ時間としたグラフとして描け．

(2.3) 全車両の総遅れ時間を求めよ．

III. 世界中で観光産業が経済発展の重要な要素と認識されている．しかしながら近年，特定の地域や都市において急激に観光客数が増加する現象が様々な問題を引き起こしている．以下の問(1)～(3)に答えよ．

(1) 以下の用語の定義もしくは概念について述べなさい．

(1.1) オーバーツーリズム（Overtourism）

(1.2) 正の外部性と負の外部性

(2) オーバーツーリズムが地域経済にもたらす短期的･長期的な影響について，その正負両面の外部性をふまえて述べよ．

(3) オーバーツーリズムの影響を緩和し，持続可能な観光を実現するための方法に関する以下の問(3.1)～(3.2)に答えよ．

(3.1) 負の外部性を内部化するための税の名称を答えよ．この税は，どのようなメカニズムでオーバーツーリズムの影響を緩和するか説明せよ．

(3.2) 補助金を導入することで観光客を分散させる方法を考える．どのような補助金の使い方があるか．その内容と時間的・空間的な分散効果について説明せよ．

Urban and Regional Planning

<u>Choose two problems from the following problems I-III</u> to answer. Use a separate answer sheet for each problem.

I. Answer the following questions (1) – (3) regarding the legal system and terminology related to urban planning.

(1) Answer the following questions (1.1) – (1.2) regarding the land use planning system in Japan.

(1.1) Figure 1 shows the area breakdown of Japan's national land area by land use planning designation. Select the corresponding terms for (a) to (f) from List (A) below.
(Sample answer: (a) xxx, (b) yyy, …)

List (A)

Urbanization Promotion Area, Divided Area, Land Use Zone, Non-divided Area, Urbanization Control Area, City Planning Area

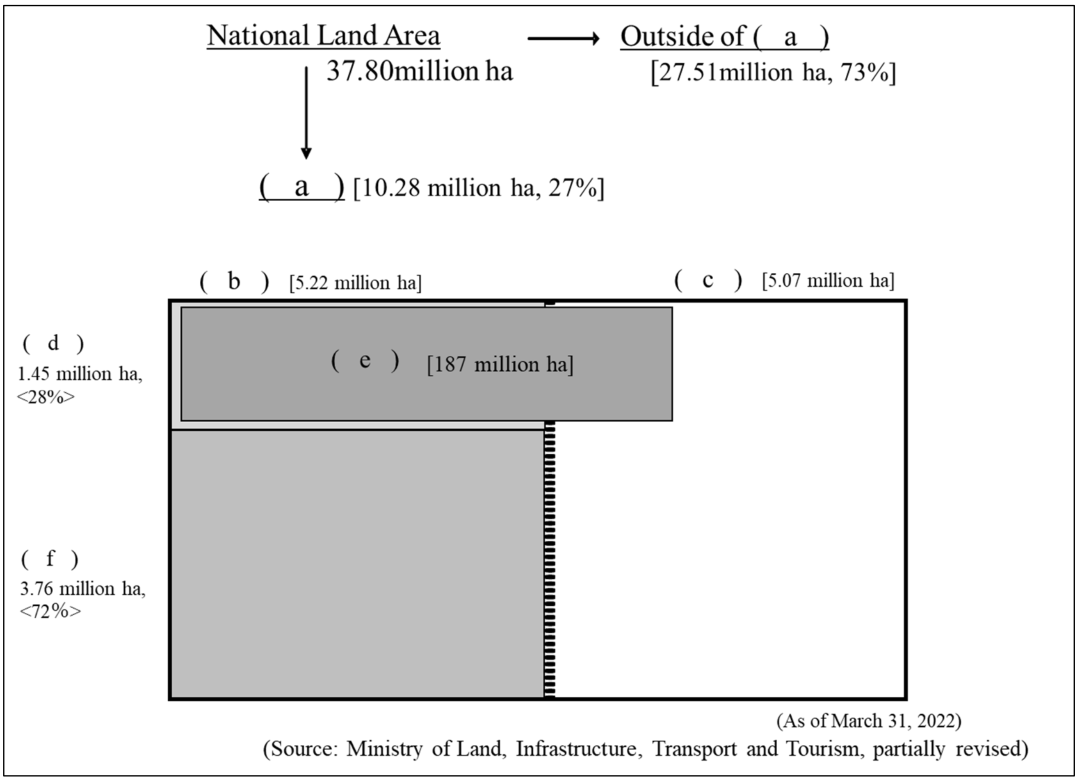


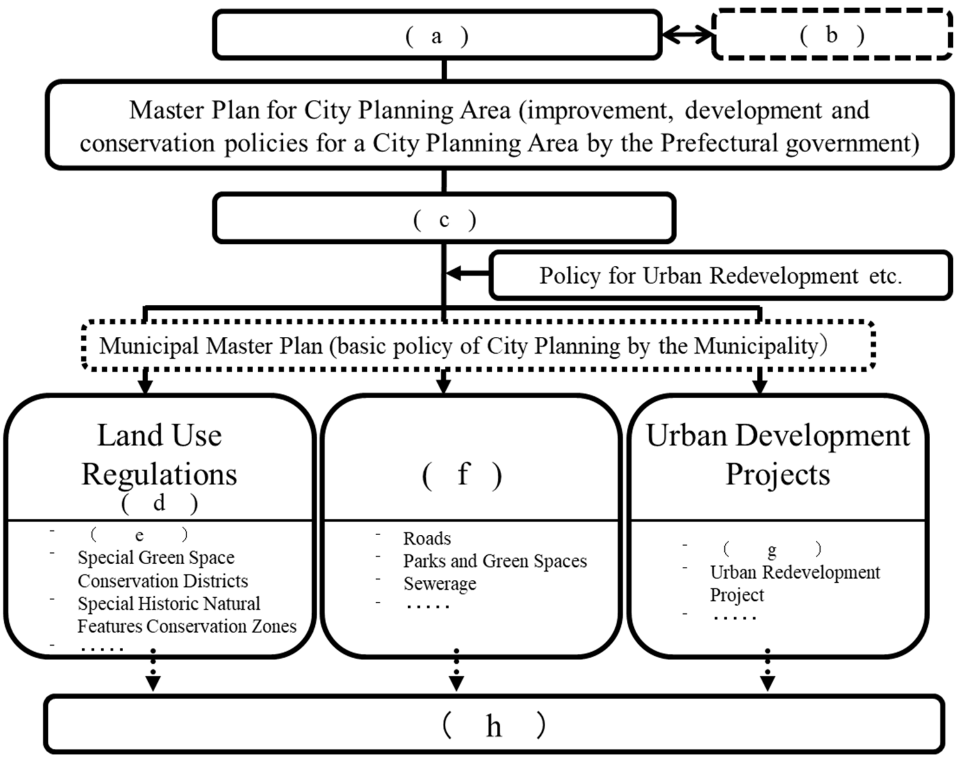
Figure 1.

(1.2) Referring to Figure 1, select one specific issue related to designated areas for land use planning in Japan and explain it in 10-15 lines.

(2) Figure 2 shows the structure of the city planning system in Japan. Select the corresponding terms for (a) to (h) from the List (B) below. (Sample answer: (a) xxx, (b) yyy, …)

List (B)

Urban Facility, Agricultural Promotion Area, Neighborhood Unit, District Plan, Small Hub, City Planning Area, Difficult-to-return Zone, Area Division, Nature Conservation Area, Building Agreement, Land Use Zone, Land Improvement Project, Residential Induction Area, Land Readjustment Project, Quasi-City Planning Area, Flood Prone Area, Zones and District



(Source: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, partially revised)

Figure 2.

(3) The followings are recent topics that have attracted attention in the field of urban planning in Japan. For each, give 1) an outline of the term, 2) the social background that has led to its recent attention, and 3) its significance in urban and regional planning, briefly.

a) Park-PFI (Private Finance Initiative)

b) Tactical Urbanism

c) Cultural Landscape

d) 15-minute city

II. Answer the following questions (1) – (2) regarding traffic congestion problems.

(1) Discuss the following road transportation policies.

(1.1) Expanding road capacities, such as building new roads, may not necessarily alleviate traffic congestion in the long term. Explain its reasons.

(1.2) Give one example of Transportation Demand Management (TDM) among the measures to alleviate traffic congestion. Explain the example and point out its challenges.

(2) Consider a single-lane road with no diverge/merge points but a bottleneck with a traffic capacity of 1500 [veh/h]. Suppose that vehicles uniformly arrive at this bottleneck from its upstream with the following traffic flow rates:

time $t < 0$: 1000 [veh/h]

time $0 \leq t \leq 3$: 2000 [veh/h]

time $3 < t$: 1000 [veh/h]

＊ unit of time: hour

Under this setting, answer the following questions (2.1) – (2.3). Note that First-In-First-Out is assumed to hold during traffic congestion, and the physical length of the traffic congestion (queue) should be ignored.

(2.1) Find the time when the traffic congestion starts (T_0), the time when the maximum number of queueing vehicles is reached (T_1), and the time when the traffic congestion dissipates (T_2).

(2.2) Draw a graph of the time delay change due to traffic congestion with the vehicle bottleneck arrival time on the horizontal axis and the time delay on the vertical axis.

(2.3) Calculate the total time delay of all vehicles.

III. Throughout the world, the tourism industry is recognized as an important element of economic development. However, in recent years, the rapid increase in the number of tourists in certain regions and cities has been causing various problems. Answer the following questions (1) – (3).

(1) Define or describe the concept of the following terms.

(1.1) Overtourism

(1.2) Positive externality and negative externality

(2) Describe the short-term and long-term impacts that Overtourism has on the regional economy, taking into account both its positive and negative externalities.

(3) Answer the following questions (3.1) – (3.2) regarding way to mitigate the impact of Overtourism and achieve sustainable tourism.

(3.1) State the name of the tax to internalize negative externalities. Then, explain how this tax mitigates the effects of Overtourism through its mechanism.

(3.2) Consider a method to disperse tourists by introducing subsidies. What is a possible way to use such subsidies? Describe the content and the effects on temporal and spatial dispersion.