令和７年度

筑波大学大学院
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　　８月期）

試験問題　$\boxed{\text{専門科目}}$

令和６年８月２２日

筑波大学大学院　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
令和７年度入学試験　学力検査問題
令和６年８月２２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
August 22, 2024

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. 3×3 実行列全体からなる集合を $M(3, \mathbb{R})$ とする．3×3 実行列

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 0 & -1 \\ 0 & 2 & 0 \\ -1 & 0 & 3 \end{pmatrix}$$

について，以下の集合 $C(A)$ を定義する．

$$C(A) = \{X \in M(3, \mathbb{R}) \mid AX = XA\}.$$

以下の問 (1)–(8) に答えよ．

(1) 行列 A の固有値を，重複も含めてすべて求めよ．

(2) 行列 A は直交行列 $P \in M(3, \mathbb{R})$ と対角行列 $D \in M(3, \mathbb{R})$ を用いて，$P^{-1}AP = D$ と対角化することができる．そのような P と D の組を 1 つ求めよ．

(3) 上記の問 (2) で求めた直交行列 P を用いて，$B = P \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} P^{-1}$ とする．$B \in C(A)$ であることを示せ．

上記の問 (2) で求めた直交行列 P と対角行列 D について，以下のように集合 $C(D)$ と $C(D)$ 上の関数 F を定義する（これにより $F : C(A) \to C(D)$ を得る）．

$$C(D) = \{X \in M(3, \mathbb{R}) \mid DX = XD\}, \quad F(X) = P^{-1}XP.$$

(4) 関数 $F : C(A) \to C(D)$ は全射であること，すなわち，任意の $Y \in C(D)$ に対して，ある $X \in C(A)$ が存在して，$F(X) = Y$ が成り立つことを示せ．

(5) 関数 $F : C(A) \to C(D)$ は単射であること，すなわち，任意の $X_1, X_2 \in C(A)$ に対して，$F(X_1) = F(X_2)$ であるならば，$X_1 = X_2$ が成り立つことを示せ．

(6) 関数 $F : C(A) \to C(D)$ は線形であること，すなわち，任意の $X_1, X_2 \in C(A)$，$\alpha \in \mathbb{R}$ に対して，$F(X_1 + X_2) = F(X_1) + F(X_2)$, $F(\alpha X_1) = \alpha F(X_1)$ が成り立つことを示せ．

(7)

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} \end{pmatrix}$$

とする．X が $C(D)$ の要素であることの条件を，X の要素 x_{ij} $(i, j = 1, 2, 3)$ の方程式系として表せ．

(8) 上記の問 (4)–(7) の結果から，$M(3, \mathbb{R})$ の 2 つの部分空間 $C(D)$ と $C(A)$ の次元に関してわかることを述べよ．

II. 以下の問 (1)–(2) に答えよ.

(1) 以下の問に答えよ.

(a) 関数 $f : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ を $f(x) = \sin x$ とする. 次式を満たす実数 a_0, a_1, a_2, a_3 を求めよ.

$$\lim_{x \to 0} \frac{f(x) - a_0 - a_1 x - a_2 x^2}{x^3} = a_3.$$

(b) 関数 $g : [-1, \infty) \to \mathbb{R}$ を $g(x) = \sqrt{1+x}$ とする. 次式を満たす実数 b_0, b_1, b_2, b_3 を求めよ.

$$\lim_{x \to 0} \frac{g(x) - b_0 - b_1 x - b_2 x^2}{x^3} = b_3.$$

(c) 関数 $h : \mathbb{R}^2 \to \mathbb{R}$ は次のように定義する.

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{2xy}{x^2+2y^2}, & (x, y) \neq (0, 0), \\ 0, & (x, y) = (0, 0). \end{cases}$$

任意の $x, y \in \mathbb{R}$ に対する偏微分 $h_x(x, y)$ を計算せよ.

(2) ガンマ関数及びベータ関数は以下の通り定義する.

$$\Gamma(a) = \int_0^\infty e^{-x} x^{a-1} dx, \quad a > 0,$$
$$B(a, b) = \int_0^1 x^{a-1} (1-x)^{b-1} dx, \quad a, b > 0.$$

以下の問に答えよ.

(a) 次式を証明せよ.

$$B(a+1, b) = \frac{a}{b} B(a, b+1).$$

(b) 次式を証明せよ.

$$B(a, b+1) = B(a, b) - B(a+1, b).$$

(c) 次式が成立するため, 証明なしで使ってよいとする.

$$\begin{aligned} \Gamma(a)\Gamma(b) &= \int_0^\infty e^{-x} x^{a-1} dx \int_0^\infty e^{-y} y^{b-1} dx \\ &= \iint_D e^{-x-y} x^{a-1} y^{b-1} dx dy, \qquad a, b > 0. \end{aligned}$$

ただし, $D = \{(x, y) \mid x \geq 0, y \geq 0\}$ である.
この式の右辺にある重積分において, 変数変換 $x = uv$, $y = u(1-v)$ を施す.
i) このとき, (x, y) が D の内部, つまり, $x > 0, y > 0$ を動くときに u, v の動く範囲を与えるとともに次のヤコビアンの絶対値を計算せよ.

$$\left| \frac{\partial(x, y)}{\partial(u, v)} \right|.$$

ii) 次式を証明せよ．

$$\iint_D e^{-x-y} x^{a-1} y^{b-1} dxdy = \Gamma(a+b)B(a,b).$$

iii) 次式を証明せよ．

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 1.$$

ただし，$B(1/2, 1/2) = \pi$ を証明なしで使ってもよい．

Mathematics

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 $M(3, \mathbb{R})$ be the set of all 3×3 real matrices. Let A be the 3×3 real matrix

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 0 & -1 \\ 0 & 2 & 0 \\ -1 & 0 & 3 \end{pmatrix}$$

and define the set $C(A)$ as follows:

$$C(A) = \{X \in M(3, \mathbb{R}) \mid AX = XA\}.$$

Answer the following questions (1)-(8).

(1) Find all eigenvalues of the matrix A, including their multiplicities.

(2) Find a pair of an orthogonal matrix $P \in M(3, \mathbb{R})$ and a diagonal matrix $D \in M(3, \mathbb{R})$ for which A is diagonalized, that is, $P^{-1}AP = D$ holds.

(3) Using the orthogonal matrix P obtained in question (2) above, define $B = P \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} P^{-1}$.

Show that $B \in C(A)$.

For the orthogonal matrix P and the diagonal matrix D obtained in question (2) above, define the set $C(D)$ and the function F over $C(D)$ as follows (which gives $F : C(A) \to C(D)$):

$$C(D) = \{X \in M(3, \mathbb{R}) \mid DX = XD\}, \quad F(X) = P^{-1}XP.$$

(4) Show that the function $F : C(A) \to C(D)$ is surjective, that is, for any $Y \in C(D)$, there exists an $X \in C(A)$ such that $F(X) = Y$ holds.

(5) Show that the function $F : C(A) \to C(D)$ is injective, that is, for any $X_1, X_2 \in C(A)$, if $F(X_1) = F(X_2)$ holds then $X_1 = X_2$ holds.

(6) Show that the function $F : C(A) \to C(D)$ is linear, that is, for any $X_1, X_2 \in C(A)$ and $\alpha \in \mathbb{R}$, $F(X_1 + X_2) = F(X_1) + F(X_2)$ and $F(\alpha X_1) = \alpha F(X_1)$ hold.

(7) Let

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} \end{pmatrix}.$$

Represent the condition of X to be an element of $C(D)$ as a system of equations of the elements x_{ij} $(i, j = 1, 2, 3)$ in X.

(8) From the results of questions (4)-(7) above, state what can be known about the dimensions of the two subspaces $C(D)$ and $C(A)$ of $M(3, \mathbb{R})$.

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

(1) (a) Define a function $f : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$, $f(x) = \sin x$. Find the real numbers a_0, a_1, a_2, a_3 that satisfy the following formula.

$$\lim_{x \to 0} \frac{f(x) - a_0 - a_1 x - a_2 x^2}{x^3} = a_3.$$

(b) Define a function $g : [-1, \infty) \to \mathbb{R}$, $g(x) = \sqrt{1 + x}$. Find the real numbers b_0, b_1, b_2, b_3 that satisfy the following formula.

$$\lim_{x \to 0} \frac{g(x) - b_0 - b_1 x - b_2 x^2}{x^3} = b_3.$$

(c) Define a function $h : \mathbb{R}^2 \to \mathbb{R}$ as follows.

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{2xy}{x^2 + 2y^2}, & (x, y) \neq (0, 0), \\ 0, & (x, y) = (0, 0). \end{cases}$$

Find the partial derivative $h_x(x, y)$ for arbitrary $x, y \in \mathbb{R}$.

(2) Define the Gamma function and the Beta function as follows.

$$\Gamma(a) = \int_0^\infty e^{-x} x^{a-1} dx, \quad a > 0,$$
$$B(a, b) = \int_0^1 x^{a-1} (1 - x)^{b-1} dx, \quad a, b > 0.$$

Anwer the following questions.

(a) Prove the following formula.

$$B(a + 1, b) = \frac{a}{b} B(a, b + 1).$$

(b) Prove the following formula.

$$B(a, b + 1) = B(a, b) - B(a + 1, b).$$

(c) The following formula is established and it can be used without proof.

$$\Gamma(a)\Gamma(b) = \int_0^\infty e^{-x} x^{a-1} dx \int_0^\infty e^{-y} y^{b-1} dx$$
$$= \iint_D e^{-x-y} x^{a-1} y^{b-1} dx dy, \qquad a, b > 0.$$

Here, $D = \{(x, y) \mid x \geq 0, y \geq 0\}$. In the multiple integral of the right hand side of this formula, change the variables as $x = uv$ and $y = u(1 - v)$.

i) Find the range of u, v when (x, y) varies within the interior of D, i.e., $x > 0$ and $y > 0$, and calculate the following absolute value of the Jacobian.

$$\left| \frac{\partial(x, y)}{\partial(u, v)} \right|.$$

ii) Prove the following formula.

$$\iint_D e^{-x-y} x^{a-1} y^{b-1} dx dy = \Gamma(a+b) B(a, b).$$

iii) Prove the following formula.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 1.$$

$B(1/2, 1/2) = \pi$ can be used without proof.

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. 経済には 2 人の消費者 A,B が存在し，2 種類の財 $1, 2$ がある．各消費者は価格を所与とし，自らが最も好むような財 $1, 2$ の消費量を可能な限り選択すると仮定する．消費者 i の財 j の消費量を $x_{ij} \geqq 0$ $(i \in \{A, B\}, j \in \{1, 2\})$ で表す．消費者 $i \in \{A, B\}$ は次のような効用関数を持つ:

$$U_A(x_{A1}, x_{A2}) = \min\{4x_{A1}, 2x_{A2}\},\ U_B(x_{B1}, x_{B2}) = x_{B1}^2 x_{B2}^4.$$

また，消費者 i の財 j の初期保有量を $w_{ij} \geqq 0$ $(i \in \{A, B\}, j \in \{1, 2\})$ と表す．消費者 $i \in \{A, B\}$ の初期保有量ベクトル $\mathbf{w}_i = (w_{i1}, w_{i2})$ は

$$\mathbf{w}_A = (90, 20), \mathbf{w}_B = (30, 160)$$

である. 市場における財の価格を $p_j \geqq 0$ $(j \in \{1, 2\})$ とする. 以下の問 (1)-(7) に答えよ.

(1) 消費者 $i \in \{A, B\}$ の財 $j \in \{1, 2\}$ に対する需要関数を求めよ.

(2) この経済全体での財 $j \in \{1, 2\}$ の超過需要関数を求めよ.

(3) 競争均衡における財 1 と財 2 の価格比 $\frac{p_1}{p_2}$ を求めよ.

(4) 競争均衡配分を求めよ.

(5) 問 (3) および (4) の競争均衡において，どのような取引が行われているか．その取引の内容と理由を説明せよ．理由を述べる際には，消費者らの選好の特徴 (例えば，財１の財 2 に対する限界代替率など) に触れながら説明せよ.

(6) 消費者 A の効用関数が，これまでの関数ではなく，$U_A(x_{A1}, x_{A2}) = x_{A1}^{\alpha} x_{A2}^{1-\alpha}$，$0 < \alpha < 1$ と仮定し, それ以外の仮定および設定は同じとする．この経済における競争均衡配分が，問 (4) の競争均衡の配分と同じ配分となるような α の値を求めよ.

(7) 問 (6) の経済において，パレート効率的配分における消費者 A の消費量はどのような条件を満たすか．その条件を式で表せ.

II. 企業 1，2，3 の 3 社のみが生産活動を行う財市場について考える．各企業の限界費用は $c > 0$ で，固定費用は存在しないとする．各企業は自社の生産水準 $q_i > 0$ $(i = 1, 2, 3)$ を同時に選択するとする．市場逆需要関数は $P = 1500 - Q$ であるとする．ただし，P と Q はそれぞれ財の価格および市場全体の生産量を表す.

(1) このようなゲームは何と呼ばれるか．次の (A) - (D) から選べ.

(A). クールノー競争	(B). シュタッケルベルグ競争
(C). ベルトラン競争	(D). 独占的競争

(2) 各企業の利潤関数を示せ.

(3) 各企業の最適反応関数を示せ.

(4) 任意のナッシュ均衡において，どの 2 つの企業も異なる生産水準を選択することはないことを示せ.

(5) ナッシュ均衡で実現する市場全体の生産量を全て求めよ．また，その生産量のもとで成立する価格を求めよ.

(6) 生産水準選択のタイミングが次のように変更されたとする．まず企業 1 が生産水準を選択し，その後企業 2，3 が生産水準を同時に選択する (企業 2，3 は企業 1 の生産水準を観察した上で自社の生産水準を選択する)．このゲームにおける部分ゲーム完全均衡を求めよ.

(7) 生産水準選択のタイミングが次のように変更されたとする．まず企業 1，2 が同時に生産水準を選択し，その後企業 3 が生産水準を選択する (企業 3 は企業 1，2 の生産水準を観察した上で自社の生産水準を選択する)．このゲームにおける部分ゲーム完全均衡を求めよ.

(8) この市場が企業 1 のみが生産活動を行う独占市場であった場合に，独占均衡における価格と生産水準を求めよ． また，問 (5) の答えと比較して，独占と寡占の差異を論ぜよ.

Microeconomics

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

I. There exist consumers A and B, and goods 1 and 2 in an economy. We assume that each consumer takes prices of goods as given and attempts to choose the most preferred bundle of goods that he or she can afford. We denote the amount of good j that consumer i consumes by $x_{ij} \geqq 0$ ($i \in \{A, B\}, j \in \{1, 2\}$). Consumer $i \in \{A, B\}$ has the following utility function:

$$U_A(x_{A1}, x_{A2}) = \min\{4x_{A1}, 2x_{A2}\} \text{ and } U_B(x_{B1}, x_{B2}) = x_{B1}^2 x_{B2}^4.$$

Let $w_{ij} \geqq 0$ ($i \in \{A, B\}, j \in \{1, 2\}$) be the initial endowment of good j for consumer i. Consumer i's initial endowment vector $\mathbf{w}_i = (w_{i1}, w_{i2})$ for $i \in \{A, B\}$ is

$$\mathbf{w}_A = (90, 20) \text{ and } \mathbf{w}_B = (30, 160).$$

A market price for good is denoted by $p_j \geqq 0$ ($j \in \{1, 2\}$). Answer questions (1) - (7) as below.

(1) What is consumer i's ($i \in \{A, B\}$) demand function for good $j \in \{1, 2\}$?

(2) What is the excess demand function for good $j \in \{1, 2\}$ in this economy as a whole?

(3) What is the price ratio between good 1 and good 2, that is, $\frac{p_1}{p_2}$, in the competitive equilibrium?

(4) Compute the competitive equilibrium allocation(s).

(5) Explain the trade consumers A and B have made and its reason in the competitive equilibrium as in questions (3) and (4). In your answer for the reason, discuss it from the view of characteristics of the consumers' preference, e.g., the marginal rate of substitution of good 1 for good 2.

(6) Now assume that consumer A has the utility function $U_A(x_{A1}, x_{A2}) = x_{A1}^{\alpha} x_{A2}^{1-\alpha}$, $0 < \alpha < 1$, instead of the utility function aforementioned, but all other assumptions and settings are the same. What is the value of α when the competitive equilibrium allocation(s) in this economy is/are the same allocation(s) as the one(s) in question (4)?

(7) In the economy as in question (6), what condition(s) should the amounts of consumer A's consumption satisfy in Pareto efficient allocation(s)? Answer equation(s) for the condition(s).

II. We consider a commodity market where only three firms, denoted as 1, 2, and 3, engage in production activities. Let the marginal cost for each firm be $c > 0$, and assume there are no fixed costs. Suppose that each firm simultaneously chooses its production level $q_i > 0$ $(i = 1, 2, 3)$. Suppose also that the inverse market demand function is given as $P = 1500 - Q$, where P and Q respectively denote the price of the good and the total production level of the market.

(1) What is this type of game called? Choose from (A) - (D) below.

(A). Cournot competition	(B). Stackelberg competition
(C). Bertrand competition	(D). Monopolistic competition

(2) Show the profit function of each firm.

(3) Show the best response function of each firm.

(4) Show that there exists no Nash equilibrium under which some firms choose different production levels.

(5) Show all the market production levels under Nash equilibria. Moreover, show the market prices under those production levels.

(6) Assume that the timing of choosing the production levels is modified as follows. Firm 1 first chooses the level alone, then firms 2 and 3 choose their levels simultaneously (Before firms 2 and 3 choose their production levels, they observe the production level of firm 1). Find the subgame perfect equilibrium in this modified game.

(7) Assume that the timing of choosing the production levels is modified as follows. Firms 1 and 2 first choose their levels simultaneously, then firm 3 chooses the level alone (Before firm 3 chooses the production level, it observes the production levels of firms 1 and 2). Find the subgame perfect equilibrium in this modified game.

(8) Assume that this market was a monopolized market where only firm 1 engaged in production activities. Find the equilibrium price and production level in the monopoly equilibrium. Moreover, compare them with your answer to question (5) and discuss the differences between monopoly and oligopoly.

都市・地域計画

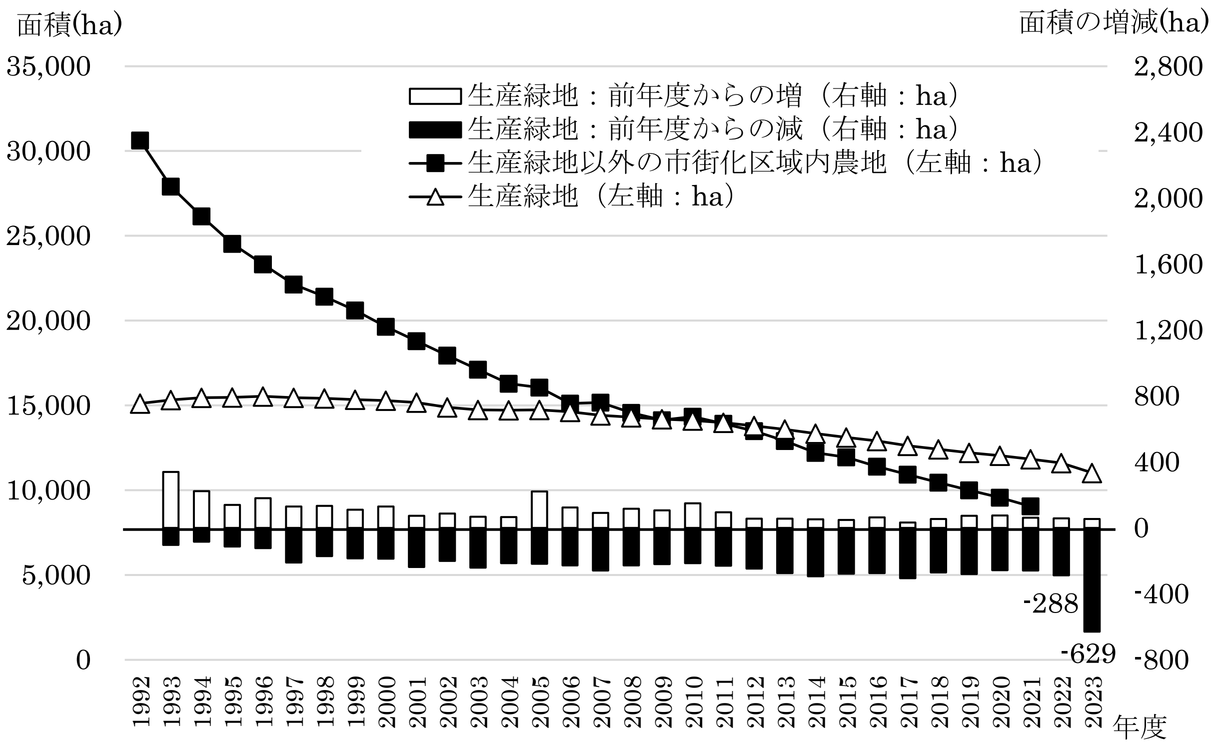
<u>問題ⅠからⅢより２題選択して</u>答えよ．問題ごとに別々の答案用紙を使用せよ．

I. 日本では，特に大都市縁辺部の市街化区域内において，農地と宅地とが無秩序に混在する，いわゆる「農住混在市街地」が多く見られる．これに関して，以下の問(1)－(4)に答えなさい．

(1) 市街化区域内に多くの農地が存在する理由を，区域区分制度導入の経緯と関連づけて説明しなさい．

(2) 「農住混在市街地」の問題点を，居住者側，農家側，自治体側の３つの側面から説明しなさい．

(3) 以下の図は，三大都市圏の特定市における生産緑地地区とそれ以外の市街化区域内農地の面積の年次推移を示したものである．この図について，以下の設問に答えなさい．



図：三大都市圏の特定市における生産緑地地区等の面積の推移

（国土交通省のデータを加工）

(3-1) 図の折れ線グラフを見ると,「生産緑地」と「生産緑地以外の市街化区域内農地」は，年々減少していることが読み取れる．しかし，減少速度は両者で大きく異なる．この理由について，考えられることを説明しなさい.

(3-2) 図の「生産緑地 : 前年度からの減」を見ると，2023 年に 629ha 減と，前年（288ha 減）に比べて大きな減少となっていることが読み取れる．この理由について，考えられることを説明しなさい.

(4) 近年，都市内の農地を緑地として積極的に保全していこうとする政策・制度上の動きがある．このような動きの背景について考えられる理由を説明しなさい.

II. 交通需要予測等に用いられる離散選択モデルに関する以下の問(1)－(5)に答えなさい.

(1) 4 段階推定法の各段階を離散選択モデルで表現する場合，どのような選択行動をモデル化すべきか．段階ごとに選択行動を記述せよ.

(2) 離散選択モデルを用いた交通分析は，交通行動に関してどのような仮定をおいて分析を行うものか，簡潔に説明しなさい.

以降では，多項ロジットモデルを考える．多項ロジットモデルでは，選択肢 i の選択確率 P_i は，以下のように与えられる.

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j=1}^{n} \exp(V_j)} \qquad (\exp(x) = e^x).$$

ただし，V_1， V_2， …， V_n はそれぞれの選択肢の（測定可能な）効用であり，$\sum_{i=1}^{n} P_i = 1$ である.

(3) $\dfrac{\partial P_k}{\partial V_i}$ $(k \neq i)$を計算しなさい.

(4) 問(3)の計算結果を用いて,「選択肢 i の効用 V_i のみが変化（増加）したとき，それ以外の選択肢の選択確率の変化率（減少率）は等しくなる」という多項ロジットモデルの特性を示しなさい.

(5) 鉄道路線 A，B が並行する区間を考える．この区間の交通手段分担率を 3 つの選択肢｛鉄道 A，鉄道 B，自動車｝の多項ロジットモデルで分析する際に生じえる問題点を問(4)で示した特性と関連づけて説明しなさい.

III. 都市化に関連する以下の問(1)－(3)に答えなさい.

(1) 都市圏を捉えるうえで,「人口集中地区（Densely Inhabited Districts,　DID）」と「都市雇用圏」という二つの概念がある.「人口集中地区」の定義を述べよ. それに加えて, 人口集中地区と都市雇用圏は, 都市圏をどのような観点から理解するのに有用か説明しなさい.

　なお, 都市雇用圏とは, 以下の 3 つの条件で定義される「中心都市」と「郊外都市」を合わせた地域である.

① 「中心都市」とは, DID 人口が 1 万人以上の市町村.

② 「郊外都市」とは, 全通勤者における中心都市への通勤者の割合が 10%以上の市町村.

③ この都市雇用圏内には, 複数の中心都市が存在しても良い.

(2) 人口集中の利益を生み出す要因に,「比較優位」,「規模の経済」,「集積の経済」がある. それぞれの定義とメカニズムを説明しなさい.

(3) 「集積の経済」の概念には,「シェアリング」,「マッチング」,「ラーニング」が含まれる. それぞれの意味と具体例を挙げなさい.

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. In Japan, there are many "agricultural and residential mixed-use urban areas", especially in the Urbanization Promotion Areas（市街化区域） at the fringes of large cities. Answer the following questions (1) – (4) regarding this issue.

(1) Explain the reason why a large amount of agricultural lands is included in the Urbanization Promotion Area, in relation to the history of the introduction of the Area Classification（区域区分制度） in Japan.

(2) Explain the problems of "agricultural and residential mixed-use urban areas" from three aspects: residents' side, farmers' side, and local government side.

(3) The figure below shows the annual changes in the area of Productive Green Spaces and other agricultural lands in the Urbanization Promotion Areas in selected cities in the three major metropolitan areas. Answer the following sub-questions regarding the figure.

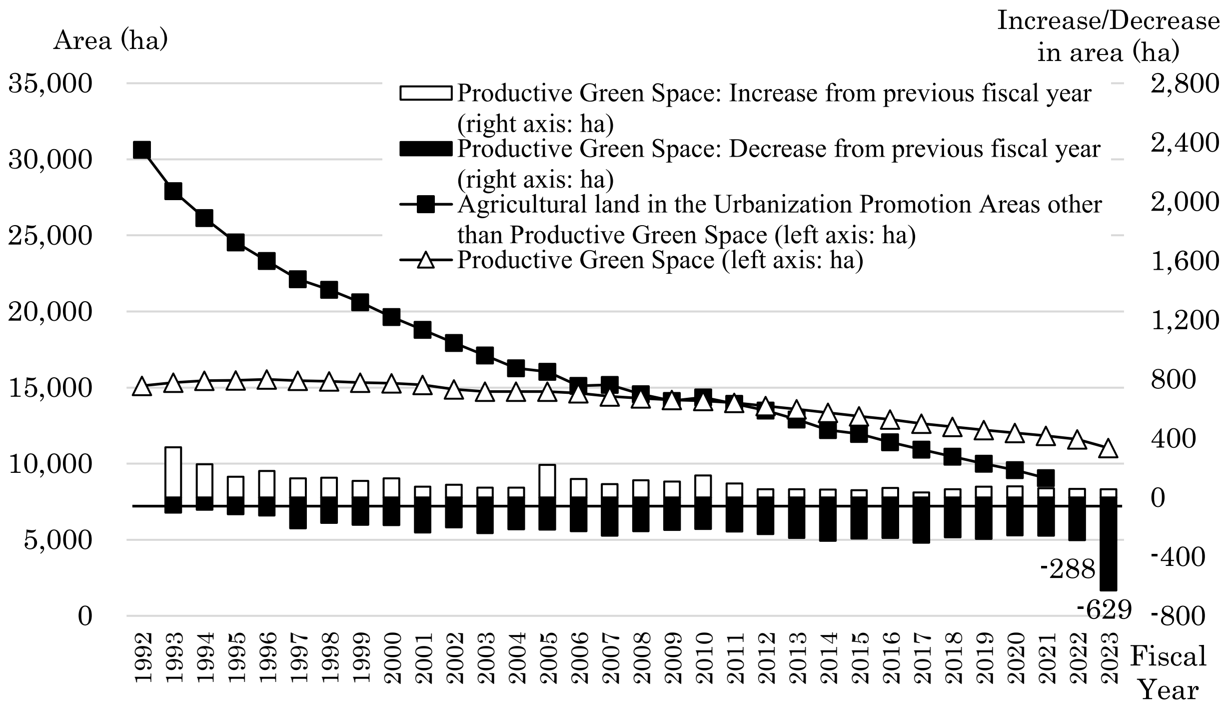


Figure: Changes in the area of Productive Green Spaces, etc. in selected cities in the three major metropolitan areas in Japan

(Source: Processed from the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism Data)

(3-1) The line graph in the figure shows that both "Productive Green Space" and "agricultural land in the urbanization promotion areas other than Productive Green Space" have been decreasing along with the annual change. However, the rate of decrease differs greatly between the two. Explain possible reasons for this.

(3-2) The "Productive Green Space: Decrease from previous fiscal year" shows that the land area decreased by 629 ha in 2023, which is a large decrease compared to the previous fiscal year (decrease of 288 ha). Explain the possible reasons for this.

(4) In recent years, there has been a policy movement to redefine the actively preserve the agricultural lands as green space. Explain the reasons of background of this trend.

II. Answer the following questions (1) – (5) regarding discrete choice models used in travel demand forecasting etc.

(1) What kind of choice behavior should be modeled when we represent each step of the Four-Step Estimation Method by a discrete choice model? Answer the choice behavior for each-step.

(2) Briefly explain what assumptions are made about traffic behavior when conducting a traffic analysis using a discrete choice model.

Consider the multinominal logit model in the following. In the multinominal logit model, the choice probability P_i of alternative i is given by

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j=1}^{n} \exp(V_j)} \quad (\exp(x) = e^x),$$

where $V_1, V_2, \ldots, V_n$ are the (observable) utility of each choice, and $\sum_{i=1}^{n} P_i = 1$.

(3) Calculate $\frac{\partial P_k}{\partial V_i}$ $(k \neq i)$.

(4) Show the property of the multinomial logit model that "when only the utility V_i of option i changes (increases), the change (decreasing) rate in the choice probabilities of the other alternatives are the same" by using the calculation result in question (3).

(5) Consider a section where railway lines A and B run in parallel. Explain an issue that may occur when analyzing this section's transportation modal split with the multinomial logit model of three alternatives {Railway A, Railway B, Car} in connection with the property shown in question (4).

III. Answer the following questions (1) – (3) related to urbanization.

(1) In understanding urban area, there are two concepts: "Densely Inhabited Districts (DID)" and "Urban Employment Area". State the definition of a "DID." In addition to that, explain how DID and Urban Employment Areas are useful for understanding urban areas.

Note that an Urban Employment Area is a region combining "central cities" and "suburban cities" defined by the following three conditions.

① A "central city" is a municipality with a DID population of over 10,000.

② A "suburban city" is a municipality where the proportion of commuters to the central city is 10% or more of the total number of commuters.

③ There can be more than one central city within this urban employment area.

(2) There are several factors of benefit from population concentration: "comparative advantage", "economies of scale", and "economies of agglomeration". Explain the definition and the mechanism of each factor.

(3) "Economy of agglomeration" contains "sharing", "matching", and "learning". Give the meaning and examples of each.