

2021 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：2020 年 8 月 24 日（月） 13:00～14:00

[数学]

1. 行列 $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 2a & -3a & -3a \\ -2a+1 & 2a & 2a-1 \\ 2a-1 & -3a & -3a+1 \end{bmatrix}$ を $\mathbf{P}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{P}$ によって対角化するための変換行列 \mathbf{P} を求

めなさい.

2. 次の微分方程式の一般解を求めなさい.

(1) $\frac{dy}{dx} = e^{x+y}$

(2) $\frac{dy}{dx} = \frac{-5x^2 - y^2}{2xy}$

3. 次の積分を求めなさい.

(1) $\int \frac{1}{\cos^3 x} dx$

(2) $\int \frac{x-1}{x^2\sqrt{x-1}} dx$

4. 以下の間に答えなさい.

(1) 1つのさいころを2回投げて出る目の合計の平均値と標準偏差を求めなさい.

(2) 1つのさいころを2回投げて出る目の合計が2の倍数または3の倍数となるとき, 1回目のさいころの目が2である確率を求めなさい.

2021 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：2020 年 8 月 24 日（月） 9:30～10:30

[構造力学]

1. 図-1(a)の梁は図-1(b)に示す幅 b 、高さ h の長方形断面とする。以下の問に答えなさい。
 ただし、引張応力度を正とし、分布図には正負を明示すること。

- (1) 鉛直荷重 P_1 のみが作用するとき、Cにおける断面の直応力度分布を示しなさい。
- (2) 鉛直荷重 P_1 と水平荷重 P_2 が同時に作用するとき、Cにおける断面の直応力度分布を示しなさい。

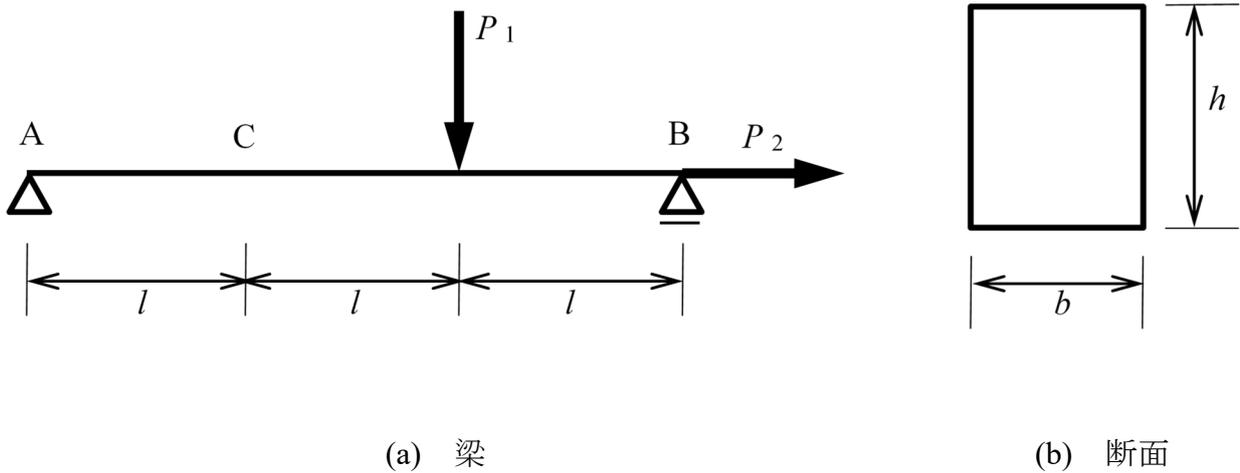


図-1 問1の梁

2. 図-2 に示す構造物について、せん断力図及び曲げモーメント図を描きなさい。ただし、曲げモーメント図では、構造物の軸線に沿う破線の側に変形が凸となる曲げモーメントを正とする。また、各断面力図には正負を明示しなさい。

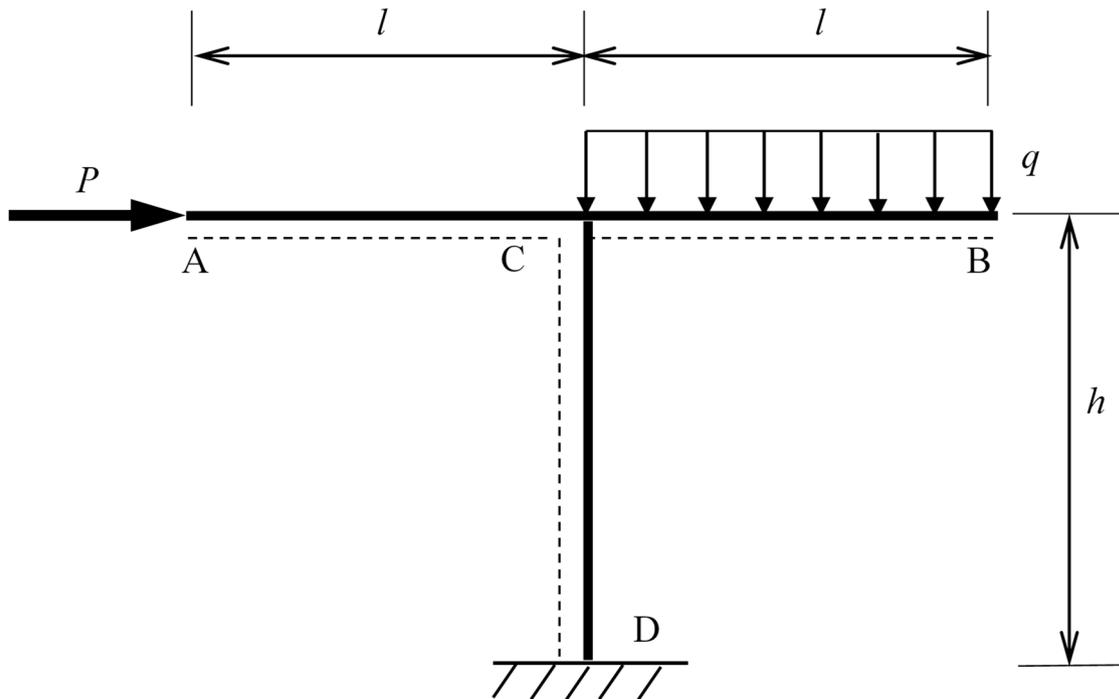


図-2 問2の構造

3. 構造物のたわみに関する以下の問に答えなさい。ただし、梁のヤング係数を E 、断面 2 次モーメントを I とする。

- (1) 図-3 の問題において、片持ち梁の先端に右回りのモーメント荷重 M が作用している。この時、たわみ曲線 $v(x)$ を求めなさい。また、載荷点 B におけるたわみ δ_B (下向きを正とする) を求めなさい。

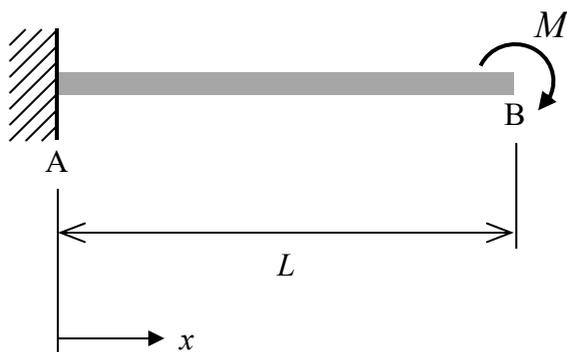


図-3 片持ち梁先端の載荷問題

- (2) 図-4 の問題において、長さが異なる 2 本の片持ち梁がバネで連結され、それぞれの先端に図示されたような右回りのモーメント荷重 M が作用している。この時、バネに発生する力 F (圧縮力を正とする) を求めなさい。ただし、 $F=ky$ (F : バネに作用する力、 k : バネ定数、 y : バネの変形量) の関係があるものとする。

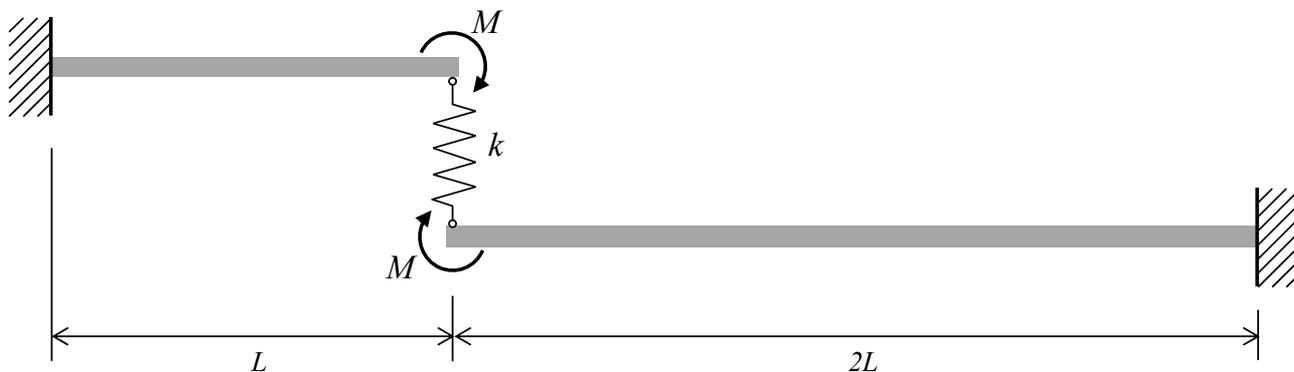


図-4 2本の片持ち梁がバネで連結された問題

2021 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	3 枚	1, 2, 3

	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：2020 年 8 月 24 日（月） 11:00～12:00

[水理学]

1. 図-1(a),(b)のように壁を境界とした貯水池がある場合に、以下の間に答えなさい。ただし、奥行き W (m), 水の密度を ρ (kg/m^3), 重力加速度を g (m/s^2)とする。また、O点の位置に奥行き方向に一様に細長いスリットがある。水は完全流体であると仮定する。

- (1) (a)でO点における静水圧, O点より上方の壁Aにかかる全水圧及び鉛直方向の作用点位置(水面からの深さ)を単位も含めて答えなさい。
- (2) (a)でO点のスリットから流出する水の流速を求めなさい。
- (3) (a)で貯水池の奥行き W が 1m から 2m になったとき, O点のスリットから流出する水の流速がどうなるかを理由も含めて答えなさい。
- (4) (b)のように壁が 30度傾いた場合のO点における静水圧, O点より上方の壁Bにかかる全水圧及び鉛直方向の作用点位置(水面からの深さ)を単位も含めて答えなさい。
- (5) (4)の場合にO点のスリットから流出する水の流速が, (2)と比べてどうなるかを理由も含めて答えなさい。

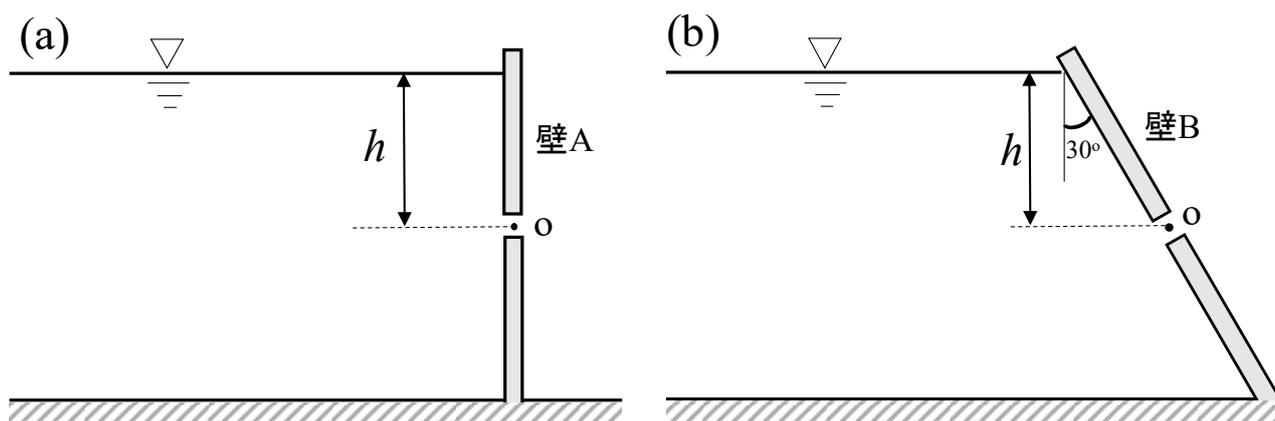


図-1 貯水池と壁の模式図

2. 図-2 は断面積 S が等しい 4 種類の水路断面の模式図である。水路 A と暗渠 B の断面はいずれも一辺の長さが b の正方形であり、暗渠 C は直径 d_1 の円形断面を、開水路 D は直径 d_2 の半円形断面を有している。暗渠 B と C は満管状態で流れている。以下の問に答えなさい。

- (1) b を用いて直径 d_1 と d_2 を表す式を示しなさい。
- (2) b を用いて各水路の径深を示しなさい。
- (3) マニングの式を用いて平均流速を計算するとき、水路 A の流速に対する水路 B, C, D の流速比を数値で示しなさい。ただし、円周率は $\pi=3.14$ 、水路の粗度係数と勾配は 4 つの水路ともに同じとする。

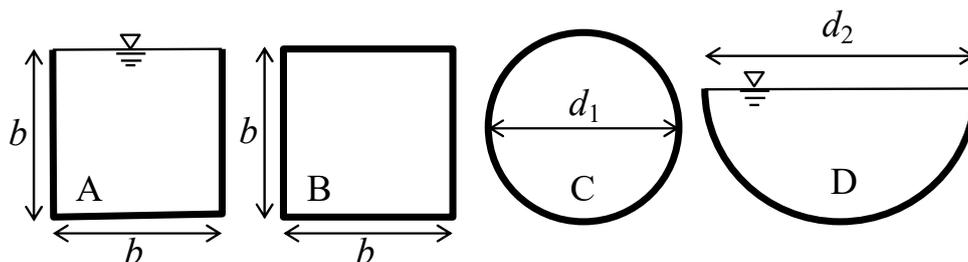


図-2 断面積が等しい 4 つの水路 A~D の断面

3. 図-3 のように 2 つの水槽が側管を有する円管路で接続されている。AF 間は管径 d_1 の本管，BDE 間は管径 d_2 の側管であり，両管ともに Darcy-Weisbach の摩擦損失係数は f である。AB 間の管路長と平均流速を l_1, v_1 とする。同様に，BCE 間は l_2, v_2 ，側管の BDE 間は l_3, v_3 ，EF 間は l_4, v_4 とする。摩擦以外の損失は考慮しない。2 つの水槽は十分に大きく， Δh は変化しないものとする。このとき，以下の各問に答えなさい。

- (1) v_2 を用いて v_3 を表す式を示しなさい。
- (2) v_1 を用いて v_2 を表す式を示しなさい。
- (3) $d_1:d_2=2:1, l_2:l_3=1:2$ のとき， $v_1:v_2:v_3$ を求めなさい。
- (4) $d_1=1.0\text{ m}, d_2=0.5\text{ m}, l_1=l_2=l_4=400\text{ m}, l_3=800\text{ m}, v_1=2.0\text{ m/s}, \Delta h=5\text{ m}$ ，重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$ であるとき， f の値を求めなさい。

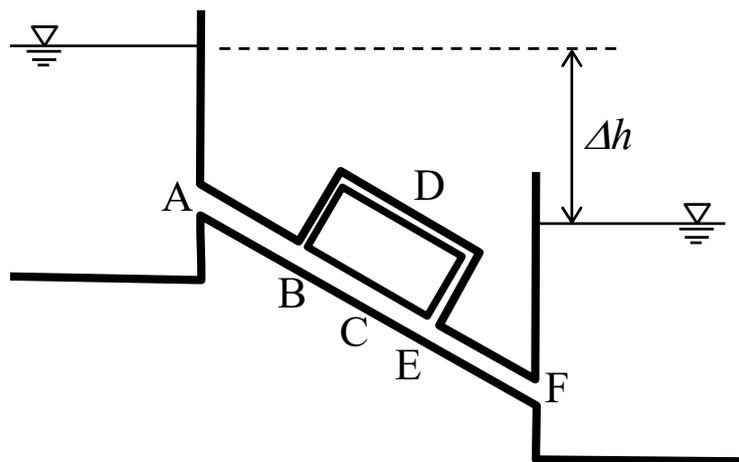


図-3 円管路で接続された 2 つの水槽

2021 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	3 枚	1, 2, 3

	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：2020 年 8 月 24 日（月） 14:30～15:30

[土質力学]

1. 土の諸量について、以下の問に答えなさい。

- (1) 土の飽和度 S_r ，含水比 w ，土粒子の比重 G_s ，間隙比 e とした場合，次の関係式を導きなさい。

$$S_r = \frac{wG_s}{e}$$

- (2) 土の湿潤単位体積重量 γ_t ，土粒子の比重 G_s ，飽和度 S_r ，間隙比 e ，水の単位体積重量 γ_w とした場合，次の関係式を導きなさい。

$$\gamma_t = \frac{G_s + eS_r}{1 + e} \gamma_w$$

- (3) ある土塊の体積と質量がそれぞれ 624.2 cm^3 と 1011.7 g であった。また，この試料の炉乾燥後の質量は 718.2 g ，土粒子の密度 ρ_s は 2.47 g/cm^3 であった。この土試料の含水比 $w(\%)$ ，湿潤密度 $\rho_t (\text{g/cm}^3)$ ，乾燥密度 $\rho_d (\text{g/cm}^3)$ ，間隙比 e および飽和度 $S_r(\%)$ を求めなさい。ただし，水の密度 $\rho_w = 1.0 \text{ g/cm}^3$ である。

2. 図-1 に示すように、厚さ 4 m の飽和粘土層が 4 m の厚さの砂層と 4 m の厚さの礫層に挟まれた地盤がある。礫層の下は不透水性の岩盤である。地下水位は、地表面から 1 m 下の位置にあり、水圧分布は静水圧状態となっている。各層は図中に示すような材料特性を持っているものとする。水の単位体積重量 γ_w を 10 kN/m^3 として、以下の問に答えなさい。

- (1) 粘土層から採取した厚さ 2 cm, 直径 6 cm の円盤状の飽和供試体を用いて、標準圧密試験を行ったところ 20 分 (minute) で圧密度 90% に達した。地盤上に載荷した場合、粘土層中の応力増分は深さ方向に一様となるものとして、この粘土層が圧密度 90% に達するのに要する日数(day)を求めなさい。
- (2) 砂層の地下水位が現状から 1 m, 礫層の水頭が 5 m, 同時に瞬時に低下したとき、水位低下直後の地盤内の間隙水圧の深さ方向の分布を図示しなさい。
- (3) (2) の水位低下によって生じる、粘土層の最終圧密沈下量を求めなさい。

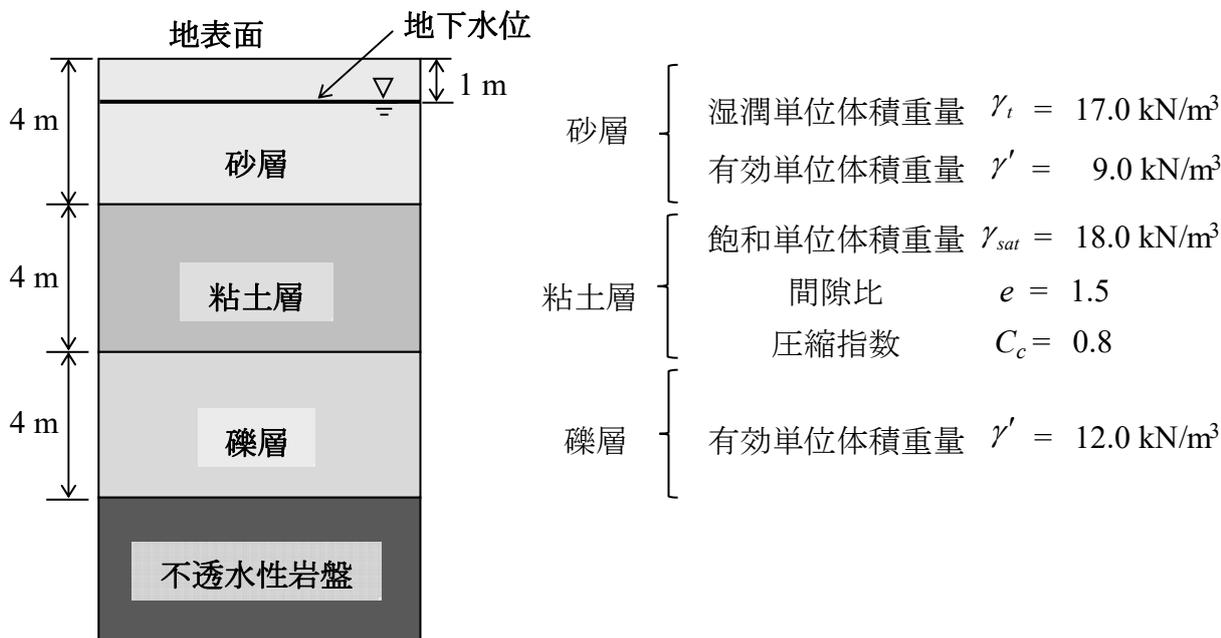


図-1 地盤性状

3. 土のせん断試験について、以下の問に答えなさい。

- (1) 乾燥した砂供試体に対して一面せん断試験を行った。破壊時のせん断面上に作用する垂直応力とせん断応力がそれぞれ σ_f と τ_f であったとする。この時の最大主応力 σ_{1f} および最小主応力 σ_{3f} の作用方向を、この砂供試体の破壊線とともにモールの応力円上に図示しなさい。ここで、この試料の破壊はモール・クーロンの破壊規準に従い、内部摩擦角が ϕ と得られている。
- (2) 飽和した粘土供試体に対して非排水三軸圧縮せん断試験を行った。この試料の破壊時の間隙水圧係数 A_f の値を求めなさい。ここで、セル圧は 200 kN/m^2 で一定に保たれ、供試体は正規圧密状態にあった。さらに、非排水せん断強度 c_u が 80 kN/m^2 、有効内部摩擦角 ϕ' が 30 度(deg.) と得られている。

2021 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	3 枚	1, 2, 3

	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：2020 年 8 月 24 日（月） 16:00～17:00

[土木計画学]

1. A市は、ある地区（面積 50ha）を対象とした市街地開発を計画しており、地区内を住宅エリア、商業エリア、事務所エリアに分けて整備することを検討している。住宅エリア、商業エリア、事務所エリアに割り当てる面積をそれぞれ x_1 , x_2 , x_3 (ha) とする。また、各エリアの 1ha 当たりの地価 p_1 , p_2 , p_3 (億円) はエリア間の面積配分に依存し、以下の通りである。

$$\text{住宅エリア} : p_1 = 48 - \frac{1}{2}x_1 - x_2$$

$$\text{商業エリア} : p_2 = 30 + 2x_1 - x_2 + x_3$$

$$\text{事務所エリア} : p_3 = 60 - \frac{3}{2}x_3$$

同市は、次式で定義される地区内の地価総額

$$f(x) = \sum_{i=1}^3 p_i x_i$$

を最大となるように各エリアの面積 x_1 , x_2 , x_3 を決定したい。以下の問に答えなさい。

- (1) 上記を最適化問題として定式化しなさい。
- (2) 最適化問題の目的関数が凹関数であることを示しなさい。
- (3) 最適化問題のカルーシュ・キューン・タッカー (KKT) 条件を示しなさい。
- (4) 地価総額が最大となる各エリアの面積 (x_1^* , x_2^* , x_3^*) を求めなさい。(ヒント：最適解における各エリアの面積は正である。)
- (5) 開発対象である地区の面積が限界的に増加した際の地価総額の増分を答えなさい。

2. A 市の 1 日の交通事故件数を示す確率変数 Y がパラメータ λ のポアソン分布に従うと仮定する. ポアソン分布の確率関数は,

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

で与えられる. このとき, 次の問に答えなさい.

- (1) 今, $\lambda = 2$ とする. このとき, 1 日に事故が 1 件も起きない確率と平均の 2 倍以上発生する確率ではどちらが大きいか, 根拠とともに述べなさい. ただし, $e^{-2} \approx 0.135$ としてよい.
- (2) $Y^2 + 2Y$ の期待値 $E[Y^2 + 2Y]$ をパラメータ λ を用いて表しなさい.

3. 母比率の検定について, 次の問に答えなさい.

- (1) 以下の 6 つの () を埋めなさい.

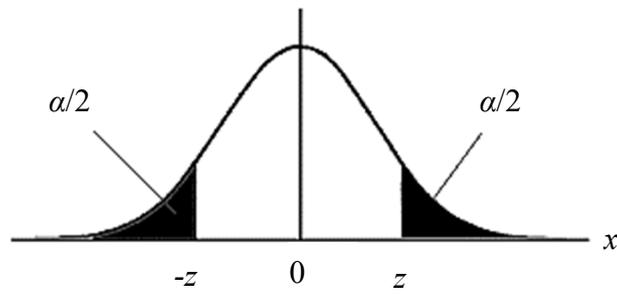
母比率 p の母集団を考える. 母集団から無作為に抽出する標本のサイズ n が大きい場合, 標本比率 \hat{p} は ([a]) 定理により, 近似的に平均 ([b]), 標準偏差 ([c]) の正規分布に従う. よって標準化統計量 $z =$ ([d]) は, 平均 ([e]), 分散 ([f]) の標準正規分布に従う.

- (2) ある A 国において, あるウイルスの有病率 p は現在 0.0317 (すなわち 3.17%) と信じられている. ここで有病率とは, 発生率ではなく, ウイルスを有している人の割合を意味する. 今, A 国の B 市において, 無作為に選ばれた 29100 人に対して有病率を検査した結果, 873 人が陽性と判定された. このとき, 以下の問に答えなさい. ただし, 計算の簡便化のため, ([c]) の標本比率の標準偏差に含まれる母比率 p の代わりに, 標本比率 \hat{p} を用いてもよいとする. また, 検査結果に誤りはないとする. 必要に応じて表-1 を利用しなさい.

- a) B 市から得られた標本を用いて, 当該ウイルスの有病率について, 信頼係数を 0.95 として信頼区間 (の上限値・下限値) を推定しなさい.
- b) B 市の有病率は, 0.0317 よりも低いといえるかどうか, 帰無仮説と対立仮説を設定し, 有意水準 5% で検定しなさい.

表-1：標準正規分布表（両側確率）

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



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