

千葉大学大学院工学研究科及び融合科学研究科
平成29年4月入学及び平成28年10月入学
博士前期課程入学試験学力検査問題
専門科目
(建築・都市科学専攻 都市環境システムコース)

注意事項

- (1) この問題冊子は、工学研究科建築・都市科学専攻 都市環境システムコース（博士前期課程平成29年4月入学及び平成28年10月入学）を志望する受験者に共通です。
- (2) 「解答はじめ」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- (3) 問題冊子には問題1から問題8までが綴じてあります。問題1～問題8のうちから任意の二つの問題を選択して解答しなさい。三つ以上の問題に解答した場合は全て0点となります。
- (4) 配付された全ての解答用紙の受験番号欄に受験番号を記載しなさい。
- (5) 使用する解答用紙には、その問題番号欄に問題番号と識別子(a,b,c)を明記して解答しなさい(例 1a)。また、それぞれ1枚の共通解答用紙を用いなさい。
- (6) 問題2を選択した場合、[2a]の解答には指定の解答用紙(問題番号欄に「2a」と明記されているもの)を用いなさい。
- (7) 使用しない解答用紙には大きく斜線を引きなさい。
- (8) 解答時間は合計3時間です。

問題 1 を選択する場合は、以下の [1a], [1b], [1c] にそれぞれ 1 枚の共通解答用紙を用い、すべてに解答しなさい。

[1a]

問 1 次のア～オの空欄を埋めなさい。

- (1) 都市生態学 (Urban ecology) とは都市を一つの有機体と捉え、都市の成長や空間の形態構造などを論じるものである。E.W.バージェス (Ernest Watson Burgess) はシカゴの分析を通して、都市の発展につれて中心業務地区を中心とし、外周を郊外高級住宅地帯とする五つの (ア) 構造を成すと論じた。その後、H.ホイット (Homer Hoyt) は彼の理論を修正し、都市の成長が交通機関に沿って都市の外側に向かって発展する (イ) 理論が提示された。また C.ハリス (Chauncy Harris) と E.ウルマン (Edward Hillman) は都市の発達にはいくつの核が存在し、それらを中心に土地利用の形態や諸機能が構造化される (ウ) 理論を提唱した。
- (2) アメリカの参加型都市計画の理論は、公民権運動とともに、市民の生活に直接影響を与える都市計画分野においても歴史的に発展してきた。シェリー・アンスタイン (S. Arnstein) は、自著「A Ladder of Citizen Participation」の中で市民参加の様態を“はしご”に例え、八段階に分類し解説している。ここで、第一～第二段階までは「非参加 (nonparticipation)」, 第三～第五段までを「(エ)」, 第六～第八段階までを「(オ)」とし、市民力の形成や実現こそが意味のある市民参加であると主張している。

問 2 以下の語句を 100 字程度で説明しなさい。

- (1) ナショナルトラスト (National Trust)
- (2) K.リンチの「都市のイメージ (The Image of the City)」
- (3) デザイン審査制度 (Design Review)
- (4) NIMBY

[1b]

問1 空間や環境のデザインにおいて言及される次の用語を解説しなさい。

(各100字～200字程度。字数オーバーは減点しない。以下同じ)

- (1) アフォーダンス (affordance)
- (2) パーソナルスペースとテリトリー (personal space and territory)
- (3) コーポラティブ住宅 (co-operative housing)

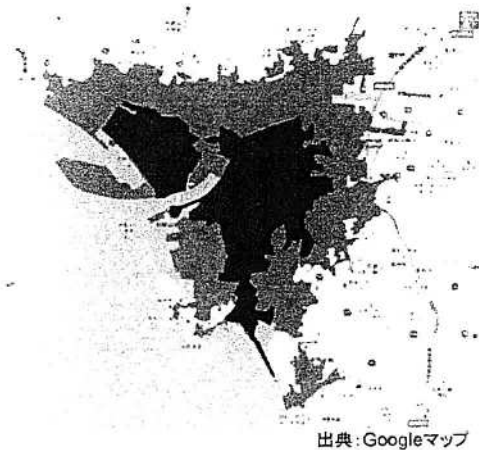
問2 建築物の環境アセスメントに関して、以下の問いに答えなさい。

- (1) 環境アセスメントが事業段階と計画段階において実施される場合において、計画段階アセスメント (Environmental assessment in the planning stage) の定義とそれが必要とされる理由を説明しなさい。(100字～200字程度)
- (2) 市街地再開発事業 (Urban redevelopment projects) では、建築物の計画段階アセスメントの実施が困難か、または実施しても計画内容の変更が難しい場合が多い。その理由について説明しなさい。(150字～300字程度)

[1c] 人口の減少(population decline)と都市(city)の関係について、以下の設問に答えなさい。

問1 図1は和歌山市の1960年と2005年のDID面積を、図2は1960年から2040年までの人口推移(population trend)と予測(estimate)を示している。2040年における土地利用上の課題(land-use issue)を300字程度で説明しなさい。

(和歌山県和歌山市)



1960年DID
2005年DID 約3倍

図1 DID面積の変化

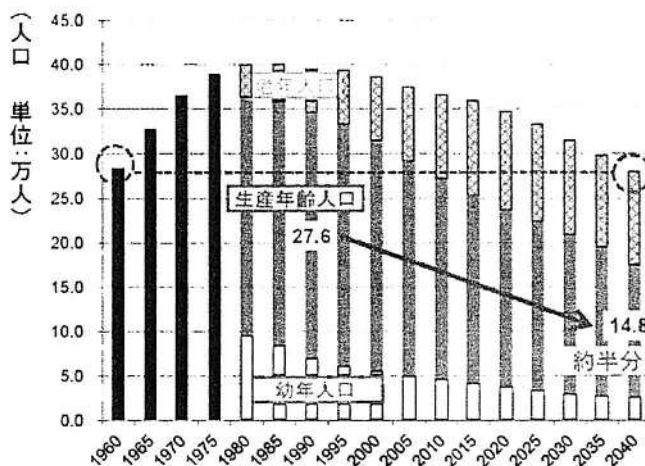


図2 1960年から2040年までの人口推移と予測

出典) <http://www.mlit.go.jp/common/000996817.pdf>

問2 問1で解答した市の課題(issue)を解決(resolution)するためには、都市計画上、いかなる対応をすべきかについて、以下のキーワードから2つを選び、説明しなさい。

逆線引き 立地適正化計画 TOD 中心市街地活性化基本計画
市町村の都市計画に関する基本的な方針 TDR フィーダー交通

問3 問2で選択したキーワード全てについて、その意味を50~100字程度で説明しなさい。

問題 2 を選択する場合は, [2a]は指定の解答用紙を, [2b]は共通解答用紙を用い, 両方に解答しなさい。

近年, 全国で少子高齢社会をむかえ, 地域コミュニティを創造する取り組みが活発に行われている。そのような中, 下図に示すような, ある地方都市の住宅地の一角に地域住民の日常的な交流をうながす建物 (Community Space) や駅前に適した施設 (Facilities in front of the station) (平屋建て約 500 m²程度) (about 500 m² of single-story) をつくることになった。

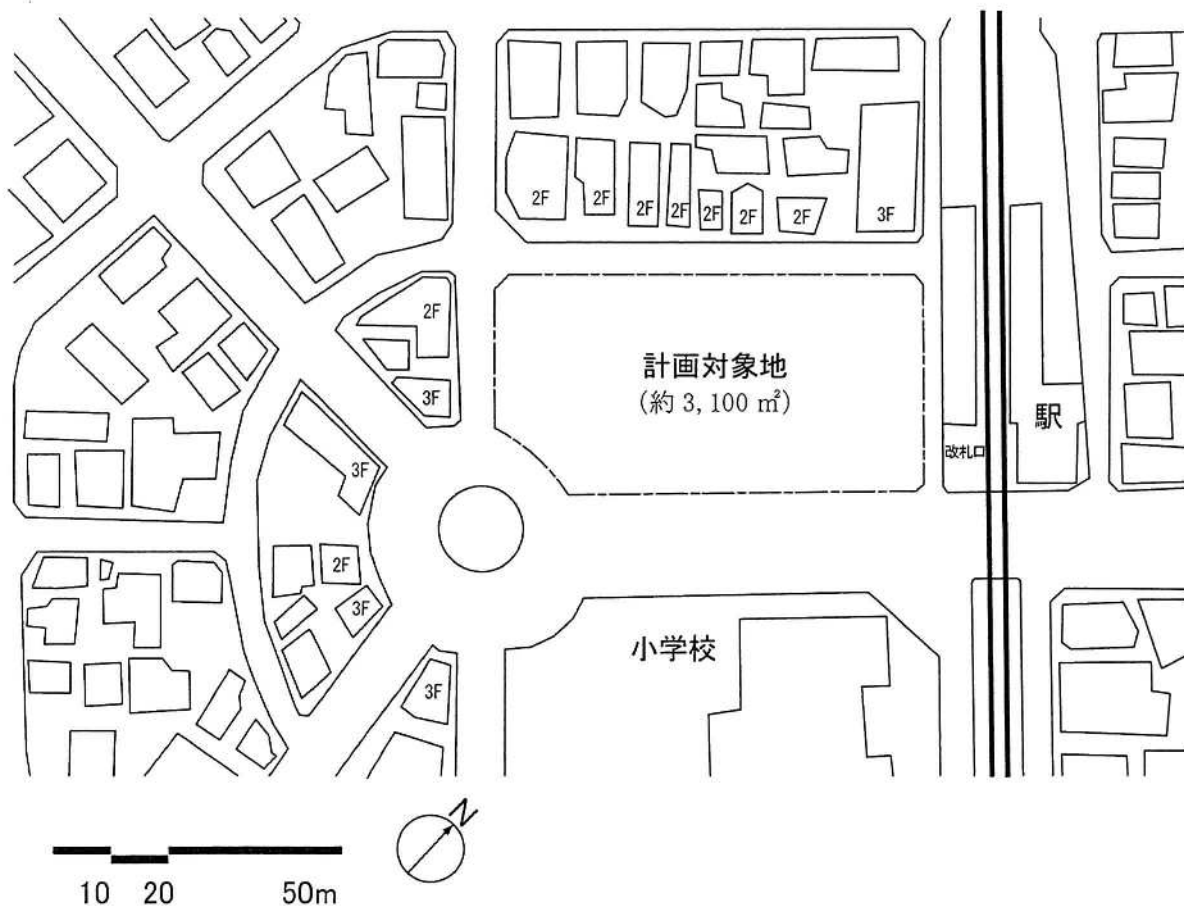
図中の計画対象地に, このロケーションにふさわしい機能を持った建物, 及び, 魅力的な外部空間を, 周辺との関係に配慮して計画しなさい。特に図示されていない敷地周辺の状態は, 適宜設定してよい。

[2a]

配置図 (Site Plan) を兼ねた 1 階プラン (1st floor Plan) について, 意図する内外の空間の位置, 大きさ, 関係をわかりやすく表現しなさい。また, 必要に応じて計画内容を説明するコメントをつけてもよい。

[2b]

計画の意図を最もよく表現できるアングルを設定して透視図 (Perspective View) (スケッチ程度でよい) を描きなさい。



問題 3 を選択する場合は、以下の[3a], [3b]にそれぞれ 1 枚の共通解答用紙を用い、両方に解答しなさい。

[3a]

問 1 Fig. 1 に示す I 型断面 (I-shaped cross section) について、以下の問いに答えなさい。

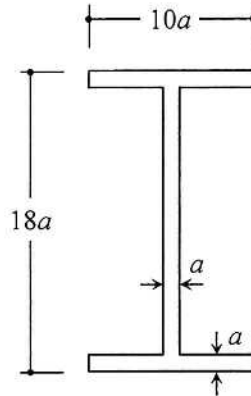


Fig. 1

- (1) 強軸まわり (strong axis direction) の断面 2 次モーメント (moment of inertia of area) を求めなさい。
- (2) 強軸まわりの断面係数 (section modulus) を求めなさい。
- (3) 材料の降伏応力 (yield stress) を σ_y としたとき、降伏モーメント M_y (yield moment) を求めなさい。

問 2 Fig. 2 のような荷重 (load) を受ける静定ラーメン (statically determinate frame) について、以下の問いに答えなさい。ただし、部材の質量、軸変形、およびせん断変形の影響は無視するものとする。

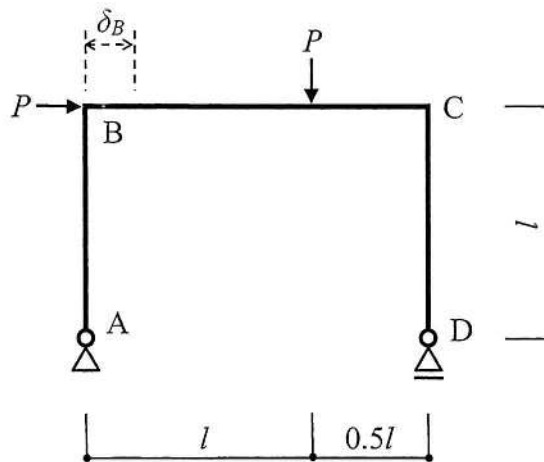


Fig. 2

- (1) 軸力図, せん断力図, モーメント図 (axial force diagram, shear force diagram, moment diagram) を示しなさい。
- (2) 柱 BA, 柱 CD (column) の曲げ剛性 (flexural stiffness) を EI とし, 梁 BC (beam) は剛体 (rigid body) であるとした時, B 点に生じる水平変位 δ_B (horizontal displacement) を求めなさい。
- (3) (2)の時の静定ラーメンの変形の概形を描きなさい (sketch the outline of deformation)。
- (4) 梁 BC が剛体ではなく柱 BA と同じ (same) 曲げ剛性である場合の静定ラーメンの変形の概形を描きなさい。

[3b]

長さ(length)が L で一様な断面の曲げ剛性を持つ線形弾性はり(linear elastic beam with uniform flexural stiffness)を, Fig. 1 のような片持ちばり(cantilever beam)として自由端(free end)に大きさが P の鉛直力(vertical load)を加えたところ加力点の変位(displacement at applied-force point)は δ となった。はりのせん断変形(shear deformation)や自重(gravity load)の影響は無視できるとして, 以下の各問に答えなさい。

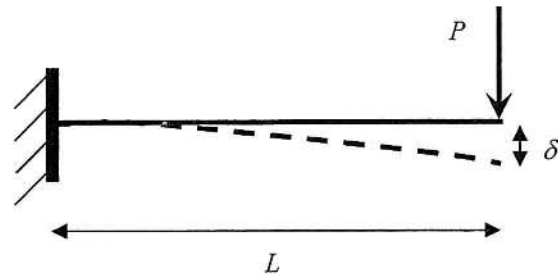


Fig. 1

問1 このはりの断面の曲げ剛性を求めなさい。

問2 このはりの支持条件(support condition)を Fig. 2(1)~(4)のように変え, Fig. 2 で示す位置に大きさが P の鉛直力を加えた。このときの加力点の変位を, それぞれ δ を使って表しなさい。

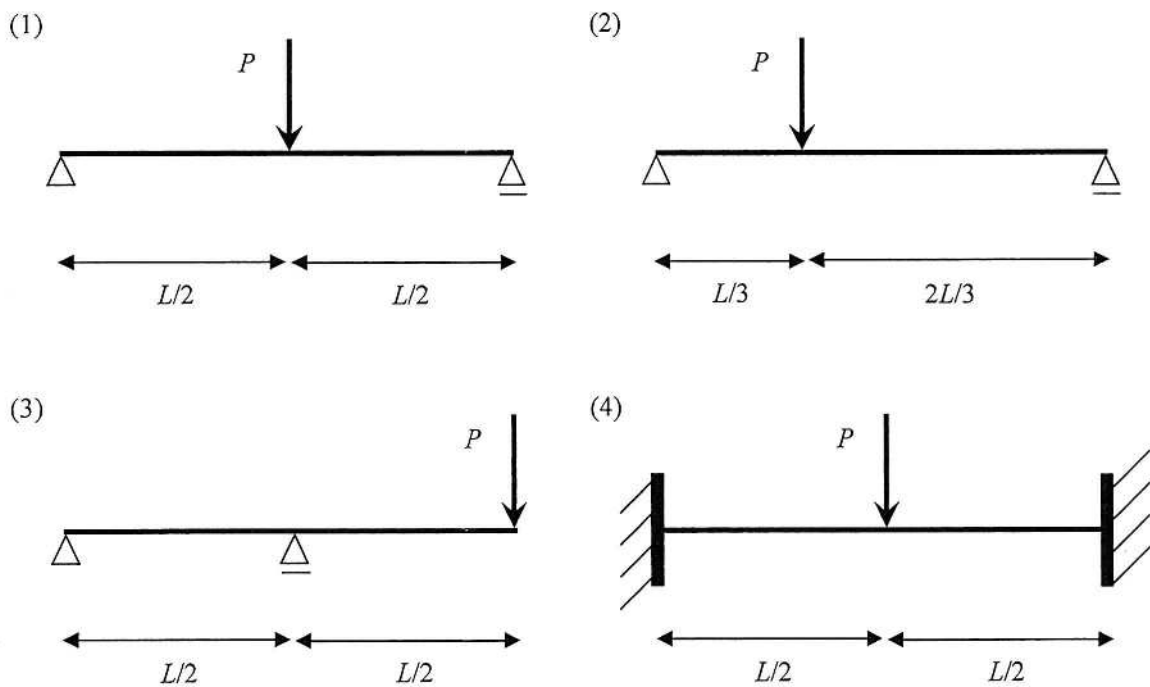


Fig. 2

問題 4 を選択する場合は、以下の[4a], [4b], [4c]にそれぞれ 1 枚の共通解答用紙を用い、すべてに解答しなさい。

[4a]

Fig. 1 のように、滑らかな床の上で質量 m および $2m$ の質点 1 (Mass 1) と質点 2 (Mass 2) が、3 本のバネ (Spring 1, Spring 2, and Spring 3) に接続されている。バネ 1 とバネ 2 のバネ定数(spring constant)は k 、バネ 3 のバネ定数は $2k$ とする。質点 1 の変位(displacement)を x_1 、質点 2 の変位を x_2 とするとき、次の問いに答えなさい。なお、 x_1, x_2 は、ともに右方向を正(Take right to be positive.)とし、 $x_1 = 0, x_2 = 0$ のとき全てのバネは自然長(relaxed position)であるものとする。

- (1) 質点 1, 質点 2 の変位がそれぞれ x_1, x_2 のとき、バネ 2 の伸びを右向きを正として答えなさい。(Obtain the amount that the Spring 2 stretches.)
- (2) (1) のとき、質点 1 と質点 2 に作用する力を右向きを正として答えなさい。(Obtain the forces acting on Mass 1 and Mass 2, respectively.)
- (3) この系の自由振動(free vibration)の運動方程式を行列形式(equations of motion in matrix form)で表すと、 $\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{K}\mathbf{x} = \mathbf{0}$ となる。なお、 $\ddot{\mathbf{x}}$ は加速度ベクトル(acceleration vector)、 \mathbf{x} は変位ベクトル(displacement vector)を表し、それぞれ $\ddot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix}$ 、 $\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ である。 \mathbf{M} および \mathbf{K} を答えなさい。(Obtain \mathbf{M} and \mathbf{K} , respectively.)
- (4) (3) の運動方程式の解(solution of equation of motion in previous question)を $\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} e^{i\omega t}$ とおく。
 なお、 t は時刻(time)を表す。 $\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ は、問 3 の運動方程式の解の 1 つではあるが、有意な解ではない。 \mathbf{x} が有意な解となるときの ω を求めなさい。(Obtain ω when \mathbf{x} is not a zero vector.)ただし、 ω は正とする。(Take ω to be positive.)
- (5) (4) のとき、 $\frac{X_2}{X_1}$ の値を求めなさい。(Obtain $\frac{X_2}{X_1}$ following the assumptions of the previous question.)

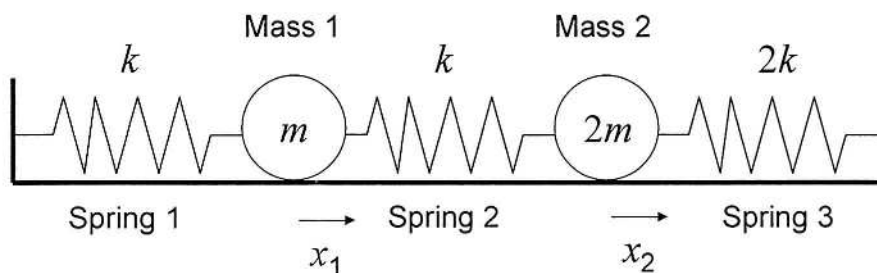


Fig. 1

[4b]

Fig. 1 に示すような各床が 2 本の柱で支持された構造物に、加速度応答スペクトルが Fig. 2 で表される地震動が作用したとする (The buildings are subjected to the ground motion whose acceleration response spectrum is given in Fig. 2)。各柱の水平剛性および各階の質量は、Fig. 1 中に示す。床は剛、柱の軸剛性は無限大、柱の質量はゼロ (floor is rigid, axial stiffness of column is infinite, and mass of column is 0)、減衰定数は固有周期に対して $h=0.05$ とする。設問に対しては、 $\pi \approx 3.14$ とし、有効数字 2 桁で答えなさい (Round the answer to two significant figures.)。

問1 Fig. 1(a)の Model-A について以下の設問に答えなさい。

- (1) 固有周期を求めなさい。(Obtain the natural period.)
- (2) 構造物は弾性として、第 1 層上部 (m_1) に発生する最大加速度を答えなさい。(Obtain the maximum acceleration at m_1 .)
- (3) 構造物は弾性として、第 1 層上部 (m_1) の地動に対する最大相対変位を答えなさい。(Obtain the maximum relative displacement at m_1 .)
- (4) 各柱の降伏せん断力が $Q_y = 2.0 \times 10^5$ N (層降伏せん断力は $2Q_y = 4.0 \times 10^5$ N) であったとすると、構造物が弾性領域にとどまっているか、降伏しているかを答えなさい。また、その判断の根拠を述べなさい。(When the yielding shear strength of each column is $Q_y = 2.0 \times 10^5$ N, answer if the building stay in elastic range or not, and explain the reason for your judgement.)

問2 Fig. 1(b)の Model-B について以下の設問に答えなさい。ここでは簡単のために、第 1 層上部の質量は第 2 層上部に集約し、第 1 層上部の質量 (m'_1) はゼロとしてある。したがって、第 1 層上部には地震力は作用しない。また、構造物は弾性とする。

- (1) 第 2 層上部 (m_2) の地面に対する水平剛性 (=第 2 層上部(m_2)に単位の力を加えたときに、 m_2 に生ずる変位の逆数) を求めなさい (Obtain the stiffness at the top of 2nd layer relative to the ground, i.e. the inverse of displacement at mass m_2 when the unit force is applied to mass m_2 .)
- (2) (1)で求めた水平剛性 (有効数字 2 桁) を用いて、固有周期を求めなさい (Obtain the natural period.)。また、第 2 層上部に生ずる最大加速度を答えなさい (Obtain the maximum acceleration at m_2 .)

$k_2 = \frac{12EI_2}{H_2^3} = 2.35 \times 10^6$ N/m	—	$m_2 = 2.0 \times 10^5$ kg
$k_1 = \frac{12EI_1}{H_1^3} = 5.0 \times 10^6$ N/m	$m_1 = 1.0 \times 10^5$ kg	$m'_1 = 0$ kg

EI_i は i 層柱の曲げ剛性

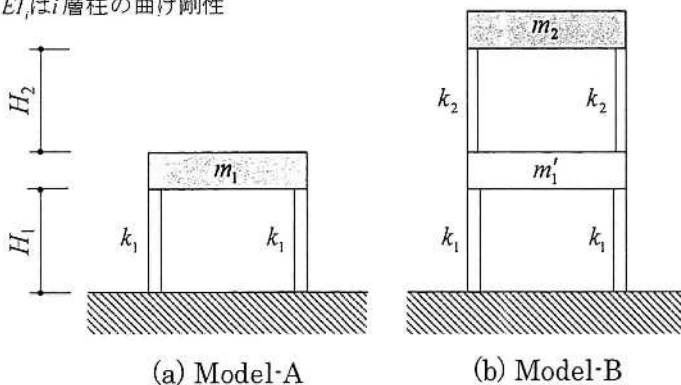


Fig. 1

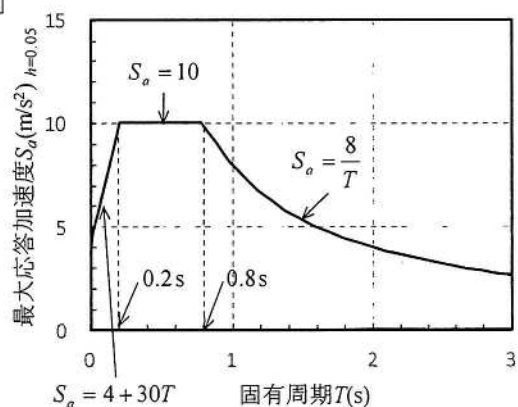


Fig. 2

[4c] 以下の設問に日本語または英語で答えなさい。

Answer the following questions either in English or in Japanese.

【日本語】 次の文章の下線部に入る適当な単語を書きなさい。

- (1) 自然災害リスク(Disaster Risk)は、ハザード(Hazard)、暴露人口・財産(Exposure)、ぜい弱性(Vulnerability)の3つのパラメータを持つ関数として決まる。世界における自然災害による被害が近年増加している原因としては、これらのうち(a)_____の増大がまず挙げられる。また、自然災害のうち、とくに風水害による被害が増加しているのは、(b)_____によるハザードの増大が世界的に指摘されている。
- (2) 2016年4月に発生した一連の熊本地震は、陸のプレート内の(c)_____が滑動して発生したものである。このようなタイプの地震は震源の深さが(d)_____ことが多く、そのため大きな揺れを伴うことが知られている。
- (3) 機械式地震計の原理は、振り子の原理に基づいて、振動系の周期を地震動の周期よりずっと(e)_____することで、地面の動きと逆位相の(f)_____を計測することができる。
- (4) 大洋における津波の伝播速度 v (m/s)は、 h を海の水深(m)、 g を重力加速度(m/s^2)として (g) _____ という式で表される。この式を用いると、太平洋の真中における水深5千mの海を伝わる津波の速度は、乗り物でいえば (h)_____並みの速さとなる。
- (5) 衛星リモートセンシングで利用される電磁波は、波長の短い順に、可視光・近赤外線、熱赤外線、(i)の3つが代表的なものである。このうち最初の2つは受動的センサにおいて利用され、3つ目のものは SAR と呼ばれる(j)_____な観測システムで利用される。

【English】 Fill in the proper words in the underlines below. (The same questions in Japanese above.)

- (1) The risk of natural disasters is represented by a function of three parameters, Hazard, Exposure, and Vulnerability. The reason of increasing losses due to natural disasters in the world in the recent years is explained primarily by the increase of (a)_____. On the other hand, the increase of losses due to hydro-meteorological hazards is pointed out worldwide because of the increase of hazard caused by (b)_____.
- (2) The April 2016 Kumamoto earthquake sequence was caused by the slip of (c)_____ in a continental plate. This type of earthquakes often has a (d)_____ focal depth and hence intense seismic ground motion is usually followed.
- (3) The mechanism of mechanical-type seismometers is based on the theorem of pendulum. By setting the natural period of the vibration system much (e)_____ than that of ground motion, the seismometer can measure the (f)_____, which has an opposite phase of the ground motion.
- (4) The propagation speed v (m/s) of tsunamis in the ocean is represented by the following equation, (g) _____, in which h (m) is the depth of the sea and g (m/s^2) is the gravitational acceleration. Using this equation, the speed of tsunami travelling in the middle of the Pacific Ocean with 5,000 m depth is approximated by a vehicle's speed of (h)_____.
- (5) Three typical electromagnetic waves used in satellite remote sensing are visible and near-infrared bands, thermal-infrared band, and (i)_____. The first two are used in passive sensors and the third one is utilized in SAR, which is an (j)_____ system.

問題 5 を選択する場合は、以下の[5a], [5b]にそれぞれ 1 枚の共通解答用紙を用い、両方に解答しなさい。

[5a]

問 1 原子力エネルギー (nuclear energy) ・放射性物質 (radioactive material) に関する以下の問題に答えなさい。

- (1) 以下の文章の (ア) ～ (オ) に当てはまる最も適当な語句・数値を下のリストから選び、解答用紙に記入しなさい。

原子力発電所 (nuclear power plant) では、火力発電所 (thermal power plant) と同様に蒸気タービン (steam turbine) によって発電が行われているが、そのエネルギー源は (ア) の (イ) 反応によって放出されるエネルギーである。

天然ウラン (natural uranium) 中に含まれる (ア) の同位体比 (isotope ratio) は (ウ) %程度であるが、発電用燃料 (fuel for power generation) として用いる場合は (エ) %程度に (オ) して用いる。

～リスト～

^{235}U , ^{238}U , ^{238}Pu , ^{239}Pu , 酸化, 還元, 核融合, 核分裂, 求核置換, 希釈, 濃縮, 拡散, 対流, 膨張, 圧縮, 0.03, 0.07, 0.3, 0.7, 4, 7, 11, 20, 45, 55, 90

- (2) 以下の文章の (カ) ～ (キ) に当てはまる整数比を記入しなさい。

ある土壌試料 (soil sample) 中に、 ^{134}Cs が 2 MBq, ^{137}Cs が 250 kBq 含まれている。この時の放射能の比を整数比で表すと、 $^{134}\text{Cs} : ^{137}\text{Cs} =$ (カ) となる。

この土壌試料を 15 年保管した後の放射能の比を整数比で表すと、 $^{134}\text{Cs} : ^{137}\text{Cs} =$ (キ) となる。

ただし、 ^{134}Cs の半減期 (half life) を 2 年, ^{137}Cs の半減期を 30 年とする。また、必要であれば、 $\ln 2 = 0.693$ を用いなさい。

- (3) 以下の単位を次元式 (dimensional formula) で表しなさい。ただし、基本単位 (basic unit) である長さ, 質量, 時間, 温度, 物質量を、それぞれ L , M , θ , T , n で表すものとする。

(ア) 放射能の単位 Bq (ベクレル)

(イ) 線量当量 (dose equivalent) の単位 Sv (シーベルト)

問 2 熱交換 (heat exchange) に関する以下の問いに答えなさい。

向流型熱交換機 (counterflow type heat exchanger) を用いて、 $1.00 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ で流れる空気 (air) を 313 K から 403 K まで加熱 (heating) する。加熱には 493 K の飽和水蒸気 (saturated water vapor) を用いるものとする。この場合、必要となる熱交換器の伝熱面積 (heat transfer area) A [m^2] を求める。

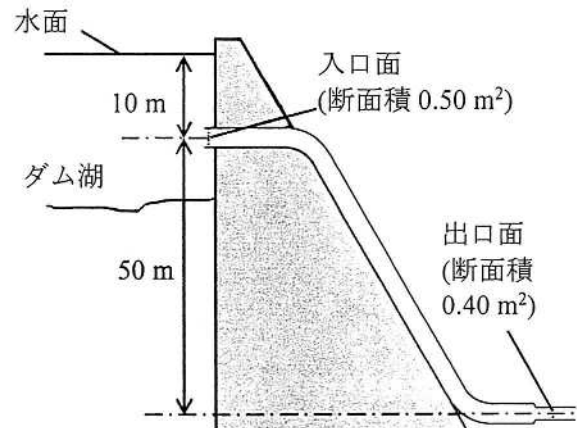
ただし、熱交換器内では水蒸気の温度 (temperature) は維持され、熱交換器から外部への熱損失 (heat loss) も無視できるものとする。水蒸気と空気の間を介した総括伝熱係数 (overall heat transfer coefficient) は $30.0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ とし、空気の密度 (density) を $1.08 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$, 定圧比熱 (specific heat at constant pressure) を $1.00 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $\ln 2 = 0.693$ とする。

- (1) 上記の熱交換器において、伝熱面全体を介して空気が受け取る単位時間当たりの顕熱量 (amount of sensible heat per unit time) を求めなさい。
- (2) 上記の熱交換器において、伝熱面全体を介して飽和水蒸気から空気への単位時間当たりの伝熱量 (amount of heat transferred per unit time) を伝熱面積 A [m^2] を含めて示しなさい。
- (3) 上記(1), (2)の結果を用いて、伝熱面積 A [m^2] を求めなさい。

[5b] 右図のように、ダム湖から円管を通して水を流す。円管の内側の断面積 (cross-section area) は入口面から出口面直前まで 0.50 m^2 で均一であり、入口面と出口面の中心の高さの差は 50 m である。

水は非圧縮性流体 (incompressible fluid) であるとして、一定の質量流量 (mass flow rate) で落下させて電力を得る水力発電所

(hydroelectric power station) を考える。また、円管を出口面以後 (右方) で断面積を 0.40 m^2 に狭めたとき、管内の入口面において平均流速 (average fluid velocity) が $8.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ となった。このとき以下の問いに答えなさい。ただし円管内の水の流れは定常流 (steady flow) で、重力加速度 (acceleration of gravity) は $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 、水の密度は $1.0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ でいずれも温度に依存しないとする。



問 1 文中の以下の用語を、それぞれ 30 字以内で説明しなさい。

- (1) 非圧縮性流体 (2) 定常流

問 2 連続の式 (equation of continuity) を用いて図中、管内の出口面における水の平均流速および 1 秒あたりの質量流量をそれぞれ求めなさい。

問 3 絶対圧 (absolute pressure) と大気圧 (atmospheric pressure) の差をゲージ圧 (gauge pressure) と呼ぶ。ダム湖内で入口面の中心と同じ高さで円管の外側の場所のゲージ圧を求めなさい。ただし入口面の中心とダム湖水面の高さの差は 10 m で、変化は無視できるとする。また、大気圧は高さに依存せず、ダム湖内において円管の外側における流速はどの場所でもゼロとする。

問 4 問 3 の条件において、出口面におけるゲージ圧が $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ であったとき、ダム湖内の水 1.0 kg が入口面から出口面に到達するまでに失うエネルギー (loss energy) を求めなさい。解答の際は運動エネルギー (kinetic energy)、位置エネルギー (potential energy)、圧力エネルギー (pressure energy) を考慮しなさい。ただし熱となったエネルギーはすべて失われるものとする。

問 5 問 4 の条件において、この発電所のエネルギー変換効率 (energy conversion efficiency) が 80% であるとき、この発電所の出力をキロワット (kW) 単位で求めなさい。なおエネルギー変換効率とは、ダム湖水面にある水の位置エネルギーのうち何%が電気エネルギーに変換されて出力となるかを示す。

問題 6 を選択する場合は、以下の[6a], [6b]にそれぞれ 1 枚の共通解答用紙を用い、両方に解答しなさい。

[6a]

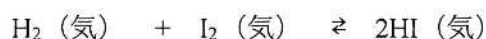
- 問 1 ハーバー・ボッシュ法は空気中の 7 割を占める窒素を原料として肥料となるアンモニアを合成する方法である。密度 (density) が $0.90 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、質量%濃度が 28 %のアンモニア水 (NH_3 水溶液) のモル濃度 [$\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$] を答えなさい。ただし、H の原子量 (atomic weight) を 1.0, N の原子量を 14 とする。
- 問 2 硫酸 (sulfuric acid) は工業プロセスにおける中和処理で利用される代表的な酸性溶液である。密度 $1.8 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ の 96 %濃硫酸 (H_2SO_4 水溶液) を水で薄めて $0.50 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の希硫酸を 400 mL をつくるために必要な濃硫酸の量 [mL] を求めなさい。ただし、 H_2SO_4 の分子量 (molecular weight) を 98 とする。
- 問 3 バイオマス燃料としてエタノール (ethanol) が注目されている。10 %のエタノール水溶液 100 g に 60 %のエタノール水溶液を加えて、25 %のエタノール水溶液を作成するためには、60 %のエタノール水溶液を何 g 加えればよいか答えなさい。
- 問 4 ある工業廃水 (industrial wastewater) にはカドミウム 0.50 ppm (質量百万分率) が含まれていた。この濃度で 1 日に 100 m^3 の廃水を流すと 1 年間では何 kg のカドミウムが放出されることになるか、答えなさい。ただし、廃水の密度は $1.0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ とする。
- 問 5 湖沼を調査する際に pH の測定は重要である。アンモニア水の水酸化物イオン濃度が $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ のとき、pH はいくらになるか答えなさい。ただし、水のイオン積 (ionic product) を $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2\cdot\text{L}^{-2}$ 、 $\log 2 = 0.30$ とする。
- 問 6 メタン発酵 (methane fermentation) などの生化学反応においてブドウ糖は重要な役割を果たす。水 100 g にブドウ糖 (グルコース, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) を 9.0 g 溶解したとき、凝固点 (freezing point) は $-0.93 \text{ }^\circ\text{C}$ であった。また、水 100 g に別のある糖 18 g を溶解すると、凝固点は $-0.98 \text{ }^\circ\text{C}$ であった。この糖の分子量を求めなさい。ただし、C の原子量を 12, H の原子量を 1.0, O の原子量を 16 とする。
- 問 7 地球表層の 7 割を占める海に存在する海水は塩化ナトリウムを主成分としている。 $0.10 \text{ mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ の塩化ナトリウム水溶液の凝固点が $-0.34 \text{ }^\circ\text{C}$ のとき、水溶液中の塩化ナトリウムの電離度 (degree of ionization) を求めなさい。ただし、水のモル凝固点降下を $1.86 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ とする。
- 問 8 大量に廃棄される家電製品などの中に存在する有用な資源を鉱山に見立てた都市鉱山 (urban mine) からの金・銀などの回収が試みられている。 AgCl の $25 \text{ }^\circ\text{C}$ における溶解度積 (solubility product) が $1.6 \times 10^{-10} \text{ mol}^2\cdot\text{L}^{-2}$ のとき、水 1 L に AgCl は何 g 溶解するか答えなさい。ただし、Ag の原子量を 108, Cl の原子量を 35.5 とする。

[6b]

問1 地球温暖化 (global warming) は化石燃料の燃焼に起因している。

- (1) エタノール (C_2H_5OH (液)) および黒鉛 (C (固)) の標準燃焼熱は、 $1370 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ および $394 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ である。エタノール (液) および黒鉛 (固) の燃焼反応の熱化学方程式を記しなさい。
- (2) 水の生成熱は $286 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ である。エタノールの標準生成熱を求めなさい。ただし、エタノールおよび水は液体、水素、酸素、および二酸化炭素は気体とする。

問2 初期濃度 $0.010 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の H_2 と $0.020 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の I_2 を入れた密閉容器を、 713 K に保ち、以下の反応が平衡に達した。



- (1) 平衡時の HI 濃度が $0.018 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ であるとき、 H_2 および I_2 の濃度を求めなさい。
- (2) この時の反応の平衡定数 (equilibrium constant) K_c を求めなさい。

問3 反応 $A + B \rightarrow D$ において、反応物 A, B の濃度 C_A , C_B を変えて反応速度 (reaction rate) v を求める実験を行い、下表のような結果が得られた。次の問いに答えなさい。

表 実験条件と反応速度 v

実験条件	$C_A [\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}]$	$C_B [\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}]$	$v [\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}]$
①	0.60	0.80	0.036
②	0.20	0.80	0.012
③	0.60	0.40	0.0090
④	0.40	0.60	

- (1) この反応の反応速度 v は、速度定数 (rate constant) k を用いて、 $v = k C_A^\alpha C_B^\beta$ と表すことができる。 α と β の値を求めなさい。
- (2) 速度定数 k の値をもとめ、単位と共に記しなさい。
- (3) 実験条件④での反応速度 v を求めなさい。

問4 塩化銅 (II) 水溶液を両極に炭素電極を用いて電気分解したところ、陰極に 5.08 g の銅が析出し、陽極には塩素ガスが発生した。次の問いに答えなさい。但し、銅および塩素の原子量は、 63.5 および 35.5 とする。

- (1) 両極でおこる反応の反応式を記しなさい。
- (2) このとき、両極間を流れた電子は何 mol か求めなさい。
- (3) 陽極に発生した塩素ガスの質量を求めなさい。

問題 7 を選択する場合は、以下の[7a], [7b]にそれぞれ 1 枚の共通解答用紙を用い、両方に解答しなさい。

[7a] 次に示すのは C 言語(C programming language)で記述したプログラムとその実行例である。空欄 (A) には任意の自然数(natural number)が入る。実行例は空欄(A)が 2 のとき、及び 3 のときのものである。この実行例は等幅フォント(monospaced font)で表示されている。このプログラムについて、以下の問いに答えなさい。

```
#include <stdio.h>
#define N (A)

int rod[3][N];
int ndisk[3];

int disk[N+1][2*N+1];

void nchar(int n, int c){
    while( (ア) ) putchar(c);
}

void slice(int r, int k){
    int i;
    for(i=0; i<2*N+1; i++){
        putchar(
            disk[(イ)]?rod[r][k]:0)[i]
    );
    }

void disp(void) {
    int i, j;
    for(i=0; i<(N*2+1)*3-N; i++)
        if ((ウ)%((エ))) putchar(' ');
        else putchar('A'+(オ)/((エ))-1);
        putchar('\n');
    for(i=0; i<=N; i++){
        for(j=0; j<3; j++) slice(j, N-i);
        putchar('\n');
    }
    for(i=0; i< (カ); i++) putchar('~');
    putchar('\n');
}

void push(int r, int v) {
    rod[r][(キ)] = v;
}

int pop(int r) {
    return(rod[r][(ク)]);
}

void move(int from, int to) {
    (ケ) int seq;
    printf("%d. Move disk %d from %c to %c.\n\n",
        ++seq,
        (コ),
        'A'+from, 'A'+to);
    push(to, pop(from));
    disp();
}

void hanoi(int n, int a, int b, int c) {
    if (n>0){
        hanoi(n-1, a, c, b);
        move(a,b);
        hanoi(n-1, c, b, a);
    }
}

(右上へ続く)
```

```
void init(void) {
    int i, j;

    for(i=0; i<N; i++) rod[0][i] = (サ);
    ndisk[0] = (シ);

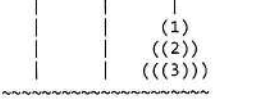
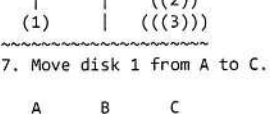
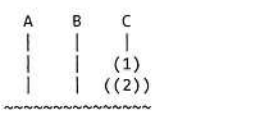
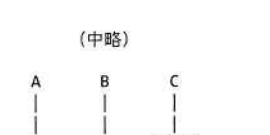
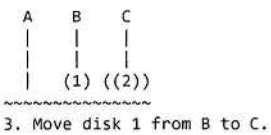
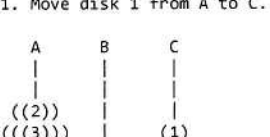
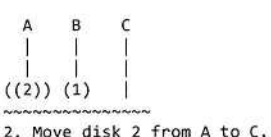
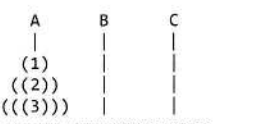
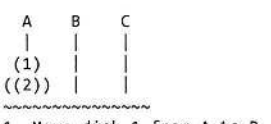
    for(i=0; i<=N; i++)
        for(j=0; j<=N; j++)
            if (j==(ス))
                disk[i][j] = (i==(セ))?'|':'0'+i;
            else if (j<(ソ))
                disk[i][j] = disk[i][(タ)] = ' ';
            else {
                disk[i][j] = '(';
                disk[i][(タ)] = ')';
            }
    }

int main(void) {
    init(N);
    disp();
    hanoi(N,0,2,1);
    return 0;
}
```

実行例

(a) 空欄(A)が 2 のとき

(b) 空欄(A)が 3 のとき



問題 7

【7 a】

問 1 `nchar(n, c)` は文字 `c` を `n` 回出力する関数(function)である。空欄(ア)を適切な式(expression)で埋めなさい。

問 2 空欄(A)が3のとき、配列 `rod`, `ndisk`, `disk` は関数 `init()` によって図1のように初期化される。空欄(サ)～(タ)を適切な式(expression)で埋めなさい。なお、2つの(タ)には同じ式が入る。

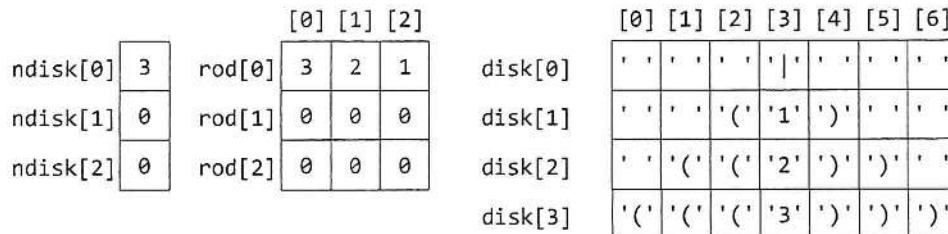


図1

問 3 図2は空欄(A)が3のときの関数 `push()`, `pop()` の動作を説明したものである。これは実行例(b)の1番目の状態から2番目の状態への変化に対応している。空欄(キ), (ク)を適切な式(expression)で埋めなさい。

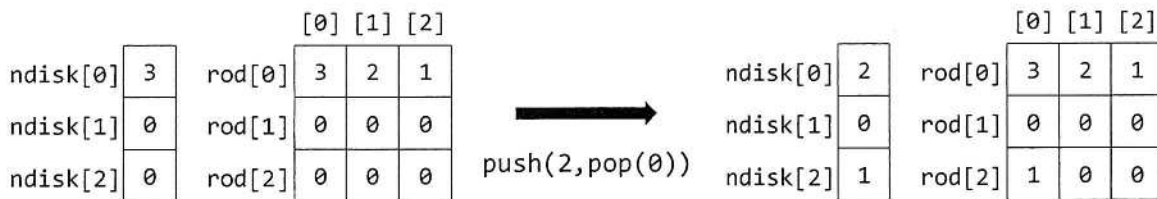


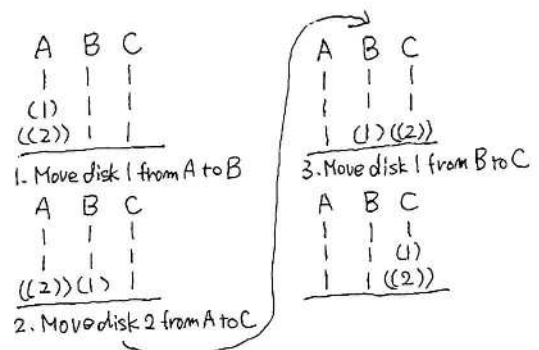
図2

問 4 関数 `slice()` と `disp()` について、空欄(イ)～(カ)を適切な式(expression)で埋めなさい。なお、2つの(エ)には同じ式が入る。

問 5 関数 `move()` について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 空欄(ケ)を適切な記憶域クラス指定子(storage duration specifier)で埋めなさい。
- (2) 空欄(コ)を適切な式(expression)で埋めなさい。

問 6 空欄(A)が3のときの実行結果は実行例の(b)にその一部が図示されている。(中略)の部分も含めてすべての実行結果を次の例に従って図示しなさい。



[7b] 以下の注意にしたがって、問1～問4に答えなさい。

注意) 必要に応じて次の値を用い、小数2位を四捨五入し小数第1位まで計算すること (round off it to first decimal places)。 $\log_2 3 \approx 1.58$, $\log_2 5 \approx 2.32$

問1 3元マルコフ情報源 (3 Markov Information Source) $S=\{0,1,2\}$ が状態遷移行列 (state transition

probability matrix) $P = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ \frac{1}{3} & 0 & \frac{2}{3} \\ \frac{2}{3} & 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix}$ にしたがうとき、次の問いに答えなさい。

- (1) 状態遷移線図 (state transition diagram) を描きなさい。
- (2) 正規マルコフ情報源 (regular Markov information source) かどうかを判定しなさい。
※ 判定過程も示すこと (Show your decision process to reach your conclusion)
- (3) 定常分布 (stationary distribution) $Z = (z_1, z_2, z_3)$ を求めなさい。

問2 3^k ($k \in \mathbb{N}$: 自然数) 枚の硬貨 (coin) の中に1枚だけ重量の軽い贋金 (counterfeit coin) が含まれている。天秤 (a pair of scales) を用いて以下の①～③の手順で贋金を特定しようとするとき(1)から(3)の問いに答えなさい。

- ① 硬貨を3等分し三つの組を作り、それぞれ第1組、第2組、第3組と呼ぶことにする。
- ② 第1組と第2組を天秤にかけ、
 - ・ 「第1組が軽ければ、贋金は第1組にある。」
 - ・ 「第2組が軽ければ、贋金は第2組にある。」
 - ・ 「つり合えば、贋金は第3組にある。」
- ③ 贋金が含まれている組の硬貨の枚数が1ならば終了。そうでなければ贋金が含まれている組を対象として①へ戻る。

- (1) 贋金を特定するために得なければならない情報量を求めなさい。
- (2) 天秤を使用するたびに得られる情報量を求めなさい。
- (3) 贋金を特定するために要する天秤の使用回数を求めなさい。

問3 要素数 n からなる確率事象系 (stochastic event system) A のエントロピー $H(A)$ について次の問いに答えなさい。

- (1) $n=2$ で、一方の事象の生起確率を p としたとき $H(A)$ の最大値と、そのときの p の値を求めなさい。また、その導出過程も記述しなさい。
- (2) $n=3$ のとき、 $n=5$ のときの最大エントロピーの差を求めなさい。

問4 情報源 (information source) $S=\{a, b, c, d, e\}$ に対する下表の符号化 (encoding) $C_1 \sim C_6$ について次の問いに答えなさい。

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
a	0	1	0	0	100	1
b	10	110	10	01	101	01
c	110	001	110	011	110	000
d	1110	011	1110	0111	111	0010
e	1011	101	11110	01111	000	0011

- (1) 一意に復号化 (decoding) 不可能な符号を挙げ、その理由を示しなさい。
- (2) 瞬時符号を挙げ、その理由も示しなさい。
- (3) 情報源 $S = \left\{ \begin{matrix} a, & b, & c, & d, & e \\ \frac{1}{2}, & \frac{1}{4}, & \frac{1}{8}, & \frac{1}{16}, & \frac{1}{16} \end{matrix} \right\}$ のコード化として最適な符号を $C_1 \sim C_6$ の中から選び、その理由も示しなさい。

問題 8 を選択する場合は、以下の[8a], [8b]にそれぞれ 1 枚の共通解答用紙を用い、両方に解答しなさい。

[8a] 図 1 のグラフ G について、以下の問 1～問 6 に答えなさい。ただし、各無向枝 (undirected edge) に付けられた値は枝の重みである。

問 1 グラフ G の最小木 (minimum spanning tree) T_{\min} とそのコスト (最小木を構成する枝の重みの総和) $Cost_{\min}$ を求めなさい。

問 2 問 1 で求めた最小木 T_{\min} に関する基本タイセット (fundamental tie-set) のうち、コスト (基本タイセットを構成する枝の重みの総和) が最大になる基本タイセット L_{\max} とそのコスト $Cost_{\max}^L$ を求めなさい。

問 3 問 1 で求めた最小木 T_{\min} に関する基本カットセット (fundamental cutset) のうち、コスト (基本カットセットを構成する枝の重みの総和) が最大になる基本カットセット C_{\max} とそのコスト $Cost_{\max}^C$ を求めなさい。

問 4 グラフ G の各無向枝の重みを、各無向枝の両端点間の距離としたとき、点 S -点 T 間の最短経路 P_{\min} と最短経路長 L_{\min} をダイクストラ法 (Dijkstra's Algorithm) を用いて求めなさい。

問 5 最短経路を求める過程で、ダイクストラ法の副産物として得られる木 T_D を求めなさい。

問 6 問 4 の最短経路問題 (shortest path problem) を、以下の方針にしたがって、線形計画問題 (linear programming problem) として定式化しなさい。

方針：各枝に変数を対応させ、経路が通過する枝であれば値 1，そうでなければ値 0 とする。つぎに各変数の値を 0 から 1 までの範囲の連続変数 (continuous variable) として緩和する (relaxation)。各点が満たすべき条件を制約条件 (constraint) とする。

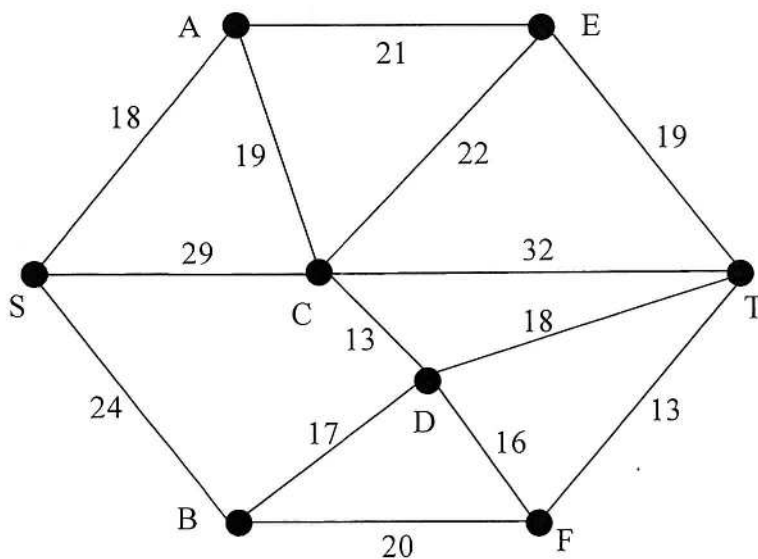


図 1 グラフ G

[8b] 以下の問1, 問2に答えなさい。

問1 確率密度関数 (probability density function) が $f(x) = \begin{cases} \frac{3}{32}x(a-x) & (0 \leq x \leq a) \\ 0 & (x < 0, x > a) \end{cases}$ で与えられる

確率分布 (probability distribution) について, 以下の(1)~(4)の問いに答えなさい。

ただし, $a > 0$ とする。

- (1) 定数 (constant value) a の値を求めなさい。
- (2) 期待値 (expectation) を求めなさい。
- (3) 分散 (variance) を求めなさい。
- (4) 確率変数 (random variable) X は確率密度関数 $f(x)$ で与えられる確率分布に従うものとする。
ここで, $Y=2X$ によって新たな確率変数 Y を定義するとき, Y の確率密度関数 $h(y)$ を求めなさい。

問2 A市における地震 (earthquake) の発生頻度 (frequency) (単位時間あたりの平均発生回数) λ を, 地震の発生間隔 (interval of occurrence) の標本 (sample) (X_1, X_2, \dots) から推定したい。各標本は, 同一の母集団分布 (population distribution) に従って分布しているとする。このとき, 以下の(1)~(5)の設問に答えなさい。なお, 必要であれば解答に際し, 地震の発生間隔の期待値 (expectation) の逆数 (reciprocal) は地震発生頻度 λ に等しいこと, および地震発生間隔の標本がそれぞれ指数分布 (exponential distribution) に従うとき, $X_{\text{sum}} = X_1 + X_2 + \dots + X_n$ の確率密度関数 (probability density function) は

$$f(x) = \frac{\lambda^n x^{n-1} e^{-\lambda x}}{(n-1)!}$$

に等しいことを用いて構わない。

- (1) 地震の発生間隔の標本の逆数 ($1/X_1$) は, 一般に λ の不偏推定量 (unbiased estimator) (その期待値が推定しようとする量に等しい推定量) とはならない。その理由を説明しなさい。
- (2) $1/X_1$ が λ の不偏推定量になるのは, X_1 がどのような分布 (distribution function) に従うときかを説明しなさい。
- (3) 地震の発生間隔は全て同一の指数分布に従うとする。地震の発生間隔の二つの標本 X_1, X_2 を選び, その平均を $\bar{X}(2) = (X_1 + X_2)/2$ とする。 $\bar{X}(2)$ の逆数の期待値を, λ を用いて表しなさい。
- (4) $c/\bar{X}(2)$ が λ の不偏推定量になるように, 定数 (constant) c を定めなさい。
- (5) 地震の発生間隔の n 個の標本の平均を $\bar{X}(n) = (X_1 + X_2 + \dots + X_n)/n$ とする。(4)と同様の考え方をを用いて, $c/\bar{X}(n)$ が λ の不偏推定量になるように, 定数 c を定めなさい。