受験番号

1. 図1に示すように，剛体棒（長さ：l）はA点でピン支持，A点から $l/2$ の位置にあるB点でケーブル（長さ：$l/2$，断面積：A，弾性係数：E）に接続されている。いま，C 点（自由端）に集中荷重 P が作用したとき，(1) ケーブルに作用する軸力 N，および (2) C点の鉛直方向変位量δ_Cを求めよ。ただし，重力は考慮しなくて良い。

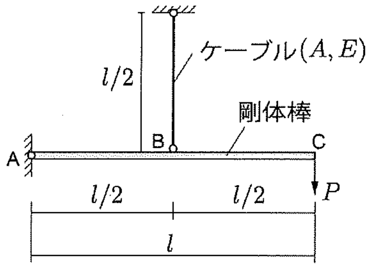


図1

受験番号

2.　図２に示す片持ちばりに関して，以下の問いに答えよ。

(1)　A 点の支点反力V_A, M_Aを求めよ（反力の方向を図２に明示すること）。

(2)　曲げモーメント(M)図とせん断力(Q)図を描け。

(3)　はりの断面が矩形断面（幅a，高さ$2a$）とするとき，B 点におけるはり断面上縁の曲げ応力度 σ_{uB}を求めよ。
ただし，引張を正とする。

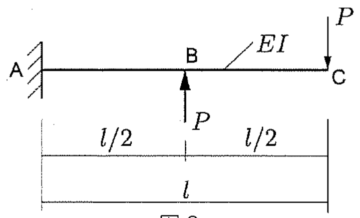
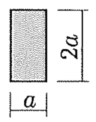
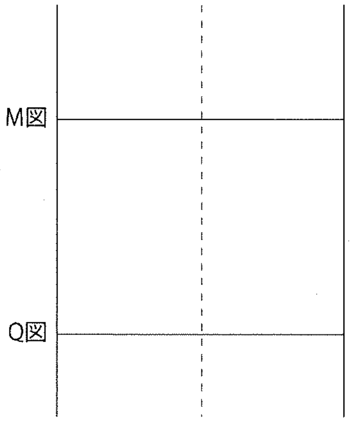


図２



はりの断面形状



2025 年度大学院博士前期課程（一般）入学試験問題　構造力学　【3/4】

受験番号

3.　図 3 に示すはり構造に関して，各支点の鉛直方向反力（上向きを正）V_A, V_B および A 点の曲げモーメント反力（時計回りを正）M_A，C 点および D 点のせん断力 Q_C, Q_D および曲げモーメント M_C，M_D の影響線を示せ。また，各影響線における代表的な値を示せ。符号 (+,−) を明確にすること。

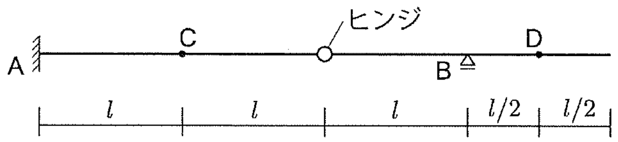
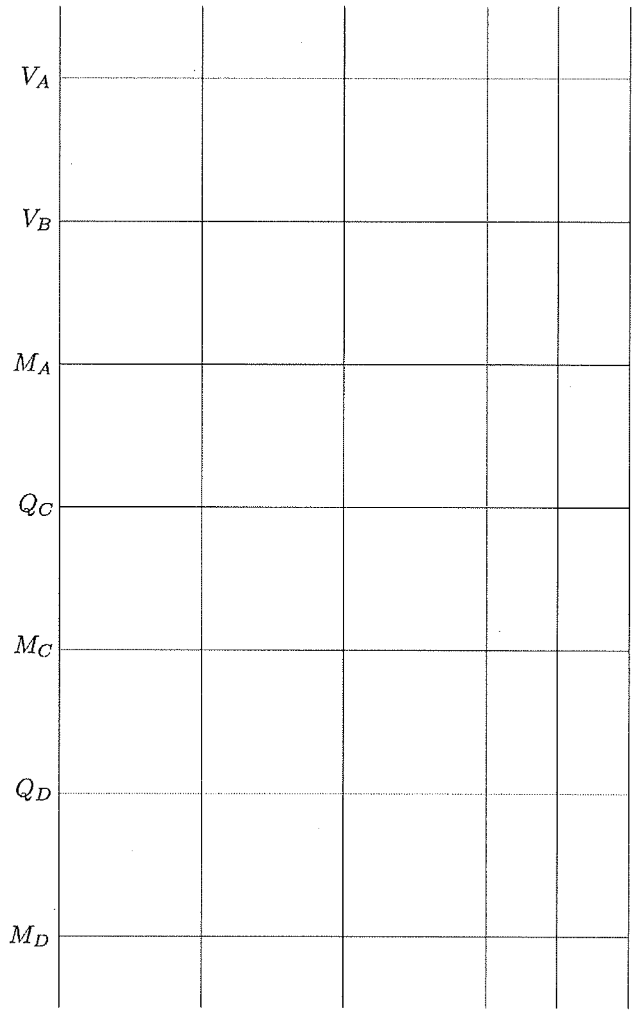


図 3



受験番号

4.　図 4 に示す構造において，以下の問に答えよ。ただし，曲げ剛性 EI は一定とし，軸力およびせん断力の影響は無視してよい。

(1)　C 点の水平方向変位 δ_{CH} を求めよ。

(2)　C 点の鉛直方向変位 δ_{CV} を求めよ。

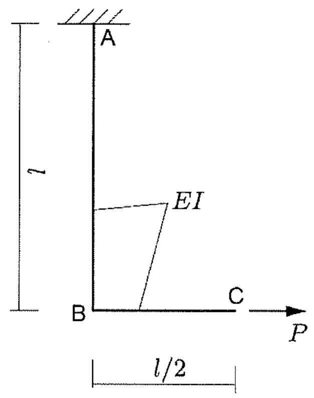
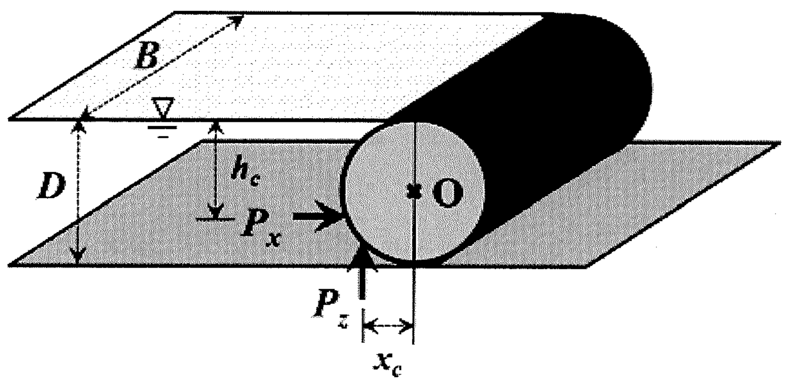


図 4

2025 年度（2025 年 4 月入学）土木工学コース 大学院博士前期課程入試問題 水理学

受験番号：

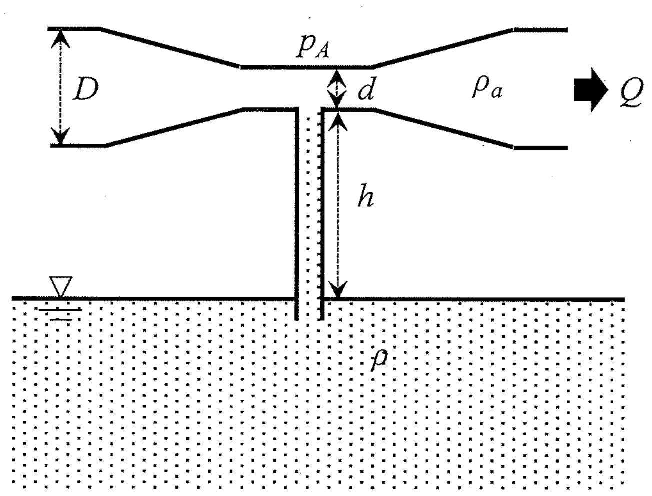


1．右図に示すように直径 D（m），幅 B（m）のローリングゲート上流部で，水深 D（m）の満水状態で貯水されている．以下の問いに答えよ．なお，重力加速度 g (m/s^2)，水の密度 ρ (kg/m^3)，円周率 π とする．

（1） 円柱に働く全水圧の水平方向成分 P_x（N），作用点の水面からの距離 h_c（m）を，問題文中で与えられている諸量で表わせ．

（2） 円柱に働く全水圧の鉛直方向成分（浮力）P_z (N)，作用点のゲート中心線からの距離 x_c (m) を，問題文中で与えられている諸量で表わせ．

解答



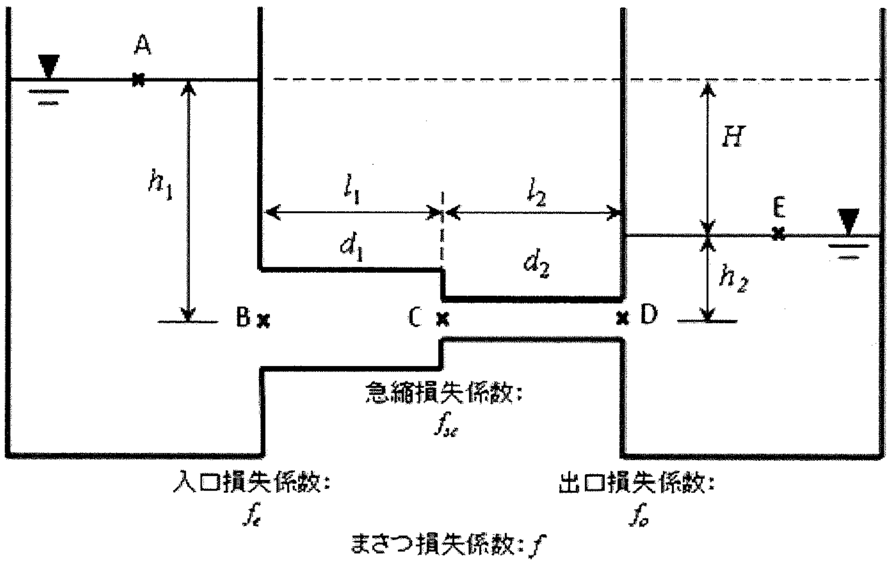
２．右図に示すように管（ベンチュリ管という）の縮流部中心付近で縦管が接続され，下方に貯まっている密度 ρ（kg/m^3）の液体が高さ h（m）まで吸い上げられている．以下の問いに答えよ．なお，ベンチュリ管は水平に置かれており，密度 ρ_a（kg/m^3）の空気を流すものとし，開口部となっている管の流出入部の管径を D（m），縮流部の管径を d（m），重力加速度を g（m/s^2），円周率を π とする．

（１） 管内における空気の流量 Q（m^3/s）としたとき，ベルヌーイの式に基づき，縮流部の圧力 p_A（N/m^2）を，Q および問題文中で与えられている諸量で表わせ．

（２） 縮流部に接続されている縦管で h（m）だけ液体を吸い上げるのに必要な空気の流量 Q（m^3/s）を，h および問題文中で与えられている諸量で表わせ．なお，下方にある液体面とベンチュリ管縮流部の圧力はつりあっているとみなせる．

解答

3．右図に示すように水槽間に水平に管路が敷設されており，途中で急縮している．水槽間の水位差が H（m）であるとき，以下の問いに答えよ．なお，図中の B 点～C 点間の太い管の管径を d_1(m)，長さを l_1(m)，C 点～D 点間の細い管の管径を d_2（m），長さを l_2（m）とし，入口損失係数を f_e，急縮損失係数を f_{sc}，出口損失係数を f_o，まさつ損失係数を f，重力加速度を g（m/s^2），円周率を π とする．



（１） 太い管の管内平均流速を u_{m1}（m/s）としたとき，B 点～C 点間のまさつ損失水頭 h_{f1}（m）を u_{m1} および問題文中で与えられている諸量で表わせ．また，このまさつ損失水頭を求める式の名称を書け．

（２） 太い管の管内平均流速を u_{m1}（m/s），細い管の管内平均流速を u_{m2}（m/s）としたとき，水位差 H（m）を，管内のまさつ損失，形状損失をすべて考慮して u_{m1}，u_{m2} および問題文中で与えられている諸量で表わせ．

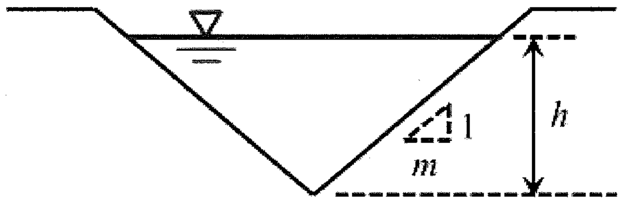
（３） 図の通り水槽間の水位差が H（m）であるとき，管に流しうる流量 Q（m^3/s）を問題文中で与えられている諸量で表わせ．

解答

解答を書ききれない場合は次頁に続けて書いてもよい．

つづき

4．右下図に示すような水深 h（m），法勾配 1:m をもつ二等辺三角形断面水路に関する以下の問いに答えよ．なお，重力加速度は g（m/s^2）とする．



（1） 図に示す二等辺三角形断面水路で，流量 Q（m^3/s），が流れる場合の比エネルギーE（m）を，Q，m，h および g で表わせ．

（2） 図に示す二等辺三角形断面水路で，比エネルギーE（m）が最小となる水深が限界水深 h_c（m）である．h_cを Q，m および g で表わせ．また，その際の比エネルギーE_c（m）と h_c（m）の関係を数式で示せ．

（3） 図に示す二等辺三角形断面水路で，水路勾配 i，マニングの粗度係数 n である場合，等流条件の流量 Q（m^3/s）を n，m，h および i で表わせ．なお，水面幅は水深 h と法勾配 m で表わせることに留意すること．

解答

5．相似則に関する以下の問いに答えよ．解答については，結果だけでなく，なぜその結果が得られたかの理由がわかるようにすること．

（1） フルードの相似則を満足するように河川流量を検証する模型実験を行う場合，縮尺（模型のスケール/原型のスケール）を S として，模型の流量 Q_M（m^3/s）をどのように設定すればよいかを，原型の流量 Q_P（m^3/s）と S によって表わせ．

（2） 上記同様にフルードの相似則を満足するような模型実験を行う場合，縮尺（模型のスケール/原型のスケール）を S として，模型で設定する時間 t_M（s）をどのように設定すればよいかを，原型の時間 t_P（s）と S によって表わせ．

（3） 上記同様にレイノルズの相似則を満足するような模型実験を行う場合，縮尺（模型のスケール/原型のスケール）を S として，模型の流量 Q_M（m^3/s）をどのように設定すればよいかを，原型の流量 Q_P（m^3/s）と S によって表せ．

解答

受験番号

電卓は使用不可，解答欄が不足する場合には，ウラ面に記述しても良い。

【問題１】以下の用語を説明せよ。(10 点)

(1) ダイレイタンシー

(2) ネガティブフリクション

【問題２】以下の空欄に適切な語句，数式を記入せよ。答えは下の①～⑮の後に記せ。(15 点)

含水比の変化に伴う粘性土などの細粒土の流動特性を土の①という。

土質力学では状態が変化する境界の含水比に意味を持たせて，下記のように定義している。

- 土が液体から塑性体に移る含水比を②と呼ぶ。
- 土が塑性体から半固体に移る境界の含水比を③と呼ぶ。
- 土が半固体から固体状態に移る含水比を④と呼ぶ。
- ②と③の差は，⑤と呼ばれる。
- 塑性状態で，現在の土の含水比が相対的にどのくらいの位置に相当するかを示す指標は，⑥と呼ばれ，I_L=⑦で表される。

砂や礫などの粗粒土においては，粒状の粒子がお互いに接触し合って積み重なっている。このような粗粒土の構造を⑧という。粗粒土では，粒度分布が物理的特性を把握する上で大きな意味を持つ。粒度分布は，ふるい分け試験によって得られた結果を縦軸に通過質量百分率，横軸に粒径を取り，プロットして表す。この時の曲線を⑨と呼ぶ。この曲線から 10 %径(D_{10})と 60 %径(D_{60})を用いて⑩（U_c）が得られ，U_c=⑪で表される。また，砂では同じ間隙比や乾燥密度を有しても，重力の作用によって取りうる最大の間隙比と最小の間隙比が異なるために，その力学特性が異なる。そこで，締まり具合を表す指標として，⑫（D_r）が用いられ，間隙比 e，および⑬と⑭を用いて，D_r=⑮で表される。

①	②	③	④	⑤
⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
⑪	⑫	⑬	⑭	⑮

【問題３】以下の設問に答えなさい。(25 点)

(1) ダルシーの法則について説明せよ。

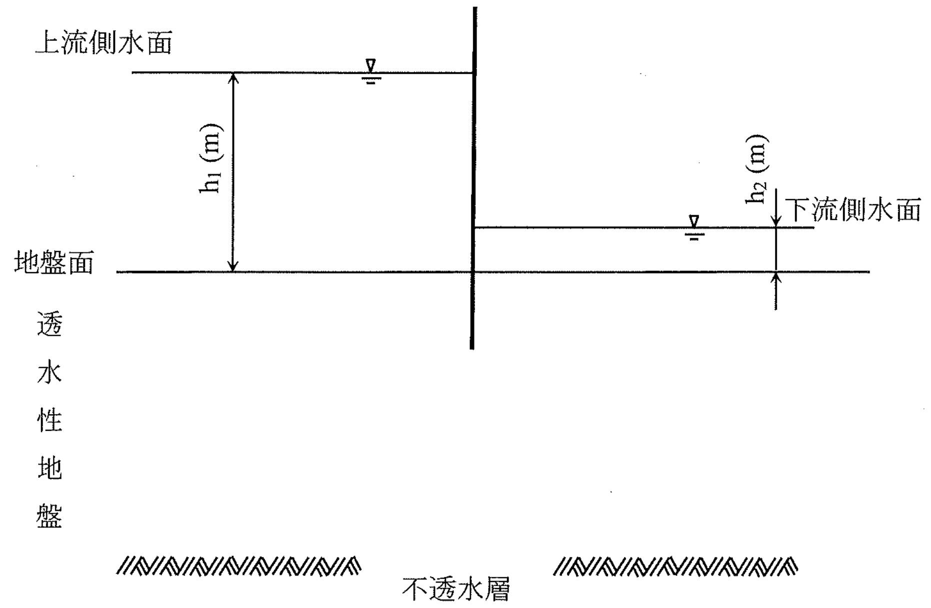
(2) 図に示すような透水性の地盤に止水矢板が打ち込まれている。

①この透水性地盤における流線網を描け。ただし，流線網は，流線を実線，等ポテンシャル線を破線として描くこと。

②上記①で描いた流線網に基づいて，上流側から下流側に流れる奥行き単位長さ当たりの浸透水量 Q (m^3/日) を求めよ。ただし，上流側の水位を h_1 (m)，下流側の水位を h_2 (m)，透水係数を k (m/日)とする。

① 流線網

② 浸透水量 Q



受験番号

【問題４】Terzaghi の一次元圧密理論に関して，以下の設問に答えよ。(50 点)

(1) Terzaghi の一次元圧密理論の根拠となる基本仮定（仮定条件）について，箇条書きに列挙せよ。

(2) 一次元圧密理論の微分方程式 $\dfrac{\partial u}{\partial t} = c_v \dfrac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ を誘導せよ。

【問題５】ある飽和粘性土地盤から不攪乱試料を採取し，UU テストを供試体①②③に対して，それぞれ，拘束圧 90 kPa, 270 kPa, 180 kPa の値のもとで実施したところ，表１に示す結果を得た。(30 点)

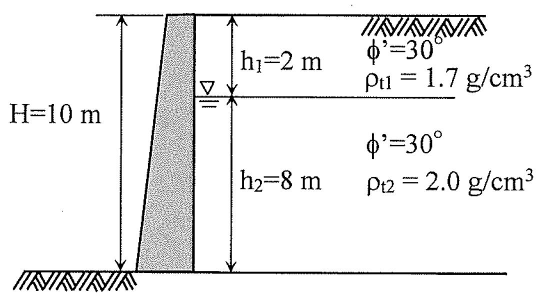
(1) 供試体破壊時の全応力・有効応力モール円を図示せよ。

表１　UU テストの結果

供試体番号	試験開始時		破壊時	
	σ_c kPa	Δu_1 kPa	$\Delta\sigma_{vf}$ kPa	Δu_2 kPa
①	90	0	90	45
②	270	180	90	45
③	180	90	90	45

(2) 上記で求めたモール円から，非排水せん断強さを求めよ。

【問題６】右図に示す地盤条件におけるランキンの主働土圧合力と地下水位以下の水圧を求め，壁面に作用する全圧力を求めよ。ただし，重力加速度 g は 10 m/s^2 として計算すること。(20 点)



2024 年 8 月 28 日

令和7年度大学院博士前期課程
環境創生工学系専攻（土木工学コース）入学試験
確率統計

受験番号：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

※問題を解くにあたっては、解を求めるまでの導出や計算の過程を丁寧に記述してください。

問 1　ある都市にはカフェが 6 店あり，これらの従業員数を調べたところ以下の結果を得た．この結果から各種記述統計量を求めよ．【5 点×4＝20 点】

店舗	A	B	C	D	E	F
従業員数 x_i	4	11	16	5	10	8

(1)　平均値

解答：(　　　　　　)

(2)　中央値

解答：(　　　　　　)

(3)　分散

解答：(　　　　　　)

(4)　以上を基に変動係数を小数点 2 桁まで求めよ．

解答：(　　　　　　)

問2　以下の変量 x, y のデータについて，次の問いに答えよ．【10 点×3＝30 点】

変量 x	x_1	x_2	x_3
変量 y	y_1	y_2	y_3

(1)　x, y の共分散 s_{xy} を求める計算式を以下から選びなさい．なお，x, y の平均値をそれぞれ $\bar{x}$, $\bar{y}$ と表記する．

① $\dfrac{(x_1-\bar{y})(y_1-\bar{x})+(x_2-\bar{y})(y_2-\bar{x})+(x_3-\bar{y})(y_3-\bar{x})}{n}$

② $\dfrac{(x_1-\bar{x})(y_1-\bar{y})+(x_2-\bar{x})(y_2-\bar{y})+(x_3-\bar{x})(y_3-\bar{y})}{n}$

③ $\dfrac{(x_1-\bar{x})(x_2-\bar{x})(x_3-\bar{x})+(y_1-\bar{y})(y_2-\bar{y})(y_3-\bar{y})}{n}$

④ $\dfrac{(x_1-y_1)(x_2-y_2)(x_3-y_3)-\bar{x}\bar{y}}{n}$

解答：(　　　　　)

(2)　x, y の相関係数 r を求める計算式を以下から選びなさい．なお，s_{xy} を x, y の共分散，s_x を x の標準偏差，s_y を y の標準偏差とする．

① $\dfrac{s_{xy}}{s_x+s_y}$　② $\dfrac{s_x s_y}{\sqrt{s_{xy}}}$　③ $\dfrac{\sqrt{s_{xy}}}{s_x s_y}$　④ $\dfrac{s_{xy}}{s_x s_y}$

解答：(　　　　　)

(3)　共分散と相関係数について説明せよ．

解答：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

問3　1から4までの数字が同じ確率で出現する正4面体のサイコロがある．以下の問いに答えよ．【10点×2＝20点】

(1)　サイコロの出る目の平均値（期待値）を求めよ．

解答：（　　　　　）

(2)　サイコロの出る目の分散を求めよ．

解答：（　　　　　）

問4 ある実験の失敗率について，以下のことが知られている．

・実験に失敗する場合，操作AとBのいずれかの怠りがその原因とされている．

・操作Aを怠る確率は20%で，それが原因で実験が失敗する確率は20%

・操作Bを怠る確率は80%で，それが原因で実験が失敗する確率は50%

今，実験が失敗してしまった時，操作Aを怠った確率をベイズの定理を用いて求めよ．

【30点×1＝30点】

解答：（　　　　　%）

問5　2つの事象をA，Bと表す時，以下の用語についてベン図を用いて説明せよ．

【10点×2＝20点】

(1)　積事象

解答：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

ベン図作成欄

(2)　差事象

解答：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

ベン図作成欄

問6 ある工場で重量130.00gのカメラが製造されている．通常，重量の分散が$0.0025\mathrm{g}^2$の正規分布に従うように製造ラインは管理されている．今，製造ラインの管理が適切であるかを確認するため，25個のカメラを無作為に抽出して重量を軽量すると，平均は130.02gであった．この結果から，カメラの製造に問題が生じていないか検定を行う．以下の問いに答えよ．【10点×3＝30点】

(1) 適切な帰無仮説と対立仮説を選択せよ．

選択肢 ① 帰無仮説 H_0: $\mu = 130.00$，対立仮説 H_1: $\mu \neq 130.02$

② 帰無仮説 H_0: $\mu \neq 130.00$，対立仮説 H_1: $\mu = 130.02$

③ 帰無仮説 H_0: $\mu \neq 130.02$，対立仮説 H_1: $\mu = 130.00$

④ 帰無仮説 H_0: $\mu = 130.02$，対立仮説 H_1: $\mu \neq 130.00$

⑤ 帰無仮説 H_0: $\mu = 130.00$，対立仮説 H_1: $\mu \neq 130.00$

解答：(　　　　　　)

以下，前問題（1）の選択肢にある適切な仮説の下で検定を行う．

(2) 検定統計量の実現値z（絶対値をとったもの）を答えよ．

解答：(　　　　　　)

(3) 有意水準5%での適切な検定結果を選択せよ．なお，標準正規分布表より，z(0.025)=1.96であることがわかっている．

選択肢 ① 帰無仮説は棄却され，生産が正常であるという仮説は非常に疑わしい

② 帰無仮説は棄却され，生産に問題が生じているとまでは断言できない

③ 帰無仮説は棄却されず，生産が正常であるという仮説は非常に疑わしい

④ 帰無仮説は棄却されず，生産に問題が生じているとまでは断言できない

解答：(　　　　　　)

2025 年度室蘭工業大学大学院一般（1 次）入試問題の出題意図・評価ポイント

構造力学

【出題の意図・評価ポイント】

構造力学に関する標準的な問題を出題することで、力のつり合い、断面の性質、静定構造の断面力、影響線およびエネルギー法に関する理解度を把握し、計算を行う力をみることを意図した。

１．力のつり合いおよび応力とひずみに関する理解度と計算能力をみる。
２．断面力および曲げ応力に関する理解度と計算能力をみる。
３．影響線に関する理解度をみる。
４．エネルギー法に関する理解度と計算能力を見る。

受験番号

1.　図１に示すように，剛体棒（長さ：l）はＡ点でピン支持，Ａ点から $l/2$ の位置にあるＢ点でケーブル（長さ：$l/2$, 断面積：A，弾性係数：E）に接続されている。いま，Ｃ 点（自由端）に集中荷重 P が作用したとき，(1) ケーブルに作用する軸力 N，および (2) C 点の鉛直方向変位量δ_Cを求めよ。ただし，重力は考慮しなくて良い。

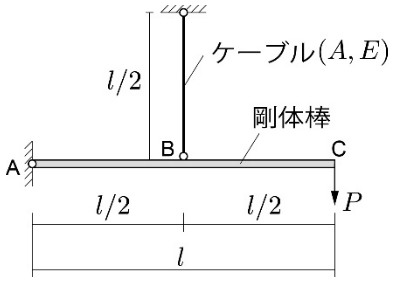


図１

(1) ケーブル軸力

$$\sum M_{atA} = P \cdot l - N \cdot \frac{l}{2} = 0, N = 2P$$

(2) C 点の鉛直方向変位

ケーブルの伸び量（B 点の鉛直方向変位）は，

$$\Delta l = \varepsilon \cdot \frac{l}{2} = \frac{\sigma}{A} \cdot \frac{l}{2} = \frac{N}{AE} \cdot \frac{l}{2} = \frac{Pl}{AE} = \delta_B$$

従って，C 点の鉛直方向変位は,

$$\delta_c = 2 \times \delta_B = \frac{2Pl}{AE}$$

受験番号

2.　図2に示す片持ちばりに関して，以下の問いに答えよ。

(1)　A点の支点反力V_A, M_Aを求めよ（反力の方向を図2に明示すること）。

(2)　曲げモーメント(M)図とせん断力(Q)図を描け。

(3)　はりの断面が矩形断面（幅a，高さ$2a$）とするとき，B点におけるはり断面上縁の曲げ応力度σ_{uB}を求めよ。ただし，引張を正とする。

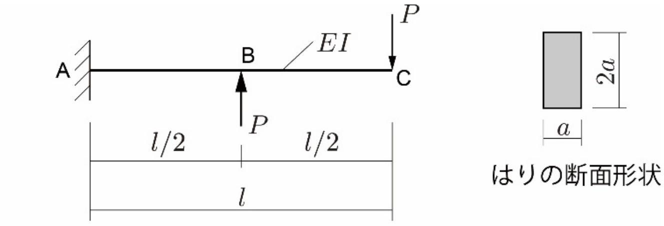
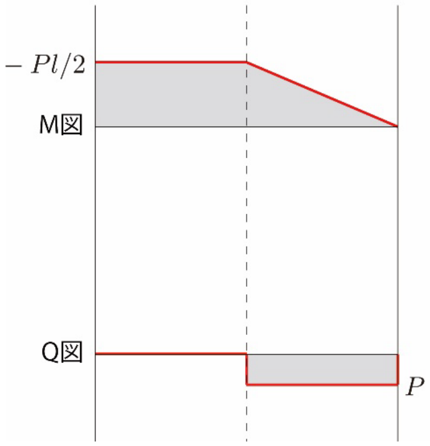


図2



(1) 反力：

V_Aは上向き，M_Aは時計回り，H_Aは右向きを正とすると，

$$V_A = 0, M_A = -\frac{Pl}{2}, H_A = 0$$

(2) 上図の通り

(3) 曲げ応力

$$\sigma_{uB} = \frac{M}{I}y = \frac{-\frac{Pl}{2}}{\frac{a(2a)^3}{12}} \cdot (-a) = -\frac{Pl}{2} \cdot \frac{12}{8a^4} \cdot (-a) = \frac{3Pl}{4a^3}$$

受験番号

3.　図 3 に示すはり構造に関して，各支点の鉛直方向反力（上向きを正）V_A, V_B および A 点の曲げモーメント反力（時計回りを正）M_A，C 点および D 点のせん断力 Q_C, Q_D および曲げモーメント M_C，M_D の影響線を示せ。また，各影響線における代表的な値を示せ。符号 $(+,-)$ を明確にすること。

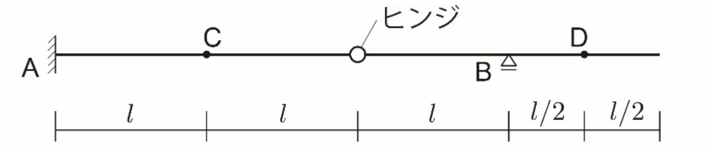
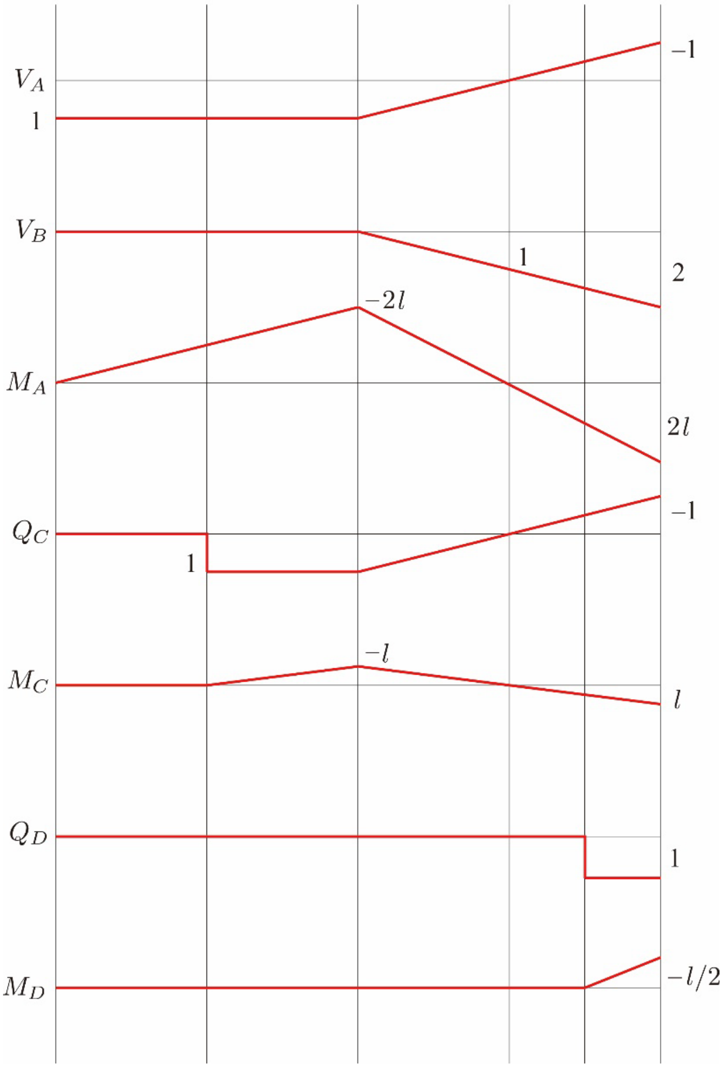


図 3



受験番号

4.　図 4 に示す構造において，以下の問に答えよ。ただし，曲げ剛性 EI は一定とし，軸力およびせん断力の影響は無視してよい。

(1)　C 点の水平方向変位 δ_{CH} を求めよ。

(2)　C 点の鉛直方向変位 δ_{CV} を求めよ。

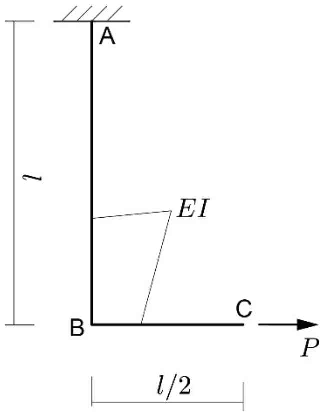


図 4

(1)

C − B 区間

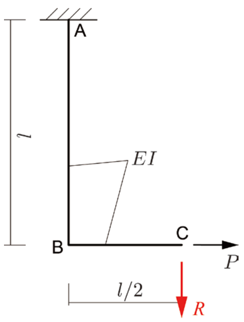
$0 < x_1 < \dfrac{l}{2}$:　$M_{x_1} = 0$

B − A 区間

$0 < x_2 < l$:　$M_{x_2} = P \cdot x_2$，　$\dfrac{\partial M_{x_2}}{\partial P} = x_2$

$$\delta_{CH} = \frac{\partial U}{\partial P} = \frac{\partial U}{\partial M} \cdot \frac{\partial M}{\partial P} = \frac{1}{EI}\int_0^l \{P \cdot x_2\} \cdot x_2 dx_2 = \frac{1}{EI}\int_0^l \{P \cdot x_2^2\} dx_2 = \frac{1}{EI}\left[P \cdot \frac{x_2^3}{3}\right]_0^l = \frac{Pl^3}{3EI}$$

(2)



上図のように，C 点の下向きに仮想荷重$\boldsymbol{R}$を載荷させる。

C − B 区間

$0 < x_1 < \dfrac{l}{2}$:　$M_{x_1} = -R \cdot x_1$，　$\dfrac{\partial M_{x_1}}{\partial R} = -x_1$

B − A 区間

$0 < x_2 < l$:　$M_{x_2} = P \cdot x_2 - R \cdot \dfrac{l}{2}$，　$\dfrac{\partial M_{x_2}}{\partial R} = -\dfrac{l}{2}$

$$\delta_{CV} = \frac{\partial U}{\partial R} = \frac{\partial U}{\partial M} \cdot \frac{\partial M}{\partial R} = \frac{1}{EI}\int_0^{\frac{l}{2}} (-R \cdot x_1) \cdot (-x_1)\, dx_1 + \frac{1}{EI}\int_0^l \left\{P \cdot x_2 - R \cdot \frac{l}{2}\right\} \cdot \left(-\frac{l}{2}\right) dx_2 = \frac{1}{EI}\int_0^l \left(-\frac{Pl}{2} x_2\right) dx_2$$

$$= -\frac{Pl}{2EI}\left[\frac{x_2^2}{2}\right]_0^l = -\frac{Pl}{2EI}\left[\frac{l^2}{2}\right] = -\frac{Pl^3}{4EI}$$

2025 年度 室蘭工業大学大学院 博士前期課程 一般入試（2024 年 8 月 27 日実施）
問題の「出題意図・評価ポイント」

水理学

【出題の意図・評価ポイント】

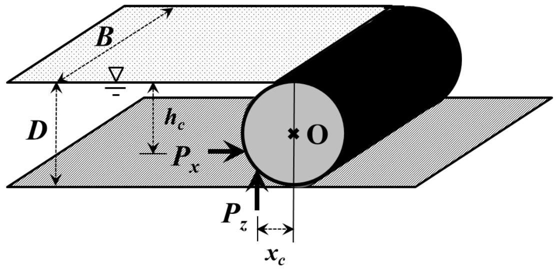
水理学の標準的な問題を出題することで、静水力学、連続の式、ベルヌーイの式、管水路の流れ、開水路の流れ、相似則に関する理解度を把握し、また計算能力を評価することを意図した。

１．水中に置かれた物体に作用する静水圧算定のための理解度と計算能力を評価する。
２．連続の式やベルヌーイの式の理解度と計算能力を評価する。
３．エネルギー損失を考慮した管水路の流れに関する理解度と計算能力を評価する。
４．任意断面の比エネルギーと水深、流量といった開水路の流れに関する理解度と計算能力を評価する。
５．水理実験における模型と原型のフルード相似則、レイノルズ相似則に関する理解度と計算能力を評価する。

2025 年度（2025 年 4 月入学）土木工学コース 大学院博士前期課程入試問題 水理学（解答例）

受験番号：

1．右図に示すように直径 D（m），幅 B（m）のローリングゲート上流部で，水深 D（m）の満水状態で貯水されている．以下の問いに答えよ．なお，重力加速度 g（m/s^2），水の密度 ρ（kg/m^3），円周率 π とする．



（１） 円柱に働く全水圧の水平方向成分 P_x（N），作用点の水面からの距離 h_c（m）を，問題文中で与えられている諸量で表わせ．

（２） 円柱に働く全水圧の鉛直方向成分（浮力）P_z(N)，作用点のゲート中心線からの距離 x_c(m) を，問題文中で与えられている諸量で表わせ．

解答

（１）

全静水圧 P の x 方向成分 P_x は，

$$P_x = \rho g h_G A_x = \rho g \frac{1}{2} D \cdot BD = \underline{\boldsymbol{\frac{1}{2}\rho g B D^2}}$$

作用点の位置 h_c は，

x 方向への投影面での図心までの水深は，$h_G=D/2$

x 方向への投影面での断面 2 次モーメントは，$I_0=1/12BD^3$

$$h_c = h_G + \frac{I_0}{h_G A} = \frac{1}{2}D + \frac{\frac{1}{12}BD^3}{\frac{1}{2}D \cdot BD} = \frac{1}{2}D + \frac{1}{6}D = \underline{\boldsymbol{\frac{2}{3}D}}$$

（２）

全静水圧 P の z 方向成分（浮力）P_z は，ゲートが排除している体積にかかる．よって，その排除容積 V から，

$$P_z = \rho g V = \rho g \frac{1}{2}\left(\frac{\pi D^2}{4}\right) B = \underline{\boldsymbol{\frac{\pi}{8}\rho g B D^2}}$$

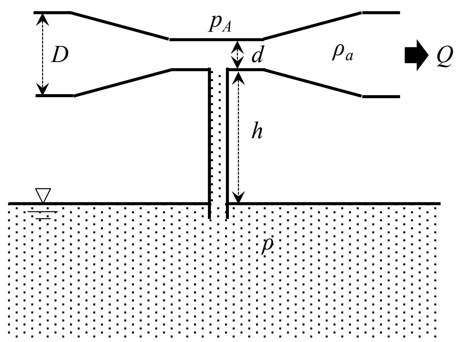
作用点の位置 x_c は，ゲート中心点まわりのモーメントを考えると，

$$x_c P_z - \left(h_c - \frac{D}{2}\right) P_x = 0$$

$$x_c = \frac{P_x}{P_z}\left(h_c - \frac{D}{2}\right) = \frac{\frac{1}{2}\rho g L D^2}{\frac{\pi}{8}\rho g L D^2}\left(\frac{2}{3}D - \frac{1}{2}D\right) = \underline{\boldsymbol{\frac{2}{3\pi}D}}$$

2025 年度（2025 年 4 月入学）土木工学コース 大学院博士前期課程入試問題 水理学
（解答例）

２．右図に示すように管（ベンチュリ管という）の縮流部中心付近で縦管が接続され，下方に貯まっている密度 ρ（kg/m^3）の液体が高さ h（m）まで吸い上げられている．以下の問いに答えよ．なお，ベンチュリ管は水平に置かれており，密度 ρ_a（kg/m^3）の空気を流すものとし，開口部となっている管の流出入部の管径を D（m），縮流部の管径を d（m），重力加速度を g（m/s^2），円周率を π とする．



（１） 管内における空気の流量 Q（m^3/s）としたとき，ベルヌーイの式に基づき，縮流部の圧力 p_A（N/m^2）を，Q および問題文中で与えられている諸量で表わせ．

（２） 縮流部に接続されている縦管で h（m）だけ液体を吸い上げるのに必要な空気の流量 Q（m^3/s）を，h および問題文中で与えられている諸量で表わせ．なお，下方にある液体面とベンチュリ管縮流部の圧力はつりあっているとみなせる．

解答

（１）

縮流部を A 点，流出部を B 点としてベルヌーイの定理を適用すると，

$$\frac{{v_A}^2}{2g}+\frac{p_A}{\rho_a g}+z_A=\frac{{v_B}^2}{2g}+\frac{p_B}{\rho_a g}+z_B$$

上式において $p_B=0$，$z_A=z_B$ より，縮流部の圧力 p_A は，

$$p_A=\frac{\rho_a}{2}({v_B}^2-{v_A}^2)=\frac{\rho_a}{2}\left[\left(\frac{Q}{\pi D^2/4}\right)^2-\left(\frac{Q}{\pi d^2/4}\right)^2\right]=\underline{\boldsymbol{\frac{8\rho_a Q^2}{\pi^2}\left[\frac{1}{D^4}-\frac{1}{d^4}\right]}}$$

（２）

大気圧のかかる液体面を C 点として，C 点と縮流部（A 点）の圧力のつりあいより，

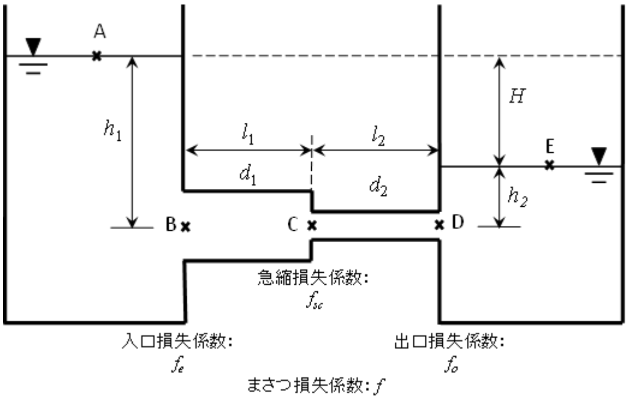
$$p_C=0=p_A+\rho g h\ \rightarrow\ p_A=\frac{8\rho_a Q^2}{\pi^2}\left[\frac{1}{D^4}-\frac{1}{d^4}\right]=-\rho g h$$

よって，吸い上げ高さ h となるための流量 Q は，

$$\underline{Q=\boldsymbol{\pi\sqrt{\frac{\rho g h}{8\rho_a\left[\frac{1}{d^4}-\frac{1}{D^4}\right]}}}}$$

2025 年度（2025 年 4 月入学）土木工学コース 大学院博士前期課程入試問題 水理学
（解答例）

３．右図に示すように水槽間に水平に管路が敷設されており，途中で急縮している．水槽間の水位差が H（m）であるとき，以下の問いに答えよ．なお，図中の B 点～C 点間の太い管の管径を d_1(m)，長さを l_1(m)，C 点～D 点間の細い管の管径を d_2（m），長さを l_2（m）とし，入口損失係数を f_e，急縮損失係数を f_{sc}，出口損失係数を f_o，まさつ損失係数を f，重力加速度を g（m/s^2），円周率を π とする．



（１） 太い管の管内平均流速を u_{m1}（m/s）としたとき，B 点～C 点間のまさつ損失水頭 h_{f1}（m）を u_{m1} および問題文中で与えられている諸量で表わせ．また，このまさつ損失水頭を求める式の名称を書け．

（２） 太い管の管内平均流速を u_{m1}（m/s），細い管の管内平均流速を u_{m2}（m/s）としたとき，水位差 H（m）を，管内のまさつ損失，形状損失をすべて考慮して u_{m1}，u_{m2} および問題文中で与えられている諸量で表わせ．

（３） 図の通り水槽間の水位差が H（m）であるとき，管に流しうる流量 Q（m^3/s）を問題文中で与えられている諸量で表わせ．

解答

（１）

$h_{f1} = \underline{f\frac{l_1}{d_1}\frac{{u_{m1}}^2}{2g}}$，式の名称；**<u>ダルシー・ワイズバッハ（Darcy Weisbach）の式</u>**

（２）

$$H=\underline{f\frac{l_1}{d_1}\frac{u_{m1}^2}{2g}+f\frac{l_2}{d_2}\frac{u_{m2}^2}{2g}+f_e\frac{u_{m1}^2}{2g}+f_{sc}\frac{u_{m2}^2}{2g}+f_o\frac{u_{m2}^2}{2g}}$$

（注）急拡損失の流速は細い管の流速，u_{m2} となることに注意

（３）

$$H = f\frac{l_1}{d_1}\frac{1}{2g}\left(\frac{4Q}{\pi {d_1}^2}\right)^2 + f\frac{l_2}{d_2}\frac{1}{2g}\left(\frac{4Q}{\pi {d_2}^2}\right)^2 + f_e\frac{1}{2g}\left(\frac{4Q}{\pi {d_1}^2}\right)^2 + f_{sc}\frac{1}{2g}\left(\frac{4Q}{\pi {d_2}^2}\right)^2 + f_o\frac{1}{2g}\left(\frac{4Q}{\pi {d_2}^2}\right)^2 = \left[\left(f\frac{l_1}{d_1}+f_e\right)\frac{1}{d_1^4} + \left(f\frac{l_2}{d_2}+f_{sc}+f_o\right)\frac{1}{d_2^4}\right]\frac{8}{g\pi^2}Q^2$$ より，

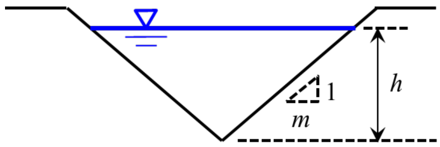
$$Q = \underline{\frac{\pi}{\sqrt{8}}\sqrt{\frac{gH}{\left(f\frac{l_1}{d_1}+f_e\right)\frac{1}{d_1^4}+\left(f\frac{l_2}{d_2}+f_{sc}+f_o\right)\frac{1}{d_2^4}}}}$$

解答を書ききれない場合は次頁に続けて書いてもよい．

つづき

2025 年度（2025 年 4 月入学）土木工学コース 大学院博士前期課程入試問題 水理学
（解答例）

4．右下図に示すような水深 h（m），法勾配 1:m をもつ二等辺三角形断面水路に関する以下の問いに答えよ．なお，重力加速度は g（m/s^2）とする．



（１） 図に示す二等辺三角形断面水路で，流量 Q（m^3/s），が流れる場合の比エネルギーE（m）を，Q，m，h および g で表わせ．

（２） 図に示す二等辺三角形断面水路で，比エネルギーE（m）が最小となる水深が限界水深 h_c（m）である．h_c を Q，m および g で表わせ．また，その際の比エネルギーE_c（m）と h_c（m）の関係を数式で示せ．

（３） 図に示す二等辺三角形断面水路で，水路勾配 i，マニングの粗度係数 n である場合，等流条件の流量 Q（m^3/s）を n，m，h および i で表わせ．なお，水面幅は水深 h と法勾配 m で表わせることに留意すること．

解答

（１）

$$\boldsymbol{E} = \frac{v^2}{2g} + h = \frac{Q^2}{2gA^2} + h = \frac{Q^2}{2g(mh^2)^2} + h = \underline{\boldsymbol{\frac{Q^2}{2gm^2h^4} + h}}$$

（２）

E の極小点（最小値）では，

$$\frac{dE}{dh} = -\frac{2Q^2}{gm^2h^5} + 1 = 0 \quad \text{となるので，} \boldsymbol{h_c} = \sqrt[5]{\frac{2Q^2}{gm^2}} = \underline{\boldsymbol{\left(\frac{2Q^2}{gm^2}\right)^{1/5}}}$$

上式を両辺 5 乗して整理すると，$h_c = \frac{2Q^2}{gm^2{h_c}^4}$なので，その際の比エネルギーは，

$$\boldsymbol{E_c} = \frac{Q^2}{2gm^2{h_c}^4} + h_c = \frac{1}{4}\left(\frac{2Q^2}{gm^2{h_c}^4}\right) + h_c = \frac{1}{4}h_c + h_c = \underline{\boldsymbol{\frac{5}{4}h_c}}$$

（３）

水面幅；$B = 2mh$，流積；$A = \frac{1}{2}Bh = mh^2$，潤辺；$S = 2h\sqrt{1+m^2}$より，径深；$R = \frac{A}{S} = \frac{mh}{2\sqrt{1+m^2}}$

$$\boldsymbol{Q} = Av = A\frac{1}{n}R^{2/3}i^{1/2} = mh^2\frac{1}{n}\left(\frac{mh}{2\sqrt{1+m^2}}\right)^{2/3} i^{1/2} = \underline{\boldsymbol{\frac{1}{n}\frac{m^{5/3}h^{8/3}}{\left(2\sqrt{1+m^2}\right)^{2/3}}i^{1/2}}}$$

2025 年度（2025 年 4 月入学）土木工学コース 大学院博士前期課程入試問題 水理学
（解答例）

５．相似則に関する以下の問いに答えよ．解答については，結果だけでなく，なぜその結果が得られたかの理由がわかるようにすること．

（１） フルードの相似則を満足するように河川流量を検証する模型実験を行う場合，縮尺（模型のスケール/原型のスケール）を S として，模型の流量 Q_M（m³/s）をどのように設定すればよいかを，原型の流量 Q_P（m³/s）と S によって表わせ．

（２） 上記同様にフルードの相似則を満足するような模型実験を行う場合，縮尺（模型のスケール/原型のスケール）を S として，模型で設定する時間 t_M（s）をどのように設定すればよいかを，原型の時間 t_P（s）と S によって表わせ．

（３） 上記同様に<u>レイノルズの相似則</u>を満足するような模型実験を行う場合，縮尺（模型のスケール/原型のスケール）を S として，模型の流量 Q_M（m³/s）をどのように設定すればよいかを，原型の流量 Q_P（m³/s）と S によって表せ．

解答

（１）

フルードの相似則に基づく流速の比は，

$$\frac{v_M}{v_P} = \frac{\sqrt{gD_M}}{\sqrt{gD_P}} = \left(\frac{D_M}{D_P}\right)^{1/2} = S^{1/2}$$

よって，流量の比は，

$$\frac{Q_M}{Q_P} = \frac{L_M \cdot D_M \cdot v_M}{L_P \cdot D_P \cdot v_P} = S \cdot S \cdot S^{1/2} = S^{5/2}$$ これより，$\boldsymbol{Q_M = \underline{Q_P \cdot S^{5/2}}}$

（２）

フルードの相似則に基づく時間の比は，

$$\frac{t_M}{t_P} = \frac{L_M/v_M}{L_P/v_P} = \left(\frac{L_M}{L_P}\right)\Big/\left(\frac{v_M}{v_P}\right) = S/S^{1/2} = S^{1/2}$$ これより，$\boldsymbol{t_M = \underline{t_P \cdot S^{1/2}}}$

（３）

原型に対する模型の縮尺をSとしたとき，レイノルズ相似則において，流速比および流量比は，

$$\frac{v_M}{v_P} = \frac{D_P}{D_M}\frac{v_M}{v_P} = \left(\frac{D_M}{D_P}\right)^{-1} = S^{-1}, \quad \frac{Q_M}{Q_P} = \frac{L_M \cdot D_M \cdot v_M}{L_P \cdot D_P \cdot v_P} = S \cdot S \cdot S^{-1} = S$$ これより，$\boldsymbol{Q_M = \underline{Q_P \cdot S}}$

2025年度室蘭工業大学大学院一般入試問題（第1次募集）の出題意図・評価ポイント

土質力学

【出題の意図・評価ポイント】

土質力学に関する標準的な問題を出題することで、土の物理的性質、土中の水の流れ（透水）、土の圧密、土のせん断特性、地盤の安定問題（土圧）に関する理解度を把握し、計算を行う力をみることを意図した。

１．土質力学における基本的な用語に関する理解度をみる。
２．土の物理的性質に関する理解度をみる。
３．土中の水の流れについて透水に関する理解度をみる。
４．土の圧密理論の骨格をなす Terzaghi の一次元圧密理論に関する理解度をみる。
５．土のせん断特性に関する理解度と計算能力をみる。
６．地盤の安定問題に関して、土圧に関する理解度と計算能力をみる。

受験番号

電卓は使用不可，解答欄が不足する場合には，ウラ面に記述しても良い。

【問題１】以下の用語を説明せよ。

(1) ダイレイタンシー

（解答例）

せん断力によって体積変化が生じる現象。　体積が増加（膨張）する場合を正のダイレイタンシー，体積が減少（収縮）する場合を負のダイレイタンシーと呼んでいる。排水せん断では，一般に，正規圧密粘土や緩い砂で負のダイレイタンシーを示し，過圧密粘土や密な砂で正のダイレイタンシーを示す。

(2) ネガティブフリクション

（解答例）

杭基礎された地盤が圧密沈下を生じると，杭には先端支持力があるため，地盤は沈下するが，杭は沈下しないように抵抗する。この時，結果として，杭には下向きの摩擦力が作用する。

この摩擦力をネガティブフリクションと呼ぶ。

【問題２】以下の空欄に適切な語句，数式を記入せよ。答えは下の①～⑮の後に記せ。

含水比の変化に伴う粘性土などの細粒土の流動特性を土の ① という。

土質力学では状態が変化する境界の含水比に意味を持たせて，下記のように定義している。

- 土が液体から塑性体に移る含水比を ② と呼ぶ。
- 土が塑性体から半固体に移る境界の含水比を ③ と呼ぶ。
- 土が半固体から固体状態に移る含水比を ④ と呼ぶ。
- ② と ③ の差は， ⑤ と呼ばれる。
- 塑性状態で，現在の土の含水比が相対的にどのくらいの位置に相当するかを示す指標は， ⑥ と呼ばれ，I_L= ⑦ で表される。

砂や礫などの粗粒土においては，粒状の粒子がお互いに接触し合って積み重なっている。このような粗粒土の構造を ⑧ という。粗粒土では，粒度分布が物理的特性を把握する上で大きな意味を持つ。粒度分布は，ふるい分け試験によって得られた結果を縦軸に通過質量百分率，横軸に粒径を取り，プロットして表す。この時の曲線を ⑨ と呼ぶ。この曲線から 10 %径(D_{10})と 60 %径(D_{60})を用いて ⑩ （U_c）が得られ，U_c= ⑪ で表される。また，砂では同じ間隙比や乾燥密度を有しても，重力の作用によって取りうる最大の間隙比と最小の間隙比が異なるために，その力学特性が異なる。そこで，締まり具合を表す指標として， ⑫ （D_r）が用いられ，間隙比 e，および ⑬ と ⑭ を用いて，D_r= ⑮ で表される。

（解答例）

① ｺﾝｼｽﾃﾝｼｰ　② 液性限界　③ 塑性限界　④ 収縮限界　⑤ 塑性指数

⑥ 液性指数　⑦ $(w-w_p)/(w_L-w_p)$　⑧ 単粒構造　⑨ 粒径加積曲線　⑩ 均等係数

⑪ D_{60}/D_{10}　⑫ 相対密度　⑬ 最大間隙比 e_{max} 又は最小間隙比 e_{min}　⑭ 最小間隙比 e_{min} 又は最大間隙比 e_{max}　⑮ $(e_{max}-e)/(e_{max}-e_{min})$

【問題３】以下の設問に答えなさい。

(1) ダルシーの法則について説明せよ。

（解答例）

水の流速は，動水勾配に比例するという法則であり，次式で表される。

$v=ki$，ここで，v：水の流速，k：透水係数，i：動水勾配

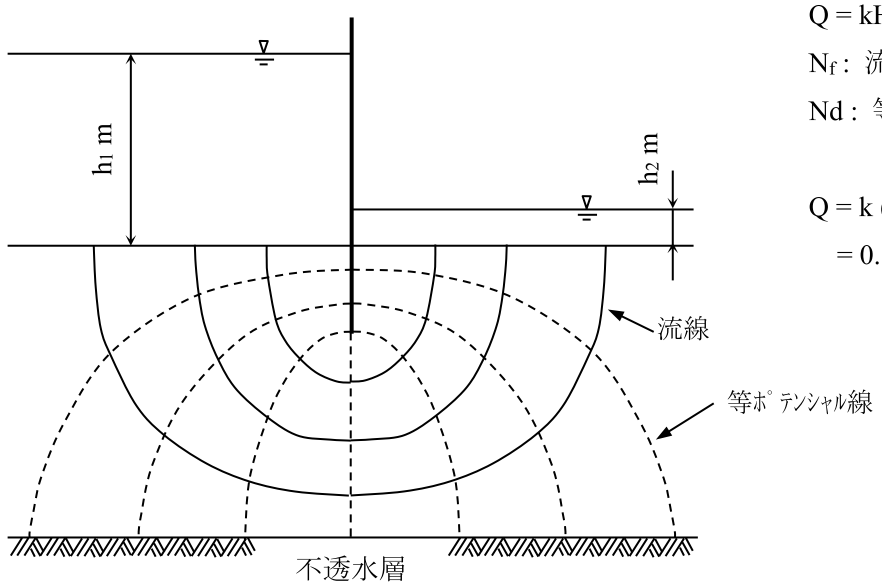
(2) 図に示すような透水性の地盤に止水矢板が打ち込まれている。

①この透水性地盤における流線網を描け。ただし，流線網は，流線を実線，等ポテンシャル線を破線として描くこと。

②上記①で描いた流線網に基づいて，上流側から下流側に流れる奥行き単位長さ当たりの浸透水量 Q (m^3/日) を求めよ。ただし，上流側の水位を h_1 (m)，下流側の水位を h_2 (m)，透水係数を k (m/日)とする。

①流線網

（解答例）



②浸透水量 Q (m^3/日)

（解答例）

$Q = kH \times N_f/N_d$

N_f：流線に挟まれた部分の数

Nd：等ﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ線に挟まれた部分の数

$Q = k\,(h_1-h_2) \times 4/8$

$= 0.5\,k\,(h_1-h_2)$　(m^3/日)

【問題４】Terzaghi の一次元圧密理論に関して，以下の設問に答えよ。

(1) Terzaghi の一次元圧密理論の根拠となる基本仮定（仮定条件）について，箇条書きに列挙せよ。

（解答例）

①.粘土は均質，②.粘土は完全飽和，③.粘土粒子および間隙水は非圧縮性

④.粘土に加わる圧密荷重は，圧密期間中，または，全粘土層中，どこでも一定値。ただし，粘土の自重による応力は無視。⑤.粘土の骨格構造の圧縮方向は荷重方向と同じで一次元的に作用。

⑥.間隙水の流れは，荷重方向と同じで一次元的に生じる。⑦.間隙水の流れは Darcy の法則に従う。

⑧.有効圧密応力σ’と圧縮ひずみεは直線関係，⑨.透水係数 k 及び圧密係数 c_v は，圧密期間中，一定。

⑩.圧密による粘土層の厚さ変化による影響は無視する。

(2) 一次元圧密理論の微分方程式 $\dfrac{\partial u}{\partial t} = c_v \dfrac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ を誘導せよ。

（解答例）

図-1 に示すような一次元圧密における透水と応力が作用する断面積 A，厚さΔz の微小要素について考える。

Δt 時間における土要素からの排水量Δq は，$\Delta q = (v+\partial v/\partial z\,\Delta t)A\Delta t - vA\Delta t = \partial v/\partial z\,\Delta z A\Delta t$ ――― ①

荷重 p による過剰間隙水圧を u とすると全水頭は，$h = z+(H_D-z)+ u/\gamma_w = H_D+ u/\gamma_w$ ―― ②

z における動水勾配 i は，$i = -\partial h/\partial z$ であるから，ダルシーの法則および②式より，$v = ki = -k\,\partial h/\partial z = -k\,1/\gamma_w\,\partial u/\partial z$

これを①式に代入すると，$\Delta q = -1/\gamma_w\,\partial/\partial z\,(k\,\partial u/\partial z)\,\Delta z A\Delta t$　となる。

次に，図-2 に示すように，排水によって生じる土要素の骨格の収縮を考える（図-2）。

排水によって土の微小要素に生じる体積収縮量ΔV_vは，単位面積で$(1+e_0)V_s = \Delta z$ と置き換えて考えると，

$\Delta V_v = \Delta e V_s = (\Delta e\Delta z A)/(1+e_0)$，単位時間当たりの体積収縮量ΔV は，$\Delta e/\Delta t\, V_s = \Delta z/(1+e_0)\,\Delta e/\Delta t\, A$

故に，$\Delta V = -1/(1+e_0)\,\partial e/\partial t\,\Delta z A\Delta t$

いま，間隙水の排水量と体積収縮量は等しいので，$\Delta q = \Delta V$，よって，$1/\gamma_w\,\partial/\partial z\,(k\,\partial u/\partial z) = 1/(1+e_0)\,\partial e/\partial t$ ―― ③

外荷重 p は時間的に変化しないことから，間隙水圧の減少分だけ有効応力が増加するので，$\Delta u = -\Delta\sigma'$

一方，Δσ’は鉛直ひずみの変化Δεをもたらすので，$\Delta\varepsilon = m_v\,\Delta\sigma'$（$m_v$ は体積圧縮係数），これを③式に代入して，$\Delta u = -1/m_v\,\Delta\varepsilon$

ここで，$\Delta\varepsilon = \Delta V_v / V = \Delta V_v / (V_s + V_v) = (\Delta V_v/V_s) / (1 + V_v/V_s) = -\Delta e / (1+e_0)$,

よって，$\Delta u = 1/m_v\,\Delta e / (1+e_0)$，ゆえに，単位時間当たりの変化量は，$\partial u/\partial t = 1/m_v\,1/(1+e_0)\,\partial e/\partial t$

これを，③式に代入し，k = 一定であることから，$\partial u/\partial t = 1/(m_v\gamma_w)\,(\partial/\partial z)\,(k\,\partial u/\partial z) = k/(m_v\gamma_w)\,\partial^2 u/\partial z^2$

ここで，$c_v = k / (m_v\gamma_w)$　（圧密係数）より，$\partial u/\partial t = c_v\,\partial^2 u/\partial z^2$　を得る。

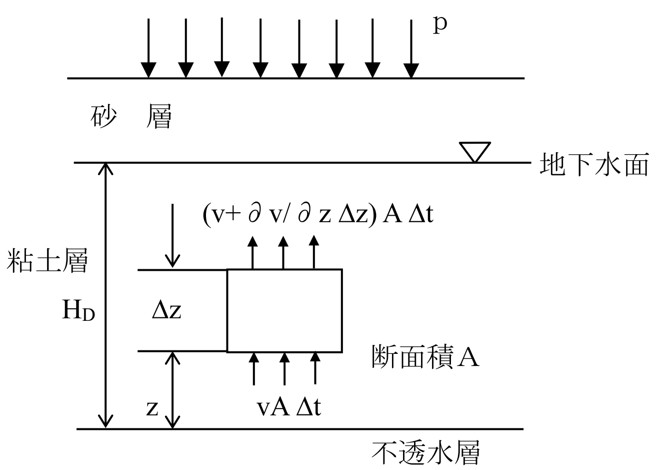


図-1 一次元圧密における透水と作用応力

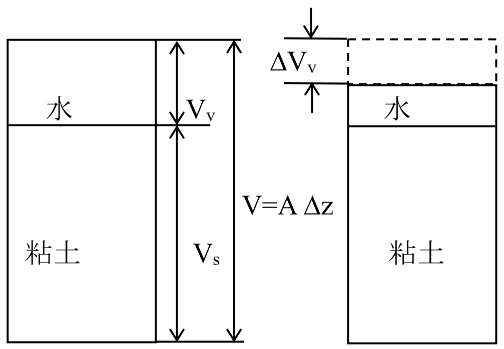


図-2 排水によって生じる飽和粘土要素の収縮

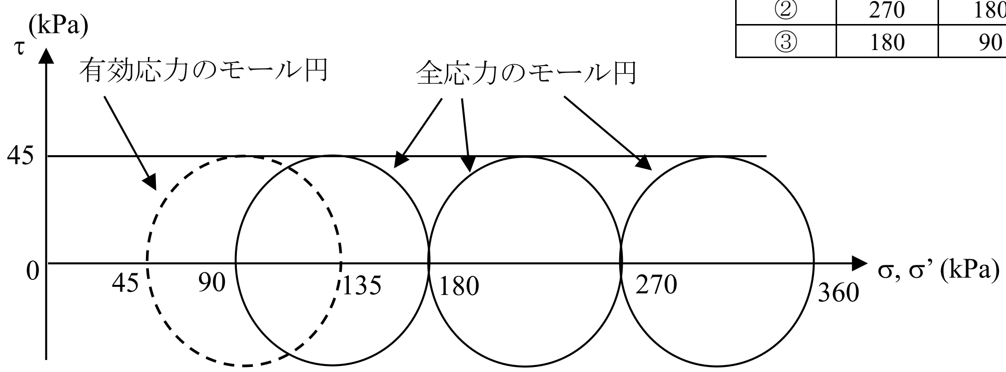
【問題５】ある飽和粘性土地盤から不攪乱試料を採取し，UU テストを供試体①②③に対して，それぞれ，拘束圧 90 kPa, 270 kPa, 180 kPa の値のもとで実施したところ，表 1 に示す結果を得た。

(1) 供試体破壊時の全応力・有効応力モール円を図示せよ。

表 1　UU テストの結果

供試体番号	試験開始時		破壊時	
	σ_c kPa	Δu_1 kPa	$\Delta\sigma_{vf}$ kPa	Δu_2 kPa
①	90	0	90	45
②	270	180	90	45
③	180	90	90	45

（解答例）



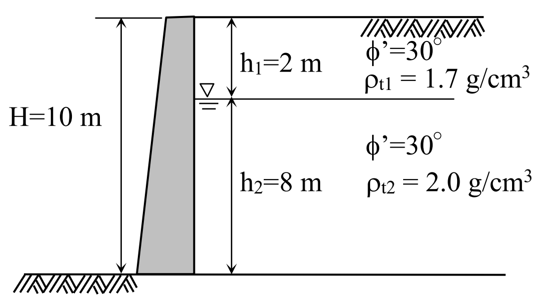
(2) 上記で求めたモール円から，非排水せん断強さを求めよ。

（解答例）

モールの応力円より，非排水せん断強さは，$s_u = 45$ kPa　となる。

【問題６】右図に示す地盤条件におけるランキンの主働土圧合力と地下水位以下の水圧を求め，壁面に作用する全圧力を求めよ。ただし，重力加速度 g は 10 m/s² として計算すること。なお，図中，ρ_{t1}，ρ_{t2} は各層の湿潤密度，ϕ’ はせん断抵抗角である。

（解答例）



Rankin の主働土圧係数 $K_a = \frac{1-\sin\varphi'}{1+\sin\varphi'} = \frac{0.5}{1.5} = 1/3$　である。

h_1=2 m 部分に作用する主働土圧 P_{A1} を求めると，

P_{A1}= ((1.7×10×2)×1/3)×2×1/2 = 11.3 kN/m

h_2=8 m 部分に作用する主働土圧のうち，地表面から 2 m の位置の鉛直応力によって生じる主働土圧 P_{A2} を求めると，

P_{A2}= ((1.7×10×2)×1/3)×8= 90.7 kN/m

h_2=8 m 部分に作用する主働土圧のうち，鉛直有効応力によって生じる主働土圧 P_{A3} を求めると，

P_{A3}= (((2.0-1.0)×10×8)×1/3)×8×1/2 = 106.7 kN/m

よって，主働土圧合力 P_A として，　P_A = 11.3 + 90.7 + 106.7 = 208.7 kN/m を得る。

一方，地下水位以下の水圧 P_w は，　P_w = (1×10×8)×1×8/2 = 320 kN/m と求められるので,

ゆえに，全圧力 P は,

P + P_w = 208.7 + 320 = 528.7 kN/m となる。

2025 年度室蘭工業大学大学院一般（1 次）入試問題の出題意図・評価ポイント

確率統計

【出題の意図・評価ポイント】

確率統計に関する標準的な問題を出題することで、記述統計量、相関係数、ベイズの定理および統計的仮説検定に関する理解度を把握し、計算を行う力をみることを意図した。

１．得られているデータに対して，基本的な記述統計量の理解度と計算能力をみる。
２．共分散と相関係数の理解度と計算能力をみる。
３．確率の基本として，期待値と分散の計算能力をみる。
４．ベイズの定理に関する計算能力を見る。
５．確率に関する事象間の関係について理解度をみる。
６．統計的仮説検定について計算能力と理解度をみる。

2024 年 8 月 28 日

2025 年度大学院博士前期課程
環境創生工学系専攻（土木工学コース）入学試験
確率統計　（解答例）

受験番号：＿＿＿＿＿＿＿＿

※問題を解くにあたっては、解を求めるまでの導出や計算の過程を丁寧に記述してください。

問 1　ある都市にはカフェが 6 店あり，これらの従業員数を調べたところ以下の結果を得た．この結果から各種記述統計量を求めよ．

店舗	A	B	C	D	E	F
従業員数 x_i	4	11	16	5	10	8

(1)　平均値

解答：(　　　9.0　　　)

n 個の観測値があるとき，平均値は観測値の合計を n で割った値である．

(2)　中央値

解答：(　　　9.0　　　)

中央値は，観測値を大きい順に並べたとき，その中央に位置する値（の平均値）である．

この場合，16，11，10，8，5，4 の順であり，中央に位置する 10 と 8 の平均値が中央値となる．

(3)　分散

解答：(　　　16.0　　)

n 個の観測値とその平均値$\bar{x}$があるとき，分散S^2を求める式は，$S^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2$である．

(4)　以上を基に変動係数を小数点 2 桁まで求めよ．

解答：(　　　0.44　　)

変動係数は，標準偏差 s を平均値で割った値である．

問 2　以下の変量 x，y のデータについて，次の問いに答えよ．

変量 x	x_1	x_2	x_3
変量 y	y_1	y_2	y_3

(1)　x，y の共分散s_{xy}を求める計算式を以下から選びなさい．なお，x，y の平均値をそれぞれ$\bar{x}$，$\bar{y}$と表記する．

①　$\frac{(x_1-\bar{y})(y_1-\bar{x})+(x_2-\bar{y})(y_2-\bar{x})+(x_3-\bar{y})(y_3-\bar{x})}{n}$

②　$\frac{(x_1-\bar{x})(y_1-\bar{y})+(x_2-\bar{x})(y_2-\bar{y})+(x_3-\bar{x})(y_3-\bar{y})}{n}$

③　$\frac{(x_1-\bar{x})(x_2-\bar{x})(x_3-\bar{x})+(y_1-\bar{y})(y_2-\bar{y})(y_3-\bar{y})}{n}$

④　$\frac{(x_1-y_1)(x_2-y_2)(x_3-y_3)-\bar{x}\bar{y}}{n}$

解答：（　②　）

(2)　x，y の相関係数 r を求める計算式を以下から選びなさい．なお，s_{xy}を x，y の共分散，s_xを x の標準偏差，s_yを y の標準偏差とする．

①　$\frac{s_{xy}}{s_x+s_y}$　②　$\frac{s_x s_y}{\sqrt{s_{xy}}}$　③　$\frac{\sqrt{s_{xy}}}{s_x s_y}$　④　$\frac{s_{xy}}{s_x s_y}$

解答：（　④　）

(3)　共分散と相関係数について説明せよ．

解答：例：共分散とは変量 X と変量 Y の二組の対応するデータがあるとき，「X の偏差」×「Y の偏差」の平均値を計算することで，X の値の動きに対して Y がどの方向に変化するのか，すなわち相関の向きを把握できる．ただし，共分散の値はそもそもの X，Y の規模に依存する．そこで，「X の標準偏差」×「Y の標準偏差」で割ることにより正規化した相関係数を求めることで，相関の向きと強弱の 2 つを示す定量的な指標となる．

問3　1 から 4 までの数字が同じ確率で出現する正 4 面体のサイコロがある．以下の問いに答えよ．

(1)　サイコロの出る目の平均値（期待値）を求めよ．

解答：(　2.5　)

各目が出る確率は$\frac{1}{4}$であることから，期待値$E[X]$は$\frac{1+2+3+4}{4}$=2.5

(2)　サイコロの出る目の分散を求めよ．

解答：(　1.25　)

分散$E[V]$は，上記の期待値を用いて，以下の式から得られる．

$$E[V] = \frac{1}{4}\{(1-2.5)^2 + (2-2.5)^2 + (3-2.5)^2 + (4-2.5)^2\} = 1.25$$

問 4 ある実験の失敗率について，以下のことが知られている．

・実験に失敗する場合，操作 A と B のいずれかの怠りがその原因とされている．

・操作 A を怠る確率は 20%で，それが原因で実験が失敗する確率は 20%

・操作 B を怠る確率は 80%で，それが原因で実験が失敗する確率は 50%

今，実験が失敗してしまった時，操作 A を怠った確率をベイズの定理を用いて求めよ．

解答：(　9.1　%)

操作 A を怠る確率を P(A)，それが原因で実験が失敗する確率を P(E|A)とする．

また，操作 B を怠る確率を P(B)，それが原因で実験が失敗する確率を P(E|B)とする．

よって，実験が失敗してしまった時，操作 A を怠った確率は，P(A|E)と表される．

これをベイズの定理の式に当てはめると，

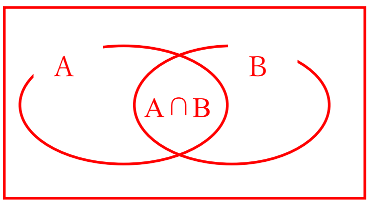
$$P(A|E) = \frac{P(A) \cdot P(E|A)}{P(A) \cdot P(E|A) + P(B) \cdot P(E|B)} = 0.0909$$

問 5　２つの事象を A，B と表す時，以下の用語についてベン図を用いて説明せよ．

(1)　積事象

解答：例：「A∩B」と表し，事象 E と事象 F がともに事象である．

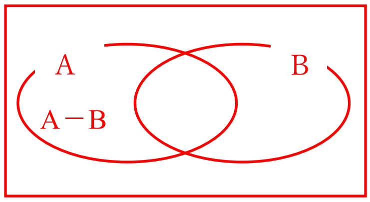
ベン図作成欄



(2)　差事象

解答： 例：「A－B」または「A＼B」と表す場合，事象 A が起こり，事象 B が起こらない事象である．

ベン図作成欄



問 6　ある工場で重量 130.00g のカメラが製造されている．通常，重量の分散が 0.0025g^2 の正規分布に従うように製造ラインは管理されている．今，製造ラインの管理が適切であるかを確認するため，25 個のカメラを無作為に抽出して重量を軽量すると，平均は 130.02g であった．この結果から，カメラの製造に問題が生じていないか検定を行う．以下の問いに答えよ．

(1) 適切な帰無仮説と対立仮説を選択せよ．

選択肢　① 帰無仮説 H_0: μ = 130.00，対立仮説 H_1: μ ≠ 130.02
② 帰無仮説 H_0: μ ≠ 130.00，対立仮説 H_1: μ = 130.02
③ 帰無仮説 H_0: μ ≠ 130.02，対立仮説 H_1: μ = 130.00
④ 帰無仮説 H_0: μ = 130.02，対立仮説 H_1: μ ≠ 130.00
⑤ 帰無仮説 H_0: μ = 130.00，対立仮説 H_1: μ ≠ 130.00

解答：(　⑤　)

以下，前問題（1）の選択肢にある適切な仮説の下で検定を行う．

(2) 検定統計量の実現値 z（絶対値をとったもの）を答えよ．

解答：(　**2.00**　)

統計量 z は以下の式から得られる．

$$z = \frac{\bar{x}-\mu}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}}$$

ここで，$\bar{x}$: データの平均，μ：母平均，σ^2: 母分散，n: サンプルサイズである．

(3) 有意水準 5%での適切な検定結果を選択せよ．なお，標準正規分布表より，z(0.025)=1.96 であることがわかっている．

選択肢　① 帰無仮説は棄却され，生産が正常であるという仮説は非常に疑わしい
② 帰無仮説は棄却され，生産に問題が生じているとまでは断言できない
③ 帰無仮説は棄却されず，生産が正常であるという仮説は非常に疑わしい
④ 帰無仮説は棄却されず，生産に問題が生じているとまでは断言できない

解答：(　①　)