

千葉大学大学院  
平成27年度/平成26年度 工学研究科  
博士前期課程入学試験問題  
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27年4月入学及び平成26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2つの問題を選択して解答しなさい。3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を明記して解答しなさい。また[1a]のように a, b などに分かれて出題されている場合は、それぞれ別の解答用紙を用いなさい。
- (6) 問題2を選択した場合、(1)の解答には、指定の解答用紙（問題番号欄に「2/8」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使い、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。

近代都市計画の始まりの時期においては、産業革命を背景に、都市環境の改善が大きな目標となった。例えば、19 世紀半ばのパリ市の既成市街地では、衛生状況の改善と都市軸道路建設を目的としたパリ大改造 (Transformations de Paris) が ( ア ) 知事によって実施され、現在のような美しい街並みが形成された。20 世紀初頭に、フランスの建築家トニー・ガルニエ (Tony Garnier) によって提案された ( イ ) の都市像は、用途地域制の基本概念を明確にし、世界に影響を与えた。一方、19 世紀末のロンドンでは、大都市化と大気汚染を回避する目的で、( ウ ) によって、田園都市 (Garden city) が構想され、郊外の良好な環境で住宅と職場を形成することが提唱された。その具体化であるレッチワース (Letchworth) は、( エ ) が実施設計したもので、世界的にニュータウン計画のモデルとなった。アメリカの近代都市計画は、19 世紀末のシカゴ博覧会 (Chicago World's Columbian Exposition) を契機にした ( オ ) 運動が始まりと言われ、やがて首都ワシントンの都市計画が、その第一号のマスタープランとなった。

問 2 以下の語句を 100 字程度で説明しなさい。

- (1) 広島平和記念公園 (Hiroshima Peace Memorial Park)
- (2) ヒューマンスケール (Human scale)
- (3) D/H
- (4) マスターアーキテクト (Master Architect)

## [1b]

問1 分譲マンション (condominium) 計画に関する以下の問い (1) と (2) に答えなさい。

(1) 下記の式①を変形すると式②になる。その途中式を順に記載しなさい。

$$\text{①住宅販売単価 (万円/m}^2\text{)} = (\text{土地費} + \text{建築費}) \times (1 + \text{経費率}) / \text{住宅専有面積合計}$$

$$\text{②住宅販売単価 (万円/m}^2\text{)} = (\text{土地単価} / \text{容積率} + \text{建築単価}) \times (1 + \text{経費率}) / \text{専有率}$$

$$\text{①House price per m}^2 = (\text{land cost} + \text{building cost}) \times (1 + \text{expense and profit ratio}) / \text{total area of units}$$

$$\text{②House price per m}^2 = (\text{unit land cost} / \text{floor area ratio} + \text{unit building cost}) \\ \times (1 + \text{expense and profit ratio}) / \text{exclusively-owned area ratio}$$

注1) 経費率は利益を含む。通常は0.2~0.3程度である。

注2) 専有率は、住宅専有面積/延床面積。

$$\text{Exclusively-owned area ratio} = \text{total area of units (exclusively-owned area)} / \text{total floor area.}$$

注3) 建築単価は、建築費/延床面積。

土地単価は、土地費/敷地面積。

(2) 上記式②から、住宅販売単価を抑える中で経費率 (利益等) を高めるには、容積率と専有率を高める必要があることが分かる。このことが、住戸間口が狭く容積率を高めた分譲マンション計画が一般化する理由と考えられる。

では、この問題を解決し、間口が広くゆとりある分譲マンション計画を実現するためには、どのような方法が考えられるか。箇条書きで方法を3つ記載しなさい。

Explain the methods to improve the planning of condominium, making the span of units wide and reducing the floor area ratio. Describe three methods.

問2 近世の町家にみられる「高密度で集まって暮らすための住空間の知恵」を説明しなさい。

150字~300字程度 (字数オーバーは減点しない)。

Explain the good ideas and devices to make high-density housing comfortable in the case of traditional shop house called "Machiya".

[1c] 図1は、近郊整備地帯（Suburban Development and Redevelopment Areas）内の14市の市街化区域拡大率（Urbanisation-Area growth rate）と人口増加率（population growth rate）を、図2は1970年と2010年の市街化区域人口密度（population density in the Urbanisation-Area）を示したものである。これらに関して、以下の設問に答えなさい。

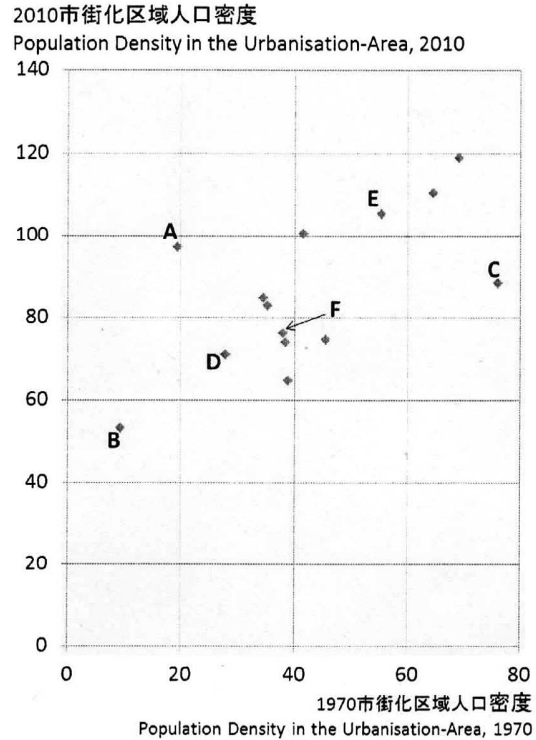
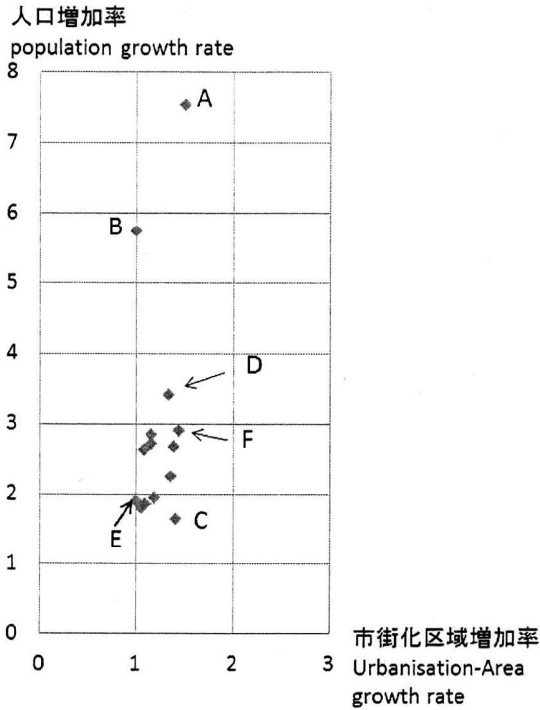


図1 市街化区域拡大率（1970年と2008年の比）と人口増加率（1970年と2010年の比）  
資料）国勢調査，千葉県資料より作成

図2 1970年と2010年の市街化区域人口密度  
資料）国勢調査，千葉県資料より作成

- (1) 近郊整備地帯は、何の法律で定められているか。法の名称を答えなさい。
- (2) A~Fの市のうち、1970年当初、人口に比較して広い市街化区域の指定を行ったと考えられる市は何処か、答えなさい。
- (3) (2) で選んだ市を選んだ理由は何か、200字程度で説明しなさい。
- (4) 人口減少、高齢化に対して都市計画で行うべきことを以下の単語から3つを選び、300字程度で説明しなさい。なお、選んだ単語には下線を引きなさい。

逆線引き (reverse delineation)  
 市町村の都市計画に関する基本的な方針 (Basic Policy Concerning Municipal City Planning)  
 地区計画 (District Planning) 都市計画区域 (City Planning Area)  
 都市計画区域の整備、開発及び保全の方針 (Policy for Improvement, Development and Preservation of City Planning Areas)  
 TOD TDR DID

問題 2 を選択する場合、(1)は指定の解答用紙を、(2)は共通の解答用紙を用いなさい。

下図に示すような、大都市郊外の築 30 年程度の戸建て住宅地 (Detached Housing Area) と約 4,500 戸の賃貸住宅団地 (Apartment Housing Area) に隣接した敷地に、高齢者の生活を支援する機能を持った施設 (Facility for the Elderly) [1 階平屋建て (One-story House) 約 300 m<sup>2</sup>程度] をつくることになった。また、この施設とは別に、高齢者向け住居ユニット (Dwelling Unit for Elderly) [1 階平屋建て約 25 m<sup>2</sup>, 10 戸] を併設して計画することが求められている。

図中の計画対象地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。

以下の 2 つの項目について解答しなさい。

- (1) 配置図 (Site Plan) を兼ねた 1 階プラン (Ground 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良い。
- (2) 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 枚の解答用紙を用い、両方に解答しなさい。

[3a]

問 1 図 1 のように 2 つの異種材料(dissimilar material)①, ②からなる棒について以下の問いに答えなさい。ここで、棒(rod)の断面積(cross-section area)は  $A_1, A_2$ , ヤング係数(young modulus)は  $E_1, E_2$ , 線膨張係数(linear expansion coefficient)は  $\alpha_1, \alpha_2$  および長さ(length)を  $l_1, l_2$  とする。

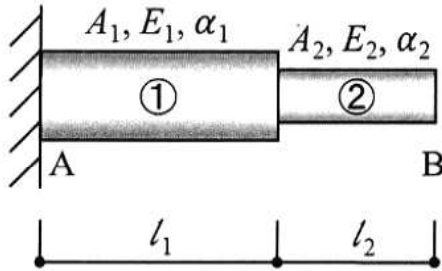


図 1

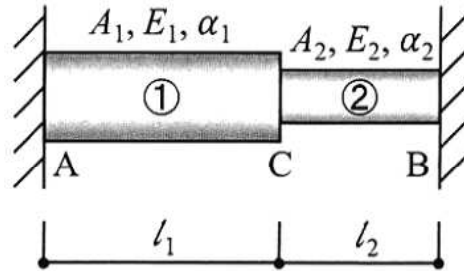


図 2

- (1) 棒②の右端(right edge) (B 点) に右方向(rightward)への荷重(load)  $P$  が作用した時の B 点の変位(displacement)を求めなさい。
- (2)  $\Delta T$  の温度上昇(increase in temperature)が生じた時の B 点の変位を求めなさい。
- (3) 図 2 のように棒(rod)①, ②が固定壁間(between fixed wall)にすき間なく入っている状態で,  $\Delta T$  の温度上昇が生じた時の棒①, ②それぞれの軸方向(axial direction)の応力度(degree of stress)  $\sigma_1, \sigma_2$  と, 点 C (棒①, ②の接合部) の変位を求めなさい。

問 2 図 3 に示すピン接合のトラス構造物(pin-connected structure)の右上点(upper right point)に荷重  $P$  が下方向(downward)に作用(act)するとき、以下の問いに答えなさい。ただし、部材(member)のヤング係数と断面 2 次モーメント(moment of inertia of area)は、それぞれ  $E, I$  ですべて同一(equal)とし、常に弾性(elastic)とする。

- (1) すべての部材について軸力図(axial force diagram)を示しなさい。解答(answer)は図 3 を解答用紙(answer sheet)に写し取り(copy), 引張(tension)を正(plus), 圧縮(compression)を負(minus)として各部材の軸力(axial force)を明記しなさい。
- (2) 最初に(initially)ある部材が弾性座屈(elastic buckling)する時の  $P$  の値(value)を求めなさい。

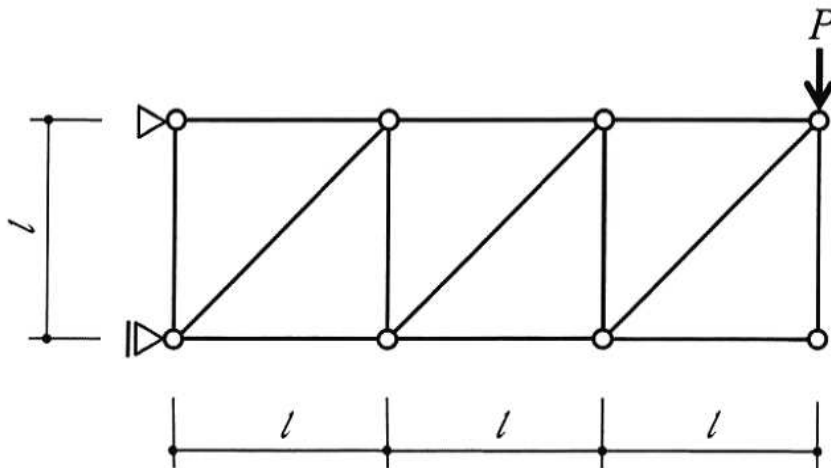
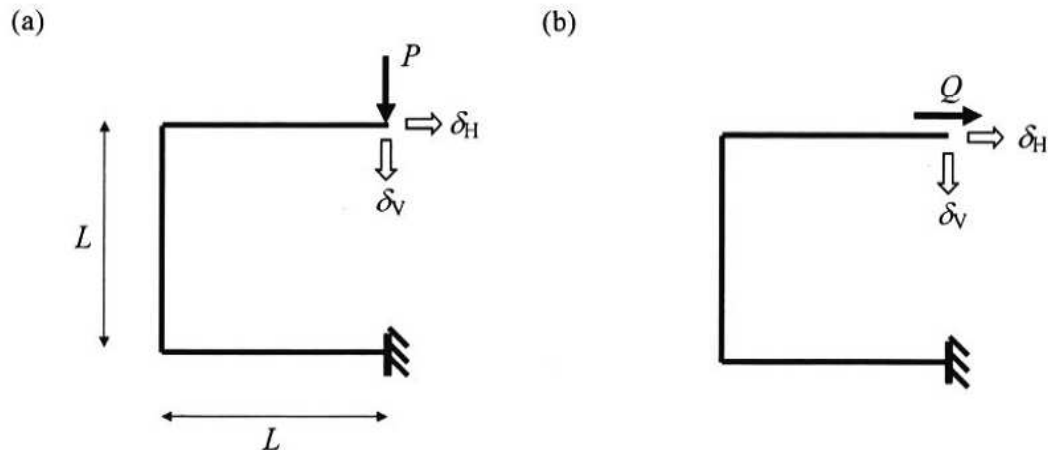


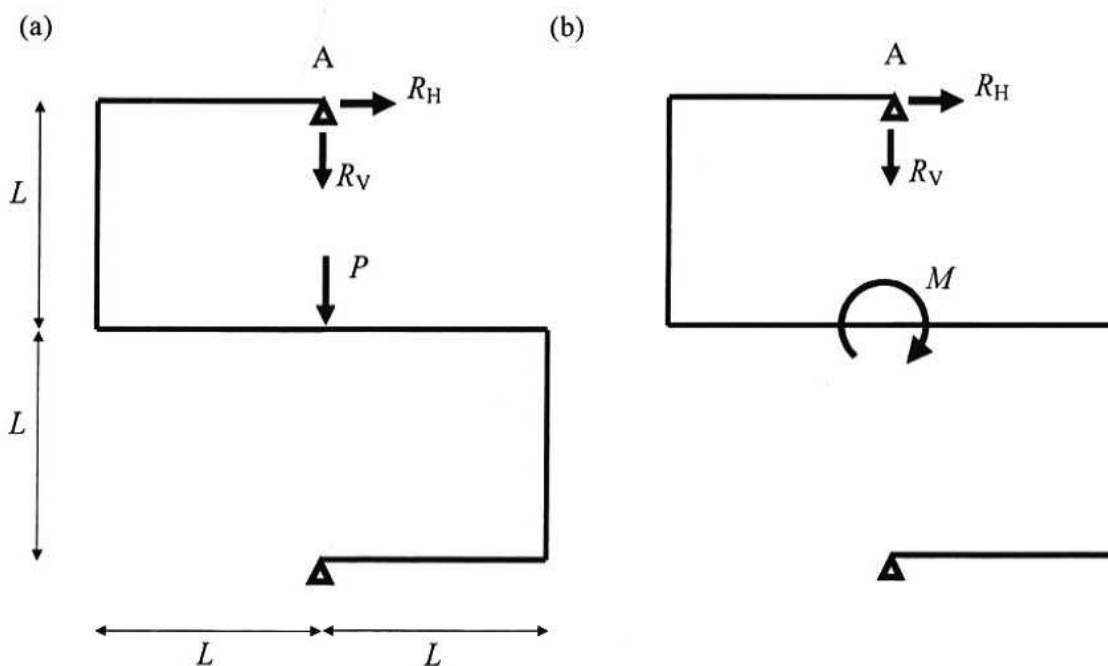
図 3

[3b] 以下の各問に答えなさい。

問1 次の図に示すように、一端固定(fix end)の構造の自由端(free end)に(a)鉛直力(vertical force) $P$ および(b)水平力(horizontal force) $Q$ が作用するときの自由端の水平変位(displacement) $\delta_H$ 、鉛直変位 $\delta_V$ の大きさをそれぞれ求めなさい。なお、変位は図中の矢印の方向を正(positive direction)とする。ただし、軸力(axial force)やせん断力(shear force)による変形(deflection)は無視できるものとする。また、構造は一様な断面(uniform cross section)で曲げ剛性(flexural stiffness)は $EI$ とする。



問2 次の図に示すように、両端(both ends)がピン支持(pin support)されたS字形(S-shaped)の構造の中心に(a)鉛直荷重 $P$ および(b)モーメント(moment) $M$ が作用するときのピン支持点Aにおいて構造に作用する水平反力(reaction force) $R_H$ および鉛直反力 $R_V$ の大きさをそれぞれ求めなさい。なお、反力は図中の矢印の方向を正とする。ただし、軸力やせん断力による変形は無視できるものとする。また、この構造は一様な断面で等しい曲げ剛性を持つとする。



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

[4a] 図 1(Fig. 1)のように、滑らかな水平面上でバネに接続された質量  $m$  の物体の振動(free vibration of spring-mass system)を考える。バネ定数(spring constant)は  $k$  とし、一端が固定されているものとする。バネが自然長の状態であるときに、物体を右向きに  $x$  だけ動かした( $x$  is the amount that the spring stretches relative to its relaxed position.)。

問1 バネが物体に与える力を右向きを正として答えなさい。

Obtain the force exerted upon the spring. Take right to be positive.

問2 この物体の周期を答えなさい。

Obtain the period of vibration.

図 2(Fig. 2)のように、滑らかな水平面上でバネ定数(spring constant) $k$  のバネに質量(mass) $M$  の 2 つの物体 A, B(object A and B)を接続した。バネが自然長の状態にあるときに、2 つの物体を右向きにそれぞれ  $x_A$ ,  $x_B$  だけ動かした( $x_A$  and  $x_B$  are the displacements applied to the two objects relative to the relaxed position of the spring.)。

問3 バネの伸びを右向きを正として答えなさい。

Obtain the amount that the spring stretches. Take right to be positive.

問4 物体 A, 物体 B の運動方程式をそれぞれ求めなさい。

Describe equation of motion with respect to the objects A and B, respectively.

問5 物体 B から物体 A を見ると、物体 A は単振動し、周期が問 2 の結果と同じであった。このとき  $M$  は  $m$  の何倍か答えなさい。

Consider the harmonic motion of object A relative to object B. The period of vibration was equal to that of Question 2. Answer the relationship between  $M$  and  $m$ .

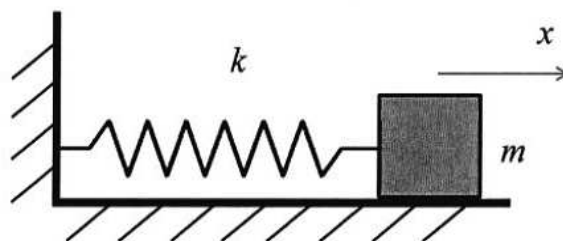


図 1 / Fig. 1

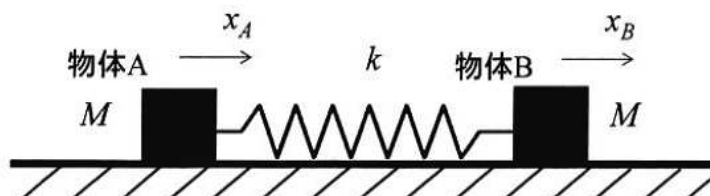


図 2 / Fig. 2



[4b] ある地震動(ground motion)の加速度応答スペクトル(acceleration response spectrum)が図1(Fig. 1)のようであるとき次の問いに答えなさい。ただし、重力加速度(acceleration of gravity)を  $g$  とする。

問1 この地震動の最大加速度を答えなさい。

Answer the peak ground acceleration of this ground motion.

問2 周期が非常に長い場合、加速度応答スペクトルの値がどのようなになるか理由とともに答えなさい。

Explain how large the acceleration response spectrum is when the period gets longer.

図2(Fig. 2)(a)~(c)のように質量(mass) $m$ の物体、剛性(stiffness constant) $k$ の棒で構成される3種類の振動系に、図1のような加速度応答スペクトルをもつ地震動が入力された場合について次の問いに答えなさい。なお、それぞれの振動系の周期(period)は  $T_1, T_2, T_3$  のいずれかに対応するものとし、減衰は無視する(Ignore the effects of damping.)。

問3 図2(a)~(c)の振動系の固有円振動数 $\omega$ を  $m, k$  を用いてそれぞれ求めなさい。

Obtain the angular frequency  $\omega$  with respect to Fig. 2 (a)-(c), respectively.

問4 図2(a)~(c)の振動系に作用する慣性力の大きさをそれぞれ求めなさい。

Obtain the inertia force with respect to Fig. 2 (a)-(c), respectively.

問5 図2(a)~(c)の振動系に生じる相対変位の最大値をそれぞれ求めなさい。

Obtain the maximum relative displacement with respect to Fig. 2 (a)-(c), respectively.

問6 この地震動の変位応答スペクトルの概形を描きなさい。

Draw the displacement response spectrum.

問7 これらの結果をふまえて、加速度応答スペクトル  $S_a$  と変位応答スペクトル  $S_d$  の関係式を答えなさい。

Answer the relationship between the acceleration response spectrum  $S_a$  and the displacement response spectrum  $S_d$ .

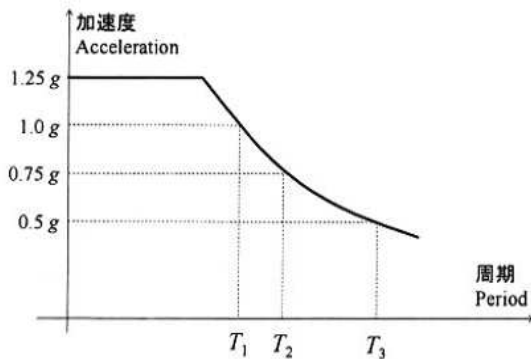


図1/ Fig. 1

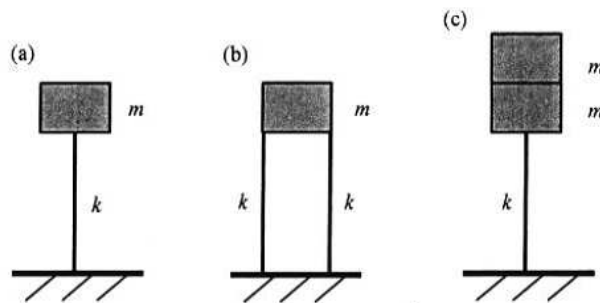


図2/ Fig. 2

[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.

以下の文章の下線部に入る適当な単語を書きなさい。

- (1) ある地震によって、地中の岩石に破壊が生じた広がりを持つ範囲は (a) \_\_\_\_\_ と呼ばれる。地震波は地球内部を伝わる (b) \_\_\_\_\_ と地表面に沿ってのみ伝わる表面波に大別される。
- (2) 地球の表面は (c) \_\_\_\_\_ と呼ばれる十数枚の固い岩石の板で覆われている。この板同士の境界では地震がよく発生するが、西日本の太平洋岸において近い将来、巨大地震の発生が危惧される箇所深い海は (d) \_\_\_\_\_ と呼ばれる。
- (3) 地震の持つエネルギー  $E$  とマグニチュード  $M$  の間には、 $\log_{10} E = 1.5M + 11.8$  なる関係式がある。この関係式より、 $M$  が 1.0 大きくなるとエネルギーは約 (e) \_\_\_\_\_ 倍となる。マグニチュードのさまざまな定義のうち、頭打ちがなく巨大地震の計測に用いられるものは (f) \_\_\_\_\_ マグニチュードと呼ばれる。
- (4) 津波の陸上への侵入を防ぐために、海岸線に沿って構築されるコンクリート構造物は (g) \_\_\_\_\_ と呼ばれる。台風の際、海水が気圧の低下によって吸い上げられ、また強風により吹き寄せられて生じる海水位が上昇する現象は (h) \_\_\_\_\_ と呼ばれる。
- (5) ハワイやアイスランドのように世界において特異的に火山活動が活発な地域は (i) \_\_\_\_\_ と呼ばれる。火山噴火による様々な災害現象のうち、高温の気体と固体粒子が斜面を流れ下るものを (j) \_\_\_\_\_ 流と呼ぶ。

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

- (1) The area where rock was ruptured by an earthquake is called as the (a) \_\_\_\_\_ .  
Seismic waves consist of the (b) \_\_\_\_\_ , which travels in the Earth interior and the surface wave, which travels along the Earth surface.
- (2) The Earth's surface is covered by a dozen of (c) \_\_\_\_\_ , consisting of rocks.  
Many earthquakes occur in their boundaries. In the western pacific coast of Japan, a mega-earthquake is expected in the deep sea region named (d) \_\_\_\_\_ .
- (3) There is a relationship such as  $\log_{10} E = 1.5M + 11.8$  between the magnitude  $M$  and the seismic energy  $E$ . From this relationship the seismic energy becomes about (e) \_\_\_\_\_ times more if  $M$  increases 1.0. There are several definitions of earthquake magnitudes. Among them, the (f) \_\_\_\_\_ magnitude is used for mega-earthquakes because no saturation occurs in this magnitude.
- (4) A concrete structure built along coastlines to resist tsunami run-up to the ground is called a (g) \_\_\_\_\_ .  
In the occasion of a typhoon attack, rise of sea-water due to low-pressure and strong-wind is called (h) \_\_\_\_\_ .
- (5) A singular area where volcanic activity is very high compared with the surrounding region is called a (i) \_\_\_\_\_ . Hawaii islands and Iceland are typical examples of this.  
Among various volcanic hazards, a phenomenon in which high-temperature gas and ashes flow down a mountain slope is called a (j) \_\_\_\_\_ flow.

問題 5 を選択する場合は、以下の[5a], [5b]の両方に解答しなさい。

### [5a]

問 1 次のエネルギーに関する記述について、それぞれ 150 字程度で答えなさい。

- (1) 我国のバイオマスエネルギー (biomass energy) 導入の状況と課題について述べなさい。
- (2) 我国の革新的なエネルギー高度利用技術 (innovative technology for high-level use of energy) について述べなさい。

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

- (1) 定常熱伝導 (steady thermal conduction) では、フーリエの法則 (Fourier's law) が多くの場合成立する。以下の記号を用いて、 $x$  方向 1 次元 (one-dimensional,  $x$ -direction) におけるフーリエの法則 (Fourier's law) を表しなさい。

$Q$ : 単位時間当りの伝熱量 (amount of heat transferred per unit time) [W],  $\lambda$ : 熱伝導度 (thermal conductivity) [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],  $T$ : 温度 (temperature) [K],  $x$ : 距離 (distance) [m],  $A$ : 面積 (Area) [ $\text{m}^2$ ]

- (2) 熱源温度 (heat source temperature) が 350K に保たれている使い捨てカイロ (warmer) がある。厚さ 2.0mm のフェルト生地 (felt) (熱伝導度  $0.050 [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$ ) で包み、体につけた。カイロの大きさを 50X100mm として体への単位時間当りの伝熱量を求めなさい。ただしカイロの厚みは無視できるものとする。

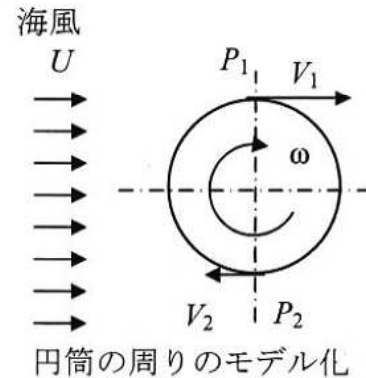
[5b] 海岸線の海風を利用した風力列車 (aero train) を設計したい。以下の文章を読み、設問に答えなさい。

海岸に沿って線路 (rail) があるとする。その上に車両の屋根には回転台が設置されている。その回転台には、直径 (diameter) :  $D$  [m], 高さ (height) :  $H$  [m] の円筒 (cylinder) がしっかりと取り付けられており、回転速度 (rotation speed) :  $n$  [rpm] で回転台 (turntable) とともに回転することができる。この時、海岸から線路に垂直に、つまり車両の進行方向とは直角に速度 (wind speed) :  $U$  [m/s] の海風が吹いているとする。

円筒の周りの風の流れをモデル的に右図に示す。

円筒周りの空気の流れは、回転方向と同じ向きと反対向きがあるので、周速 (peripheral speeds) :  $V_1$  と  $V_2$  に区別する。その周りの圧力 (peripheral pressure) :  $P_1$  と  $P_2$  として区別する。

円筒に生じる圧力差 (pressure difference) :  $\Delta P$  により、円筒の直径と高さを受圧面積としてある力 (drive force) :  $F$  が生じる。空気の密度 (air density) :  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] とする。本題の風力列車はその力を推進力としている。



- 問1  $V_1$  と  $V_2$  を  $U$ ,  $\omega$ ,  $D$  を用いてそれぞれ書きなさい。
- 問2 圧力差  $\Delta P$  を与える式を書きなさい。
- 問3 推進力  $F$  を式で書きなさい。
- 問4 以上の結果について、以下に答えなさい。
- (1)  $F$  に対する  $\omega$ ,  $D$ ,  $H$ ,  $U$  の寄与について述べなさい。
  - (2) その結果,  $F$  を大きくするには、どういう設計仕様とすれば有利か述べなさい。
- 問5 一例として,  $n=600\text{rpm}$ ,  $D=2\text{m}$ ,  $H=2\text{m}$ ,  $U=4\text{m/s}$  の時の  $F$  の大きさを計算しなさい。ただし、空気の密度は  $1.2\text{kg/m}^3$  とする。
- 問6 転がり摩擦係数を  $0.1$  とした場合、いくらの重量の車両を動かすことができるか求めなさい。

問題 6 を選択する場合は、以下の[6a], [6b]の両方に解答しなさい。

[6a] 地球温暖化に関する次の文章を読み、問 1～問 3 に答えなさい。

大きな環境問題として地球温暖化 (global warming) が挙げられ、その対策に関して国際的な議論が行われているが、科学の歴史としてみると、以下のような経緯をたどっている。この問題に関して最初に注目したのは、フランスの数学者 Fourier であり、1827 年に温室における温度上昇と地球大気中の温度挙動が似ていることから、温室効果 (greenhouse effect) と命名した。1860 年頃、イギリスの科学者 Tyndall は、二酸化炭素、水蒸気の吸光係数 (absorption coefficient) を測定し、氷河期は大気中の二酸化炭素の減少によるものであるという仮説を発表している。二酸化炭素による地球温暖化機構の基礎を築いたのはスウェーデンの化学者 Arrhenius であり、1896 年に温室効果の定量的考察を行い、二酸化炭素の濃度が 2 倍になると地球の気温が 5～6℃上昇すると予測した。これは現在の予測とそれほど異なるものではなく、地球温暖化に関する科学的基盤は 100 年以上も前に遡ることができる。

問 1 Tyndall は物質と光の相互作用について研究し、コロイドの Tyndall 現象 (Tyndall effect) について解明した科学者である。空気中に存在する水蒸気や微粒子などにより光が散乱 (scatter) するが、波長が短い光ほど散乱されやすいという特徴がある。これに基づいて夕焼け (sunset) が赤い理由を 150 字程度で説明しなさい。

問 2 Arrhenius は、化学反応速度定数 (rate constant, reaction rate constant) :  $k$  [ $s^{-1}$ ] と温度:  $T$  [K] の関係について研究し、以下の Arrhenius の式を提唱した。

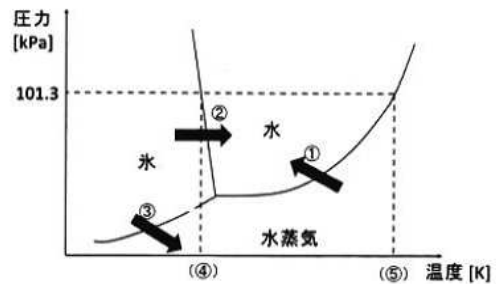
$$k = A \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$$

ここで、 $A$  [ $s^{-1}$ ] は頻度因子 (frequency factor) ,  $R$  [ $Pa \cdot m^3 \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$ ] は気体定数 (gas constant) である。  $E$  を何と呼ぶか。また、その意味について、150 字程度で反応速度の温度依存性と関係づけて説明しなさい。

問 3 可視光線 (visible light) , 赤外線 (infrared) , 吸光係数, 二酸化炭素, ガラスの用語を使い、温室効果の機構と地球温暖化の関係について 200 字程度で説明しなさい。

[6b]

問1 右図に示す水の相図(phase diagram)において矢印方向(①, ②, ③)が示す変化をそれぞれ何というか答えなさい。また、温度(④, ⑤)を答えなさい。

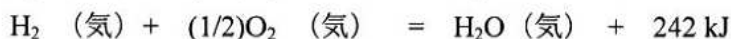
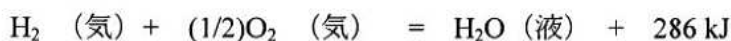


問2 大気圧下で水 250 g に尿素を溶かした溶液の凝固点(freezing point)が $-0.28^{\circ}\text{C}$ であった。溶解した尿素は何 g であったか答えなさい。ただしモル凝固点降下は  $1.85 [\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}]$ , 尿素の分子量は 60 とする。

問3  $\text{CuSO}_4$  は、 $60^{\circ}\text{C}$  で 100 g の水の中に 40 g まで溶ける。 $60^{\circ}\text{C}$  で 100 g の水に  $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  を溶かして  $\text{CuSO}_4$  の飽和溶液(saturated solution)を調製するために必要な  $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の重量は何 g か答えなさい。ただし  $\text{CuSO}_4$  の分子量(molecular weight)は 160,  $\text{H}_2\text{O}$  の分子量は 18 とし、 $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  は水の中で  $\text{CuSO}_4$  と  $5\text{H}_2\text{O}$  に完全にわかれるとする。

問4 ホウ酸 15.0 g を 120 g の水に完全に加熱溶解した後、 $20^{\circ}\text{C}$  まで冷却すると何 g のホウ酸が析出するか答えなさい。ただし、水は蒸発しないものとし、 $20^{\circ}\text{C}$  での水 100 g に対するホウ酸の溶解度(solubility)は 5.04 g とする。

問5 水は水素の燃焼(combustion)により生成し以下のような熱化学方程式(thermochemical equation)で表される。



これらの熱化学方程式をもとに水の蒸発に関する熱化学方程式を答えなさい。

問6 内径(internal diameter):  $L [\text{m}]$  で一様な円管内を密度(density):  $\rho [\text{kg}/\text{m}^3]$ , 粘度(viscosity):  $\eta [\text{Pa}\cdot\text{s}]$  の流体(fluid)が流速(flow speed):  $U [\text{m}/\text{s}]$  で流れる場合、流体の流れの性質を示す「レイノルズ数(Reynolds number)」 $Re$  は  $Re = UL\rho/\eta$  で定義される。以下の問いに答えなさい。

- (1) レイノルズ数が無次元数(dimensionless quantity)であることを示しなさい。
- (2) 流速を上げると円管内の流れは層流(laminar flow)から乱流(turbulent flow)へと変化する。同じ円管の中で常温においてこの変化が発生する時の流速は水と  $n$ -ヘキサン( $n$ -hexane)ではどちらが大きいのか、理由とともに示しなさい。ただし常温における  $n$ -ヘキサンの粘度は水の  $1/3$ , 密度は  $2/3$  であるとする。

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

[7a] C 言語(C programming language)で記述したプログラムA～プログラムEについて、以下の問 1 ～問 5 に答えなさい。なお、各プログラムの行頭の数字はプログラム中の位置を示すための行番号である。

問 1 プログラムAについて、(1)～(4)の問いに答えなさい。

- (1) printData() は仮引数(parameter)に指定された配列(array) data の n 個の要素(element)の値をスペースで区切って横に並べて表示する関数(function)である。(ア), (イ)を適切な式(expression)で埋めなさい。
- (2) swap() は仮引数の配列 data の添字(subscript)が a の要素と b の要素の値を入れ替える関数である。(ウ), (エ)を適切な式で埋めなさい。
- (3) 15 行目について説明した次の文の(オ)を適切な語で埋めなさい。

n には 14 行目の配列 data の (オ) が代入される。

- (4) このプログラムの実行結果を示しなさい。

問 2 プログラムBについて、(1), (2)の問いに答えなさい。

- (1) 関数 mindex() の機能を説明しなさい。
- (2) このプログラムの実行結果を示しなさい。

問 3 プログラムCについて、(1), (2)の問いに答えなさい。関数 printData(), swap() はプログラムAで、mindex() はプログラムBで定義されたものと同じであるとする。

- (1) (e) が空(empty)のときのこのプログラムの実行結果を示しなさい。
- (2) (e) が swap(i, mindex(i, n-i, data), data); のときのこのプログラムの実行結果を示しなさい。

(問題は次ページへ続く)

問4 プログラムDについて、(1)~(3)の問いに答えなさい。関数 printData(), swap()はプログラムAで定義されたものと同じであるとする。

図1(a)に示すように、要素数Nの配列は、ノード(node)数がNの完全2分木(complete binary tree)と対応づけることができる。このとき、各ノードの親子間には図1(b)に示す関係がある。

(1) 18行目の配列 data について、これを完全2分木で表しなさい。各ノードには対応する配列の要素の値を記しなさい。

図1(b)において、親の値が子の値以上 ( $a[i] \geq a[2*i+1]$  かつ  $a[i] \geq a[2*i+2]$ ) という制約を満たすように配列の要素を入れ替えて構成した完全2分木をヒープ(heap)と呼ぶ。図2にヒープ化の具体的手順を図1(a)の配列の各要素と対応づけて示す。図2(a)をヒープにするには、次のように葉(leaf)から根(root)に向かって順に親子をヒープにしていく。

- ① 図2(a)において、1, 5, 9 ( $a[1]$ ,  $a[3]$ ,  $a[4]$ ) の親子をヒープにする。親が子以上になるよう、親である1と子の大きいほうである9を入れ替え、9, 5, 1とする。
- ② 図2(a)において、 $a[2]$ ,  $a[5]$ の親子をヒープにする、それぞれの値は7, 2であり、親が子以上なので変更しない。
- ③ 図2(b)において、3, 9, 7 ( $a[0]$ ,  $a[1]$ ,  $a[2]$ ) の親子をヒープにする。親が子以上になるよう、親である3と子の大きいほうである9を入れ替え、9, 3, 7とする。
- ④ ③で  $a[1]$  を入れ替えたので、図2(c)において  $a[1]$ ,  $a[3]$ ,  $a[4]$  について再度ヒープ化する必要がある。親である3と子の大きいほうである5を入れ替え、5, 3, 1とする。
- ⑤ 全体のヒープ化が完了し図2(d)となる。

(2) このプログラムは配列 data をヒープにするプログラムである。(カ)を適切な式で埋めなさい。

(3) このプログラムの実行結果を示しなさい。

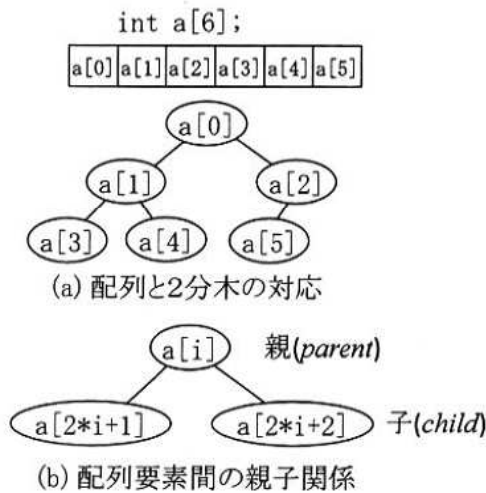


図1 完全2分木の配列による表現

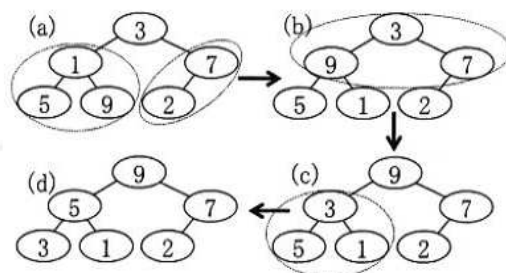


図2 ヒープの構成例

問5 プログラムEについて、(1), (2)の問いに答えなさい。関数 printData( ), swap( )はプログラムAで、heap( )はプログラムDで定義されたものと同じであるとする。

(1) このプログラムの実行結果を示しなさい。

(2) このプログラムはヒープソート(heap sort)を行うプログラムであり、ここでは再帰(recursion)呼び出しを利用して実装している。ヒープソートは再帰呼び出しを使わずに for 文などの通常の繰り返し文で実装することが可能である。再帰呼び出しを利用した実装と、繰り返し文による実装について、所要メモリの観点から比較して述べよ。



## プログラムA

```

1 #include <stdio.h>
2 void printData(int data[], int n){
3     int i;
4     for(i=0; i< (ア) ; i++)
5         printf(" %3d", (イ) );
6     putchar('\n');
7 }

8 void swap(int a, int b, int data[]){
9     int t = (ウ);
10    data[a] = data[b];
11    (エ) = t;
12 }

13 int main(void){
14     int data[] = {6,9,3,1,8,5,2};
15     int n = (sizeof data)/(sizeof data[0]);
16     printData(data, n);
17     swap(0, 1, data);
18     printData(data, n);
19     return 0;
20 }

```

## プログラムB

```

1 #include <stdio.h>
2 int mindex(int k, int n, int data[]){
3     int i, min = 0;
4     for(i=1; i<n; i++)
5         if (data[i+k] < data[min+k]) min = i;
6     return min+k;
7 }

8 int main(void){
9     int data[] = {6,9,3,1,8,5,2};
10    int n = (sizeof data)/(sizeof data[0]);
11    printf("%d\n", mindex(0, n, data));
12    return 0;
13 }

```

## プログラムC

```

1 #include <stdio.h>
2 void printData(int data[], int n);
3 void swap(int a, int b, int data[]);
4 int mindex(int k, int n, int data[]);

5 void sort(int data[], int n){
6     int i;
7     for(i=0; i<n-1; i++) {
8         (e)
9         printData(data, n);
10    }
11 }

12 int main(void){
13     int data[] = {6,9,3,1,8,5,2};
14     int n = (sizeof data)/(sizeof data[0]);
15     sort(data, n);
16     return 0;
17 }

```

## プログラムD

```

1 #include <stdio.h>
2 void printData(int data[], int n);
3 void swap(int a, int b, int data[]);

4 int heap(int t0, int data[], int n){
5     int t;
6     if (t0 >= n) return -1;
7     if (heap(2*t0+1, data, n) > heap(2*t0+2, data, n))
8         t = 2*t0+1;
9     else
10        t = 2*t0+2;
11    if (t<n && data[t]>data[t0]){
12        swap(t, t0, data);
13        (カ);
14    }
15    return data[t0];
16 }

17 int main(void){
18     int data[] = {1,9,3,2,10,8,7,4,5,6};
19     int n = (sizeof data)/(sizeof data[0]);
20     heap(0, data, n);
21     printData(data, n);
22     return 0;
23 }

```

## プログラムE

```

1 #include <stdio.h>
2 void printData(int data[], int n);
3 void swap(int a, int b, int data[]);
4 int heap(int t0, int data[], int n);

5 void sort(int data[], int n){
6     int i;
7     for(i=0; i<n-1; i++){
8         heap(0, data, n-i);
9         printData(data, n);
10        swap(0, n-1-i, data);
11    }
12 }

13 int main(void){
14     int data[] = {1,9,3,2,10,8,7,4,5,6};
15     int n = (sizeof data)/(sizeof data[0]);
16     sort(data, n);
17     printData(data, n);
18     return 0;
19 }

```

[7b] 以下の問1～問3について、小数第2位を四捨五入の上、小数第1位まで計算しなさい。また、途中の過程も記述しなさい。ただし、底2の表記は省略してかまいません。対数の計算については、必要に応じて以下の値を用いなさい。

$$\log_2 3 \approx 1.58, \quad \log_2 5 \approx 2.32, \quad \log_2 13 \approx 3.70$$

問1 Aさんは、図1に示すキーボード (Keyboard layout) のアルファベットキー26個 (半角小文字のみ) を使って作業している。Aさんは、打とうと意図したアルファベットキーと、実際にAさんが打ったアルファベットキーが異なることがある。一般にこれをタイプミスと呼ぶ。Aさんの意図したアルファベットキーを「入力」(input)、実際に打ったアルファベットキーを「出力」(output)とする通信路(channel)を考えると、以下の(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 朝は調子がよく、タイプミスが一切ない。この時の通信路容量  $C$  (channel capacity) を単位 [bit] で答えなさい。
- (2) 夜間は意図したキーと、その右隣のキーを等確率で打つようになる。ただし、P, L, Mについては左隣のキーと等確率で打つ。例えば、Aを打ったつもりでも実際にはAかSが打たれており ( $A \rightarrow A$ , または  $S$ )、Pを打ったつもりでも実際にはPかOが打たれている ( $P \rightarrow P$ , または  $O$ ) である。この時の通信路容量  $C$  (channel capacity) を単位 [bit] で答えなさい。



図1 キー配置 (Layout of a keyboard)

問2 表と裏が確率(probability)  $1/2$  で出現するコインを用いて、表が出るまで投げた回数を  $X$  とするとき、エントロピー(entropy)  $H(X)$  を単位 [bit] で答えなさい。必要ならば、次の関係式を用いてもよい。

$$\sum_{n=0}^{\infty} r^n = \frac{1}{1-r}, \quad \sum_{n=0}^{\infty} nr^n = \frac{r}{(1-r)^2}$$

問3 情報源 (information source)  $S = \{a, b, c, d\}$  に対して、以下の(1)、(2)の符号語長を持つ瞬時符号(instantaneous code)が構成しうるか否かについて、それぞれ答えなさい。

- (1) (1, 2, 2, 2)の3元符号
- (2) (2, 2, 2, 3)の2元符号

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

- [8a] 「ある工場では部品 A, 部品 B の 2 種類の部品を用いて、4 種類の製品 1~4 を製造している。各製品 1 台を製造するために必要な部品の個数、各製品 1 台当たりの売値、部品の在庫数は表 1 のとおりである。売値の合計を最大にするには、製品 1~4 をそれぞれ何台ずつ生産すればよいか。また、そのときの売値の合計はいくらか。」  
上記の問題について、以下の問 1~問 5 に答えなさい。

表 1

	製品 1	製品 2	製品 3	製品 4	在庫数
部品 A	20 個/台	15 個/台	10 個/台	10 個/台	600 個
部品 B	10 個/台	40 個/台	10 個/台	30 個/台	1000 個
売値	3000 円/台	5000 円/台	2000 円/台	4000 円/台	—

- 問 1 製品 1~4 の生産台数をそれぞれ  $x_1, x_2, x_3, x_4$  とし、この問題を線形計画問題として定式化(formulation)しなさい。
- 問 2 問 1 で定式化した線形計画問題(linear programming problem)の双対問題(dual problem)を求めなさい。
- 問 3 問 2 で求めた双対問題を解き、その最適解(双対変数の値) (optimal solution)を求めなさい。
- 問 4 問 3 の結果から、問 1 の問題の最適値(optimal value)はいくらになるか求めなさい。
- 問 5 問 1 の問題の最適解においては、在庫部品 A, B をすべて使い切り、また、製品は 4 種類のうち 2 種類だけを製造すれば売値は最大になることがわかっている。このことと、問 4 の結果を用いて、問 1 の最適解(どの製品とどの製品をそれぞれ何台ずつ生産すればよいか)を求めなさい。

[8b] 以下の問1, 問2に答えなさい。

問1 赤球2個と白球3個の入った袋Aと赤球3個と白球4個の入った袋Bがある。以下の(1)～(2)の設問に答えなさい。

- (1) それぞれの袋から1個ずつ球を取り出したとき、2個とも赤球である確率 (probability) を求めなさい。
- (2) 正しく作られたサイコロを1個振り、1, 2, 3, 4の目が出たら袋Aから、5, 6の目が出たら袋Bから1個の球を取り出す。ここで1回の試行を行った結果、取り出したのは赤球であった。このとき、袋Bから赤球を取り出した確率を求めなさい。

問2 A市で1日に発生する交通事故の件数 (number of traffic accidents) を、無作為に選んだ10日 (日1～日10) について調べたところ、以下の表のようになった。

表 A市の1日の事故発生件数

日	日1	日2	日3	日4	日5	日6	日7	日8	日9	日10
件数	8	5	12	10	6	4	9	2	10	4

このとき、以下の(1)～(3)の設問に答えなさい。

- (1)  $X_i$ を日*i*に発生した交通事故の発生件数とする。 $X_i$  ( $i = 1, \dots, 10$ ) は平均 (average)  $a$ 、分散 (variance)  $v$ の同一の確率分布に従う確率変数 (random variable) であるとき、 $a$ と $v$ をそれぞれ推定しなさい。
- (2)  $a$ は7に等しいことが知られているとする。 $v$ を推定しなさい。
- (3)  $X_i$  ( $i = 1, \dots, 10$ ) は同一のポアソン分布 (Poisson distribution) に従うとする。 $a = 7$ として、A市で1日のうちに交通事故が全く発生しない確率を、自然対数の底 (the base of natural logarithms)  $e$ を用いて表しなさい。