

平成 28 (2016) 年度
東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻
入学試験問題冊子

2015 年 8 月 31 日(月) 13:00~16:00 (180 分)

分野 1 (構造・設計)	p. 2
分野 2 (材料・地盤)	p. 5
分野 3 (水圏工学)	p. 9
分野 4 (経済・空間情報)	p. 13
分野 5 (国土・都市・交通・景観)	p. 16
分野 6 (国際プロジェクト・マネジメント)	p. 20
分野 7 (数学)	別冊

注意事項

- 手元にある『「社会基盤学」試験分野の調査票』が自分のものであることを確認し、調査票に書かれている 2 分野に対して解答してください。調査票と異なる分野の解答は採点されません。
- 第 1 問、第 2 問などの大問ごとに、必ず別の解答用紙を使用してください。
- すべての解答用紙の受験番号欄に受験番号を、科目名欄には分野名（分野 1、分野 2 など）と問題番号（第 1 問、第 2 問など）を記入してください。白紙答案の場合も必ず、受験番号欄、科目名欄を記入してください。
- 解答用紙の裏面を使用してもかまいません。分野 1 から 6 について、追加の解答用紙が必要な場合は、手を挙げて請求してください。
- 1 つの大間に 2 枚以上の解答用紙を使用した場合には、答案枚数欄に何枚中何枚目であるか記入して下さい。
- 計算用紙が必要な場合は、手を挙げて請求してください。計算用紙として使用した解答用紙にも、受験番号を記入し、さらに計算用紙であることを明記してください。
- 試験終了時には、問題冊子、調査票、計算用紙として使用した解答用紙をすべて回収します。
- 分野 7 (数学) は別冊となります。6 問中 2 問を選択して解答してください。分野 7 (数学) の解答用紙は異なりますので注意してください。また、分野 7 (数学) の解答用紙を追加することはできません。

分野 1 (構造・設計)

第 1 問

ヤング率 E 、断面 2 次モーメント I 、長さ L の両端で単純支持された水平な梁を考える。

- (1) 梁の中央に鉛直方向の集中荷重 P を受ける場合、梁の鉛直方向の変位 w の境界値問題を記せ。梁の軸方向に x 軸を取り、 $x=0$ と $x=L$ を左端と右端する。なお、境界値問題は微分方程式と境界条件を記せばよく、微分方程式を導出したり、境界値問題を解く必要はない。
- (2) 梁の一部が損傷した場合を考える。損傷を断面 2 次モーメント I の低下とすると、 x に依らず一定であった I が x によって変わることになる。同じ記号を使うが断面 2 次モーメントを $I(x)$ として、(1)の境界値問題の微分方程式を書き直せ。
- (3) 損傷する前と後で、梁の曲げモーメントの分布は変化するか。変化の有無を明記した上で、その理由を簡潔に説明せよ。
- (4) 損傷する前と後で、梁のたわみ角 dw/dx は変化するか。変化の有無を明記した上で、その理由を簡潔に説明せよ。

第2問

次の各問いに關して答えよ。

(1) ある照明柱の地震応答を考える。減衰は無視してよい。

a) 図1のように、照明柱が質量 m_1 、剛性 k_1 の1自由度系で表されるとする。照明柱の地面に対する水平方向相対変位を $x_1(t)$ とする。水平方向の地動加速度が $\alpha(t)$ である場合について、この系の運動方程式を求めよ。

b) 地動加速度が $\alpha(t) = \sin(\sqrt{1.1}\omega_0 t)$ と表される場合の応答 $x_1(t)$ を $t \geq 0$ について求めよ。ただし、 $\omega_0 = \sqrt{k_1/m_1}$ で、初期条件は $x_1(0) = 0, \dot{x}_1(0) = 0$ である。

(2) 図2のように、質量 m_2 、剛性 k_2 でモデル化した橋梁上に(1)の照明柱が設置された2自由度系を考える。 $x_1(t)$ と $x_2(t)$ はそれぞれ照明柱と橋梁について、地面に対する水平方向相対変位を表す。 $m_2 = 110m_1, k_2 = 110k_1$ とする。減衰は無視してよい。

a) 水平方向の地動加速度が $\alpha(t)$ である場合について、この系の運動方程式を求めよ。

b) この2自由度系の固有振動数を2つ求めよ。

c) 橋梁に対する照明柱の相対変位 $x_1(t) - x_2(t)$ を考える。1次モードについて、この照明柱相対変位の振幅の、橋梁変位の振幅に対する比を求めよ。

(3) 橋梁上に設置された照明柱や標識柱などの付属構造物の地震応答を抑制する方法を2つ、それぞれ1行程度で説明せよ。

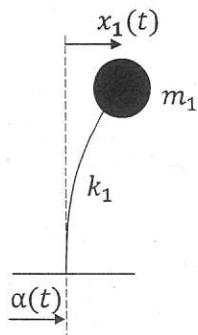


図1 照明柱のモデル

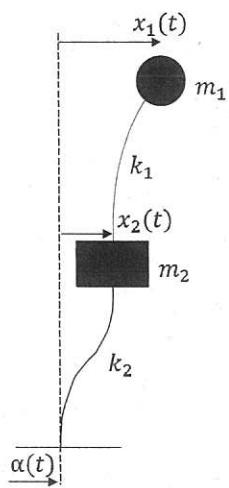


図2 橋梁と照明柱のモデル

分野 2 (材料・地盤)

第 1 問

次の各問い合わせて答えよ。

- (1) 鉄筋コンクリート梁の曲げ耐力は、梁の形状が同じ場合、主鉄筋量とコンクリート強度により決定される。それらにより曲げ耐力がどのように変化するか、横軸に主鉄筋量、縦軸に曲げ耐力をとる図を用いて示し、10 行程度で説明せよ。
- (2) ある中央ヒンジ付 PC ラーメン箱桁橋梁における、スパン中央部のたわみの設計予測値と実際の計測値の比較を図 1 に示す。橋梁の断面諸元を図 2 に示す。予測値と実測値は約 300 日前後までの比較的短期間において良好に一致しているが、それ以降からは乖離し始めていることが分かる。設計時のたわみ予測には線形クリープ則が使用され、一般の設計コードで規定されるクリープ係数 1.58 を与えた重ね合わせの原理によって求められている。また設計計算にあたって、コンクリートの圧縮強度 40 MPa、コンクリートの弾性係数 35 GPa、相対湿度 70 %、体積表面積比 (V/S) 400 mm、乾燥収縮 185μ の値が仮定されている。以下の問い合わせに答えよ。
- a) コンクリートの乾燥収縮のメカニズムを 3 行程度で説明せよ。
 - b) コンクリートのクリープのメカニズムを 3 行程度で説明せよ。
 - c) 本橋梁が設計時の予測よりも過大なたわみをもたらした理由を 5 行程度で説明せよ。
- (3) 図 3 は、寒冷地域の山間部において供用されていた道路橋コンクリート床版を撮影した写真である。海からの距離は十分遠いものの、鋼材の腐食による劣化が顕著である。
- a) 鋼材の腐食をもたらした要因について簡潔に説明せよ。
 - b) 鋼材の腐食はコンクリート床版の構造性能に対してどのような悪影響を与えるか、簡潔に説明せよ。
 - c) コンクリート床版を新たに更新するにあたって、高耐久化に有効な方策を 2 つ述べると共に、その有効性を各々 3 行以内で説明せよ。

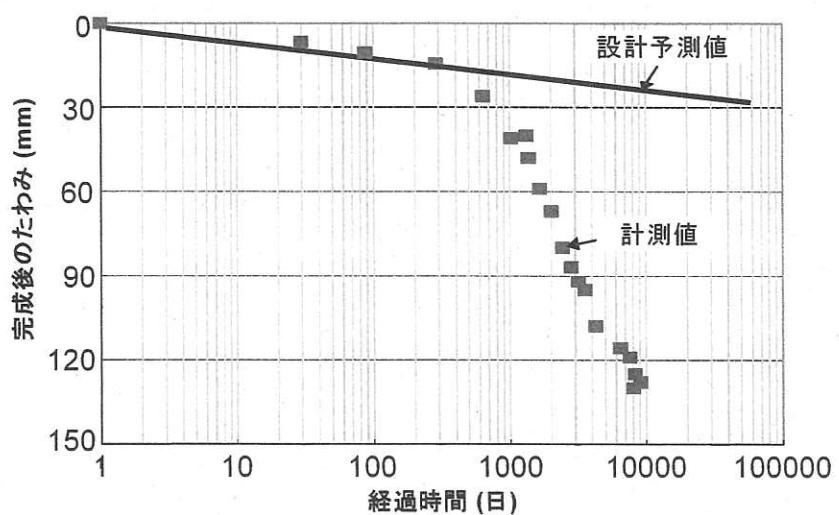


図 1

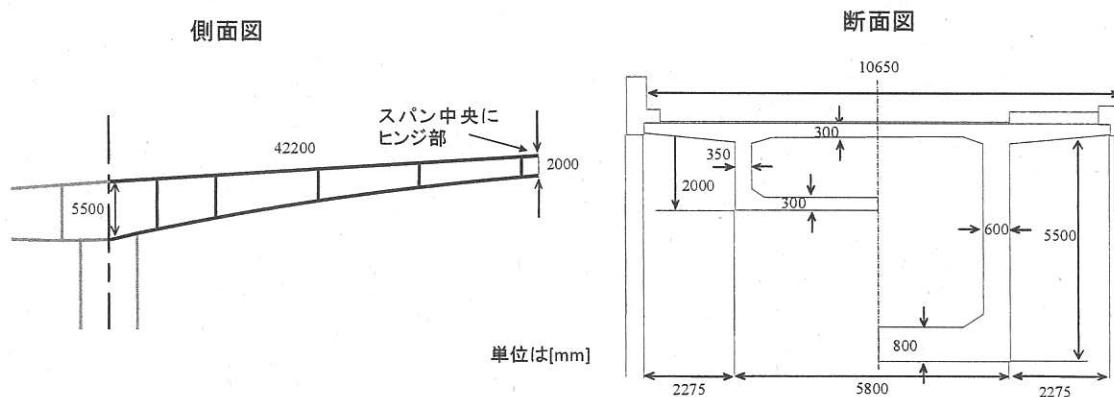


図 2

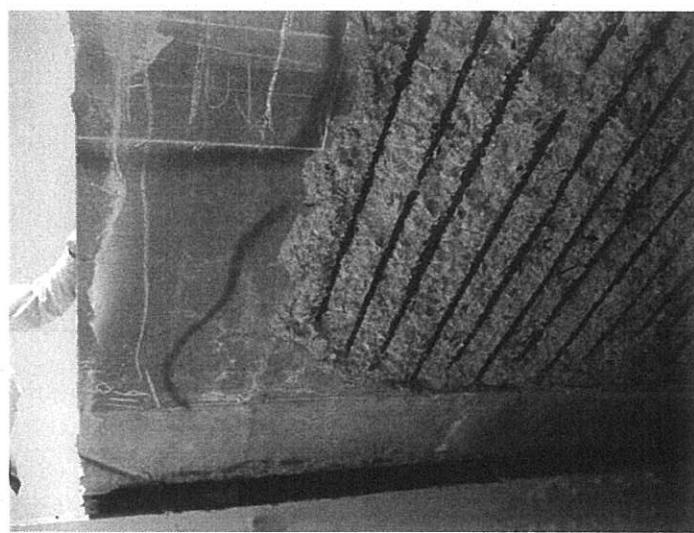


図 3

第2問

次の各問い合わせて答えよ。

(1) 地盤の圧密に関して以下の問い合わせに答えよ。

- 圧密が生じるメカニズムを 5 行程度で説明せよ。必要であれば模式図を追加してもよい。
 - 正規圧密粘土地盤上に盛土造成を行う場合に適用可能な対策工法として、対策原理の異なるものを 3 種類挙げよ。これらの対策原理を各 2 行程度で説明せよ。
 - 圧密沈下が進行中の地盤内に杭基礎を構築する場合の留意点を 5 行程度で説明せよ。必要であれば模式図を追加してもよい。
- (2) 地盤に上載荷重 $p=10 \text{ kN/m}^2$ が作用している。この地盤材料の自重の影響は無視できるものとして、幅 $W=2.0 \text{ m}$ の直接基礎の鉛直支持力を対象に、次の各問い合わせに答えよ。必要に応じて $\sqrt{3}=1.7$ を用いてよい。
- この地盤材料のせん断抵抗角 $\phi'=30^\circ$ で、粘着力 c' はないものとする。図 4 に示す 2 種類の領域の応力状態 A および B を仮定し、それぞれの領域が破壊状態にある場合についてモールの応力円を図示せよ。また、この場合の鉛直支持力 F_1 (単位 : kN/m) を求めよ。

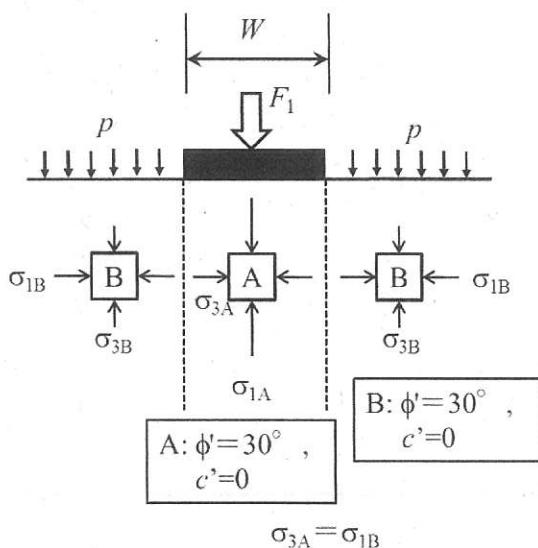


図 4

- b) 基礎の支持地盤の破壊は必ずしも同時には発生せず、基礎に近い位置から進行的に生じることがある。そこで、図 5 に示すように応力状態 A は a)と同じ破壊状態にあるが、応力状態 B の領域は破壊には至らず $\sigma_{3B}/\sigma_{1B}=0.50$ である場合を考える。この場合の鉛直支持力 F_2 (単位 : kN/m)を求めよ。

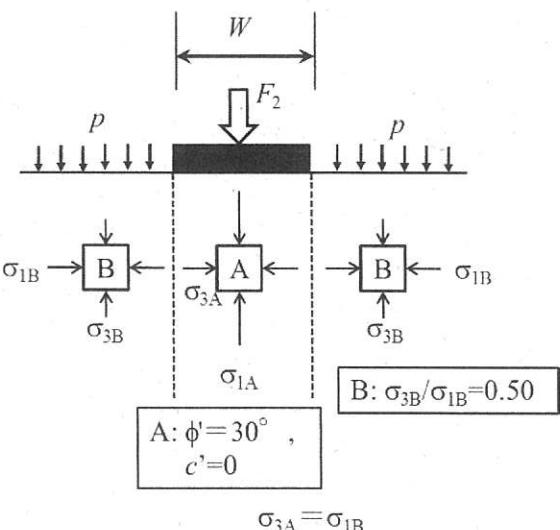


図 5

- c) 図 6 に示すように基礎直下の地盤改良を実施した場合を考え、応力状態 A の領域では破壊状態で、せん断抵抗角 $\phi'=30^\circ$ 、粘着力 $c'=50 \text{ kN/m}^2$ が発揮されるものとする。一方で、応力状態 B の領域は未改良で、b)で仮定した未破壊状態のままであるものとする。それぞれの領域のモールの応力円を図示せよ。また、この場合の鉛直支持力 F_3 (単位 : kN/m)を求めよ。

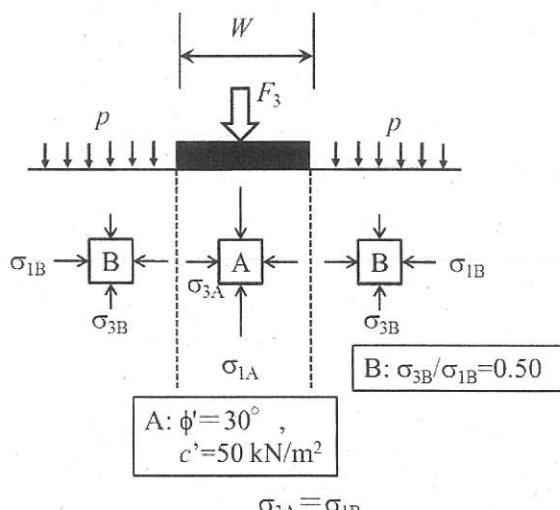


図 6

分野3 (水圏工学)

第1問

次の各問いに關して答えよ。

- (1) 図1に示すように、水平に置かれた円管内に満たされた密度 ρ の流体が、流量 Q で流れ、吐口の断面IIから噴流となって大気中に放流されている。断面Iから断面IIにかけて、管径が緩やかに縮小し、断面IIの断面積は断面Iの1/4である。

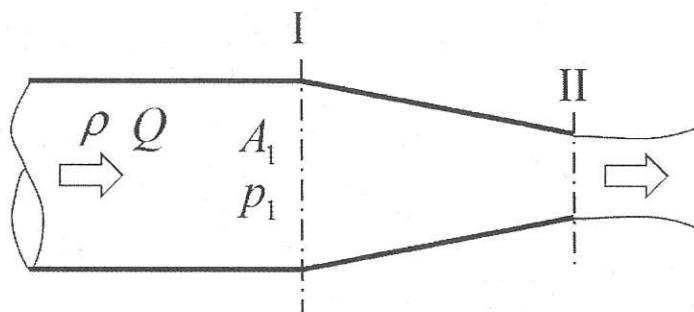


図1

- a) 管径が縮小している区間の管路に働く力を、断面Iにおける圧力 p_1 と断面積 A_1 を用いて表せ。
- b) 流出口前面に、噴流に垂直に板を立てたところ、板に衝突した噴流は、図2に示したように、90度曲げられて板に沿って対称に流れている。板に働く力 F を、断面Iにおける圧力 p_1 と断面積 A_1 を用いて表せ。

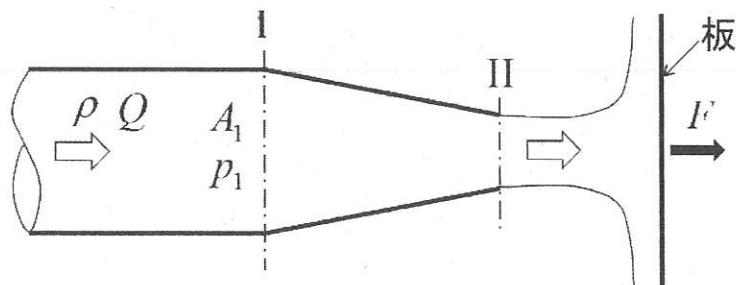


図2

(2) 立方体の容器に水が半分の深さ h まで入っている。静水状態において、側壁および底面に働く水圧分布は、図3のように表される。ここで、 ρ は水の密度、 g は重力加速度である。この容器を以下の条件で運動させる時、水圧分布はどのように変化するか？ 静水状態との違いが良くわかるように図を描いて示せ。なお、運動は十分なめらかで、水と容器は相対的な静止状態を維持するものとする。

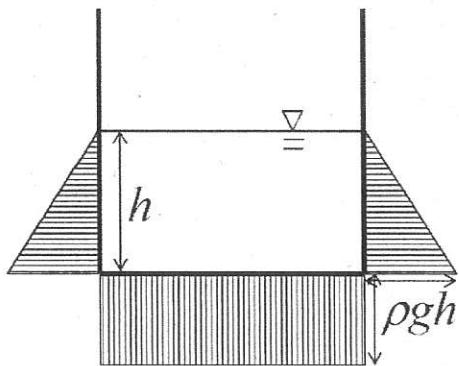


図3

- a) 容器を鉛直上向きに g の加速度で運動させる場合
- b) 容器を鉛直下向きに g の加速度で運動させる場合

(3) 津波避難ビルの設計では、津波が衝突する際に壁に作用する水圧を推定する必要がある。図4に示したような津波が壁に衝突する際には、壁の下端のA点では、局所的な浸水深から推定される静水圧より大きな水圧が作用することが知られている。壁に作用する力が最大となった瞬間の流速分布は図5で与えられており、壁に沿ったすべての点で、

$$\frac{\partial w}{\partial t} > 0$$

である。ただし、 w は水粒子速度の鉛直成分、 t は時間である。鉛直方向の運動方程式を壁に沿って適用することにより、A点の水圧が、浸水深から推定される静水圧より大きくなる理由を説明せよ。

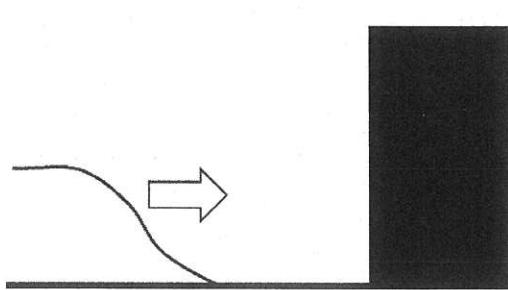


図4

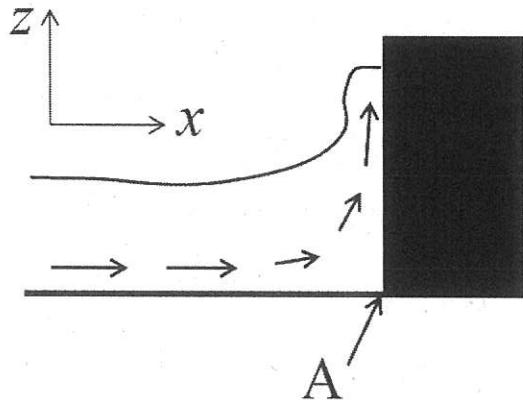


図5

第2問

図6の様に、水平で摩擦の無視できる開水路にゲートが設置されており、その開口部から水が定常射流で噴き出し、下流端に設けた副ダムの上流で跳水が生じている状態を考える。ここで、ゲート上流の流速を v_0 、水深を h_0 、開口部の高さを h_l 、跳水直前の地点Bにおける水深を h_2 、跳水直後の地点Cにおける水深を h_3 とする。なお、図の水面形の細部は正確に描かれていない。この時、次の各問い合わせて答えよ。

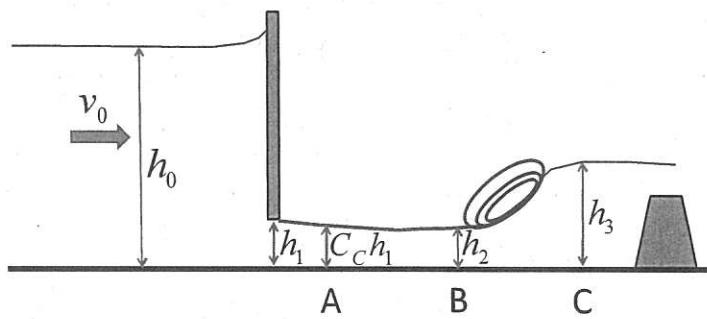


図6

- (1) ゲートより少し下流で噴出流は水平床と平行になり、この地点Aでの水深は縮尺係数 C_c を用いて $C_c h_l$ で表される。この時、ゲートから流出する流れの単位幅流量 q を C_c 、 h_0 、 h_l を用いて表せ。また、水深から流量を算出する際に、ゲート開口部ではなく図中A地点の水深を用いなければならない理由を述べよ。
- (2) 跳水直前の地点Bにおける水深 h_2 を、単位幅流量 q 及び h_3 を用いて表せ。
- (3) 副ダムの高さを上げて h_3 を増加させた時、 h_2 は増加するか減少するか答えよ。また、A地点で跳水が生じるのは、 h_3 がいくらの時か。 h_3 を $C_c h_l$ 及び h_0 を用いて表せ。
- (4) 一般に、ゲートから射流で放流される水のエネルギーは大きいため、下流に副ダムを用いた減勢工が設置されることが多い。この副ダムの高さは適度に保たれる必要があり、高すぎても低すぎても、期待していた効果が得られない。効果が得られない理由を、副ダムが高すぎる時と低すぎる時のそれについて述べよ。

分野4（経済・空間情報）

第1問

次の各問い合わせて答えよ。

(1) 電力、鉄道、水道など大規模なインフラ施設を必要とする産業では、自然独占が生じやすい。これに関して以下の各問い合わせて答えよ。

- 自然独占の生じる産業では、政府によって料金が平均費用と一致するよう規制されることが多い。その理由を4行程度で述べよ。
- 自然独占の生じる産業で、もし政府による料金規制が存在しない場合には、どのような事態が生じると想定されるか。生じうる事態を2つ挙げ、それぞれ2行程度で述べよ。

(2) ある小河川において、洪水を防ぐために周辺住民が自発的に砂袋を購入し、供給することにより土手を建設するものとする。砂袋の総数が増加するほど土手は強固となり、住民の洪水リスクは低下して効用水準が増加する。ここで、住民 i の砂袋の供給量を G_i とし、砂袋の総数を $G = \sum_i G_i$ とする。また、住民 i の私的財の消費量を X_i 、効用関数を $U_i(X_i, G)$ 、所得を Y_i とする。私的財と砂袋の価格をそれぞれ P_x 、 P_g とするとき、以下の各問い合わせて答えよ。なお、計算において必要な条件が与えられていないと判断した場合には、適宜その条件を仮定すること。

- 各住民が自発的に砂袋を供給するときには、砂袋と私的財との価格比が両者の限界代替率と一致することを、住民の効用関数の最大化問題を解くことにより示せ。
- $W = \sum_i \alpha_i U_i(X_i, G)$ （ただし、 α_i は住民 i に固有の正値パラメータ）によって社会的厚生関数を定義するとき、この社会的厚生関数の最大化がパレート効率的配分をもたらすことを示せ。

- c) 全住民の総所得制約下で、上の社会的厚生関数の最大化問題を解くことにより、パレート効率的配分のときに砂袋と私的財との価格比が満たすべき条件を求めよ。
- d) a)の条件と c)で得られた条件とを比較することにより、各住民が砂袋を自発的に供給するときの私的財に対する砂袋の限界代替率が、パレート効率的配分のときの限界代替率より大きくなることを示せ。
- e) d)の結果より、消費によって住民の得られる効用水準が同一の場合、各住民が自発的に砂袋を供給するときの砂袋の供給量が、パレート効率的配分のときよりも少なくなることを示せ。必要に応じて、図を用いても良い。

第2問

次の各問いに関して答えよ。

- (1) 図1に示すトラバース測量網を考える。座標既知点A、Dの座標をそれぞれ (X_A, Y_A) 、 (X_D, Y_D) とし、新点B、Cの座標 (X_B, Y_B) 、 (X_C, Y_C) の最確値を求めるためにとする。点Aにおける観測角の座北方向からの方向角を θ_1 、点B、Cにおける観測角をそれぞれ α_2 、 α_3 、また、AB間、BC間、CD間の観測距離をそれぞれ s_1 、 s_2 、 s_3 とする。

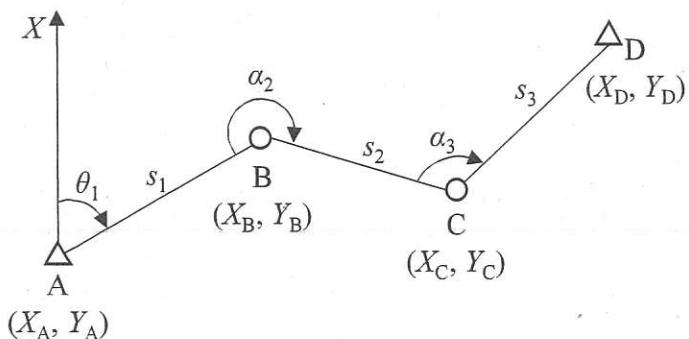


図1 トラバース測量網

- a) 級距 (ΔX) および経距 (ΔY) の観測方程式を示せ。
- b) a)の観測方程式から正規方程式を導け。なお、各点における観測精度は等しい

ものとする。

- c) 各点における観測精度が異なる場合、b)の正規方程式をどのように修正すれば
よいか、3行程度で説明せよ。

(2) 写真測量に関して以下の問い合わせに答えよ。

- a) 共線条件とは何か簡潔に説明せよ。
b) 共線条件が標定においてどのように利用されるのか簡潔に説明せよ。

(3) 衛星画像を用いた代表的な土地被覆分類手法を2つ挙げ、両者の違いが分かるよう、
全体として10行程度で説明せよ。

分野5 (国土・都市・交通・景観)

第1問

ある地方都市で、新たにバスシステム b の導入を検討している。次の問い合わせに答えよ。

- (1) バスの効用関数が $U_b = V_b + \varepsilon_b$ (U_b はバスの効用、 V_b は効用の確定項、 ε_b は確率項)、車の効用関数が $U_c = V_c + \varepsilon_c$ (U_c は車の効用、 V_c は効用の確定項、 ε_c は確率項) で記述できる。 $\varepsilon' = \varepsilon_b - \varepsilon_c$ とおいたとき、 ε' が以下の図1で表されるような確率密度関数を持つとする。効用最大化を仮定したとき、利用者がバスを選択する確率 P を計算し、図示せよ。但し、選択肢集合はバスと車の2肢であることを仮定する。

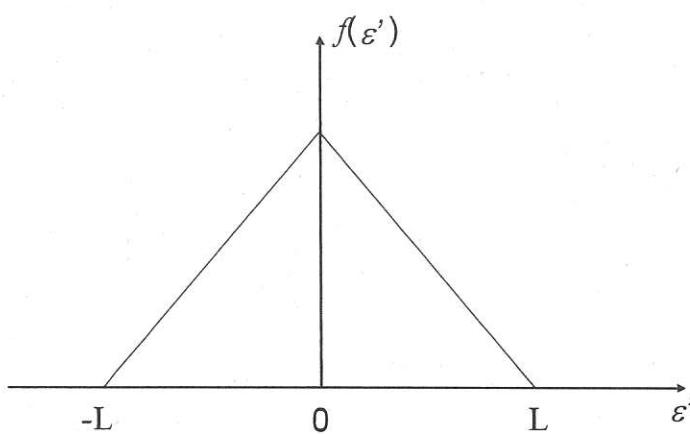


図1 ε' の確率密度関数 (Lは定数とする)

- (2) バス選択の意思決定に影響を与える要因とバス事業者の経営方針を考慮してバス利用者を増やすための交通施策を3つ考え、それぞれ3行程度で説明せよ。
(3) (2)で提案した交通施策の中からひとつ選んで、その施策の実施効果予測を行う際に必要となる調査分析方法を具体的に5行程度で説明せよ。

第2問

図2と図3は、それぞれ1909年と1937年に発行された、東京駅周辺の同範囲の地図である。両者を比べると、1923年に発生した関東大震災の直後から1930年にかけて行われた帝都復興事業によって、大規模な都市空間の変化が生じていることがわかる。

次の各問いに答えよ。

- (1) 図2を見ると、1909年当時の東京の市街地は、近代化以前（江戸）の空間的特徴や都市構造を、いまだにはっきりとどめていたことが推測できる。
 - a) そのように推測できる根拠を、とくに外濠の外側にひろがる市街地における街路網の様子に着目して図2から読み取り、2行程度で述べよ。
 - b) 外濠の内側と外側では、街区の規模形状が大きく異なっている。これは、江戸における居住区分の名残である。当時、外濠の内側と外側でどのような居住区分がなされていたか。また、その居住区分がどのような町並み景観の差を生んでいたと考えられるか。5行程度で述べよ。
- (2) 図3からは、帝都復興事業によって一新された市街地の様子が読み取れる。
 - a) 帝都復興事業では、広幅員街路網が体系的に整備された。広幅員街路が有する、避難以外の防災上の機能をひとつあげて、1行で記せ。
 - b) 帝都復興の際、街路網と街区形状の一新は、土地区画整理によって行われた。土地区画整理とはどのような空間整備手法か、下記のキーワードをすべて用いて3行程度で説明せよ。

キーワード：換地、減歩、公共用地

- (3) 図4は、図3中★印の位置から東京駅方面を眺めた行幸通りの景観である。行幸通りは、帝都復興事業によって完成した主要な街路のひとつで、図4は竣工当時の様子を示している。
 - a) 行幸通りは、ヴィスタ・アイストップ型街路のデザインの典型例である。どのような設計手法か、2行程度で説明せよ。
 - b) ヴィスタ・アイストップ型街路は、非常に高いイメージアビリティを有する空間となる。その理由を、ケヴィン・リンチによるパス、ノード、ランドマークの概念を用いて考察し、3行程度で述べよ。

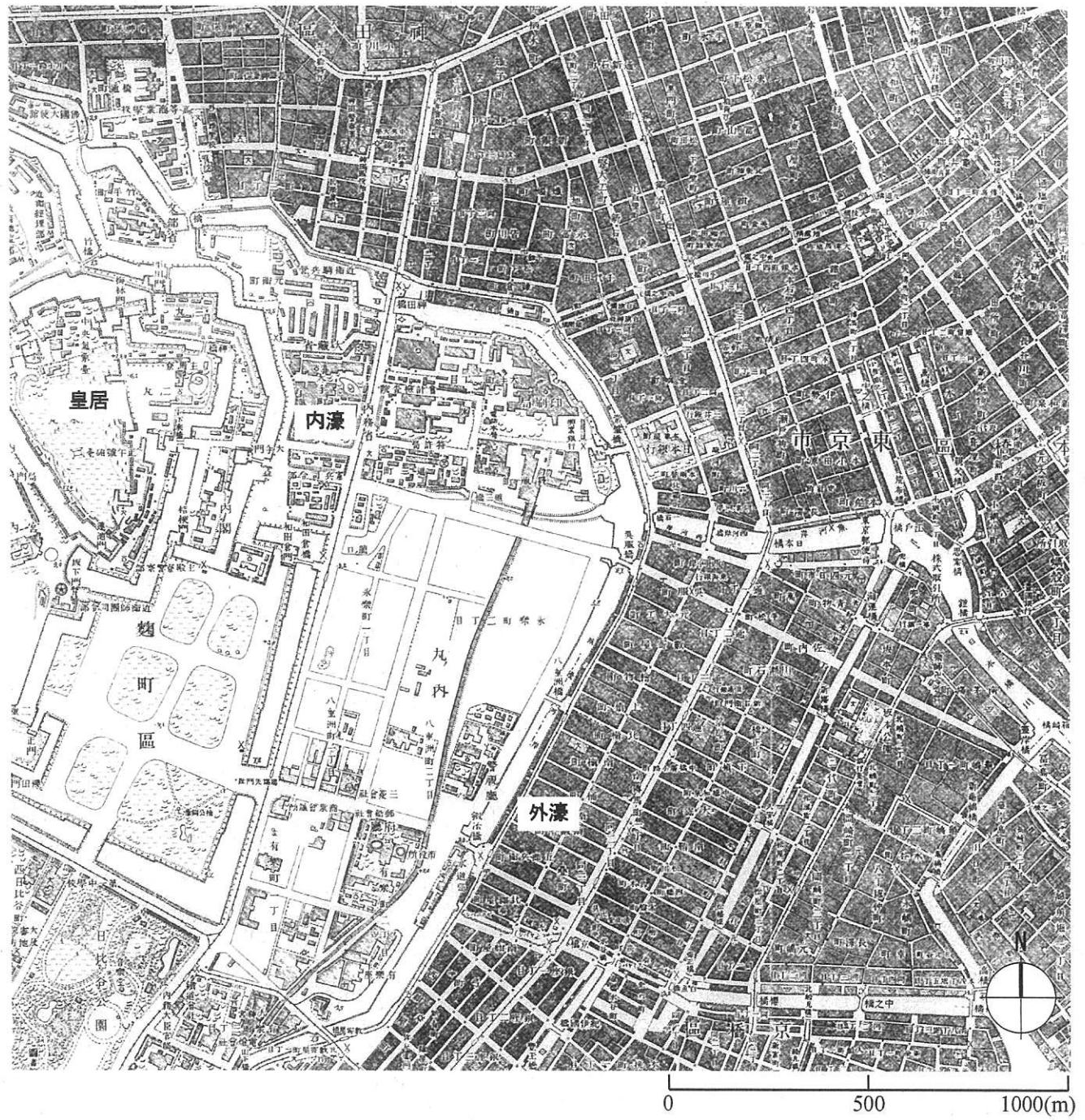


図2 1909年測図による東京駅周辺の地図

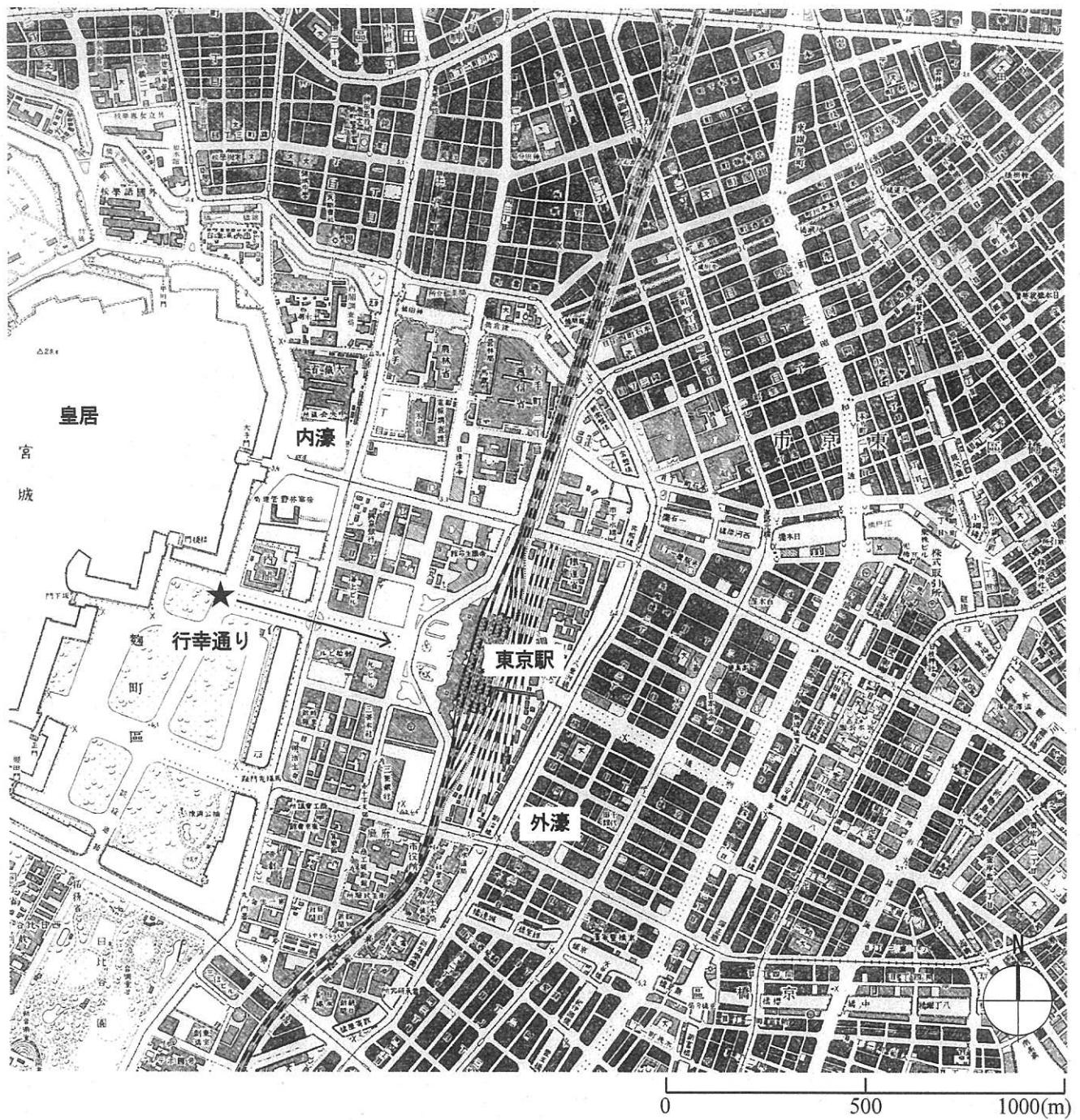


図3 1937年測図による東京駅周辺の地図



図4 行幸通り（1929年撮影）

分野6 (国際プロジェクト・マネジメント)

第1問

インフラ事業における契約について述べた次の文章を読み、下線部に関する各問い合わせよ。

インフラ事業における契約は、受発注者間の役割分担や支払い条件等を定め_①、予見できない事象_②が発現した場合の契約内容の変更方法や受発注者間で紛争が発生した場合の対処方法等を定める重要な役割を果たすものである。また、受注者が機会主義的行動をとることにより発生する問題_③を抑制したり、受注者のリスク負担能力に見合ったサービスを調達_④したことにより事業の価値を高められるようなメカニズムを組み込むことが重要である。さらに、インフラ事業の各段階に必要な業務を統合する_⑤ことにより効率性を高めることも可能となる。

- (1) 下線部①に関して、インフラの建設工事における支払い方式を3つ挙げ、その特徴をそれぞれ2行程度で説明せよ。
- (2) 下線部②に関して、政府機関がインフラの建設工事を発注する場合において発生しうる予見できない事象の例をひとつ取りあげ、その事象が発現した場合の対応として、リスク分担原則に照らして適切と思われる方法をあわせて4行程度で説明せよ。
- (3) 下線部③に関して、受注者が機会主義的行動をとることにより発生する問題についてCM契約を適用した場合を例に、具体的に3行程度で説明せよ。
- (4) 下線部④に関して、東日本大震災の復興事業において、大手建設業者と地元建設業者を組み合わせて活用するため、アットリスク型のCM契約が試行されている。この契約を適用することにより期待される効果と留意すべき点を4行程度で説明せよ。
- (5) 下線部⑤に関して、インフラ施設の維持管理事業に適用される包括的委託契約の特徴を3行程度で簡潔に説明せよ。

第2問

日本の政府開発援助（ODA）に関して、次の各問い合わせ答えよ。

- (1) 2015年2月に、政府開発援助大綱が改定され、新たに開発協力大綱が閣議決定された。従来の大綱と比べて今回の開発協力大綱で変更された点は何か。主な変更点を3行程度で説明せよ。
- (2) 円借款の本邦技術活用条件（STEP）は、日本の優れた技術やノウハウを活用し、開発途上国への技術移転を通じて日本の「顔が見える援助」を促進するため、2002年に導入されたものである。これに関して以下の各問い合わせ答えよ。
 - a) STEPの主な供与条件を3行程度で説明せよ。
 - b) STEPを活用した開発途上国のインフラ整備事業によって、日本の建設業者、日本の機材メーカー、日本の商社、被援助国政府は、どのような影響を受けると考えられるか。それぞれ2行程度で説明せよ。
- (3) 近年、日本政府は、インフラシステム海外展開を促進するため、ODAの改革を進めつつある。この一環として、一定の条件が満たされる中進国に対して、借入国から要望がある場合には米ドルを適用通貨とする外貨返済型円借款が導入された。これによる借入国のメリットを3行程度で説明せよ。
- (4) インフラシステム海外展開戦略においては、官民連携（PPP）の必要性が強調されることが多い。開発途上国のインフラ整備プロジェクトにおいて、日本の民間企業の海外進出を促進するのに、ODAはどのように貢献しうるか。例を挙げつつ、5行程度で説明せよ。