

千葉大学大学院融合理工学府  
平成30年4月入学及び平成29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  
(地球環境科学専攻 都市環境システムコース)

注意事項

- (1) この問題冊子は、融合理工学府 地球環境科学専攻 都市環境システムコース（博士前期課程平成30年4月入学及び平成29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) 試験開始後の退室は認めません。ただし、トイレ等のため退室したいものは申し出てください。
- (4) 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。
- (5) 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。
- (6) 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。必要であれば、解答の際に解答用紙の裏面を使用しても構いません。
- (7) 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。
- (8) 使用しない解答用紙には大きく斜線を引きなさい。
- (9) 解答時間は合計3時間です。

## 問題 1

【1a】

問題1を選択する場合は、[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] 以下の問 1, 問 2 に答えなさい。

問 1 次のア～オの空欄を埋めなさい。

- (1) アメリカの女性ジャーナリスト（ア）は、1961 年に “The death and life of great American cities”（邦訳『アメリカ大都市の死と生』）を執筆し、人間不在の近代都市計画を批判した。1960 年代前半、彼女は自ら住むニューヨークの高速道路建設や再開発計画への反対運動に積極的に参加した。彼女は都市の街路や地区に（イ）を生み出すために、「その地区や、その内部のできるだけ多くの部分が、二つ以上の主要な機能を果たさなくてなりません」など、四つの条件を示した。
- (2) 19 世紀末から 20 世紀の初頭、大都市からの人口と産業の計画的分散をうたった（ウ）の田園都市論は、世界の郊外住宅地開発に大きな影響を及ぼした。アメリカでも田園都市の考え方や設計規範が展開され、ニューヨーク郊外の住宅地開発に歩車完全分離を行う（エ）方式が導入された。この方式は住宅地をブロックに分け、通過交通を排除し居住者の自動車アクセスのためである（オ）と歩行者専用道を相互に配置する計画であり、その後の地区交通計画にも大きな影響を与えた。

問 2 以下の都市計画に関する語句を 100 字程度で説明しなさい。

- (1) 伝統的建造物群保存地区 (preservation district for groups of traditional building)
- (2) エリアマネジメント
- (3) TDR
- (4) TOD

[1b] 以下の問 1, 問 2 に答えなさい。

問 1 建築や不動産の企画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)

- (1) 環境共生住宅 (environmentally symbiotic housing)
- (2) SPC と TMK (special purpose company and “tokutei mokuteki kaisha”)

問 2 密集市街地の防災や接道不良の問題を解決し、市街地の再生または再開発を実施する場合について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 市街地再開発事業 (urban redevelopment projects) では、容積率をアップした高層建築が計画されやすい。容積アップが求められる理由 (the reason why the projects require higher floor area ratio) について、再開発事業の仕組みを踏まえて説明しなさい。(100 字～200 字程度)
- (2) あなたは、ある地方都市（人口 10～20 万人程度。他の条件は任意に定めてよい）の既成市街地において、高層化による建替え・再開発ではなく、中低層を中心とした市街地再生または再開発を提案すると仮定する。その場合の企画書の要点を以下の項目に従って説明しなさい。
  - a. その対象地で中低層の市街地像 (low-rise or middle-rise building area) を提案する理由を説明しなさい。(100 字程度。箇条書き可)
  - b. (1) のように一般の再開発事業は容積アップを求める。これに対して、中低層の市街地像を実現する市街地再生または再開発の方法について提案しなさい。(200 字程度)

## 問題 1

【1c】

[1c] 人口密度 (population density) と自動車 (automobile) との関係について、以下の問 1～問 3 に答えなさい。

問 1 図 1 は、各都道府県について市街化区域 (urban area) の人口密度と乗用車の一人当たり年間ガソリン消費量 (annual gasoline consumption per person) を示している。この図から読み取れる日本の都市の状況を、200 字程度で説明しなさい。

問 2 図中「A」に該当する都市について、今後どのような土地利用計画 (land-use) と交通計画 (transportation plan) を行う必要があるか、人口減少 (population decline) が顕著になることを条件として、対処する方法を 300 字程度で説明しなさい。なお、解答する際には、下記のキーワードから 2 つを選び、解答に含めること。また、選んだキーワードには下線を引くこと。

問 3 選択した 2 つのキーワードについて、その意味を 50～100 字程度で説明しなさい。

コンパクトシティ      都市機能誘導区域      土地区画整理事業      居住誘導区域  
国土利用計画      BRT      トランジットモール      パーク & ライド

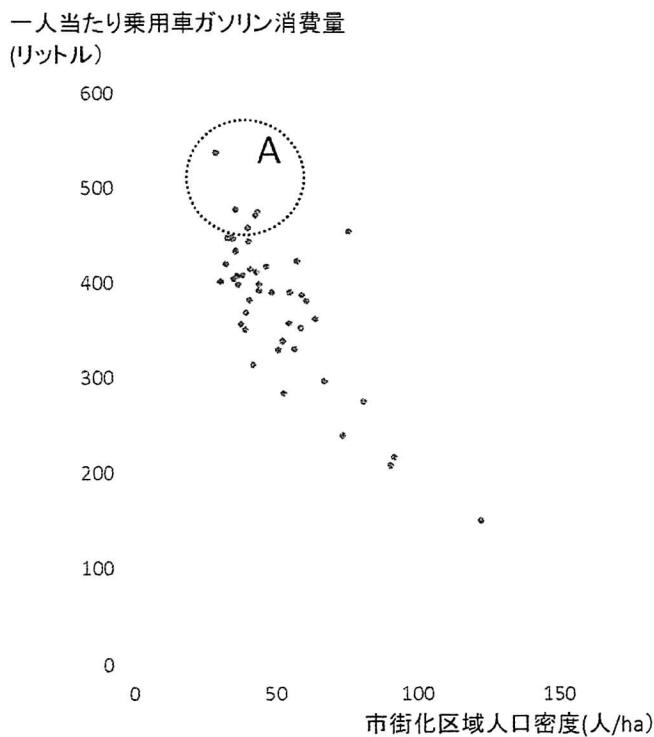


図 1 都道府県別市街化区域人口密度と乗用車ガソリン消費量の関係

資料) 都市計画年報(平成 27 年), 自動車燃料消費量統計年報平成 27 年度分(国土交通省)より作成

## 問題 2

【2a, 2b】

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。

図 1 に示すような海辺のエリアに、ヨットハーバーに隣接する道の駅（主に自動車で訪れる地域の特産品等を販売する複合商業施設）の開発が計画されている。この計画対象地に、道の駅と来訪者の様々な活動を誘発する外部デザインを、周辺との関係に配慮して計画しなさい。道の駅は建築面積約 1,800 m<sup>2</sup>を想定している。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] 配置図について、屋外空間、建物の外壁位置、建物用途を、特にグランドレベルの状態がわかるように表現しなさい。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イレベルを設定して、透視図（スケッチ程度でよい）を描きなさい。

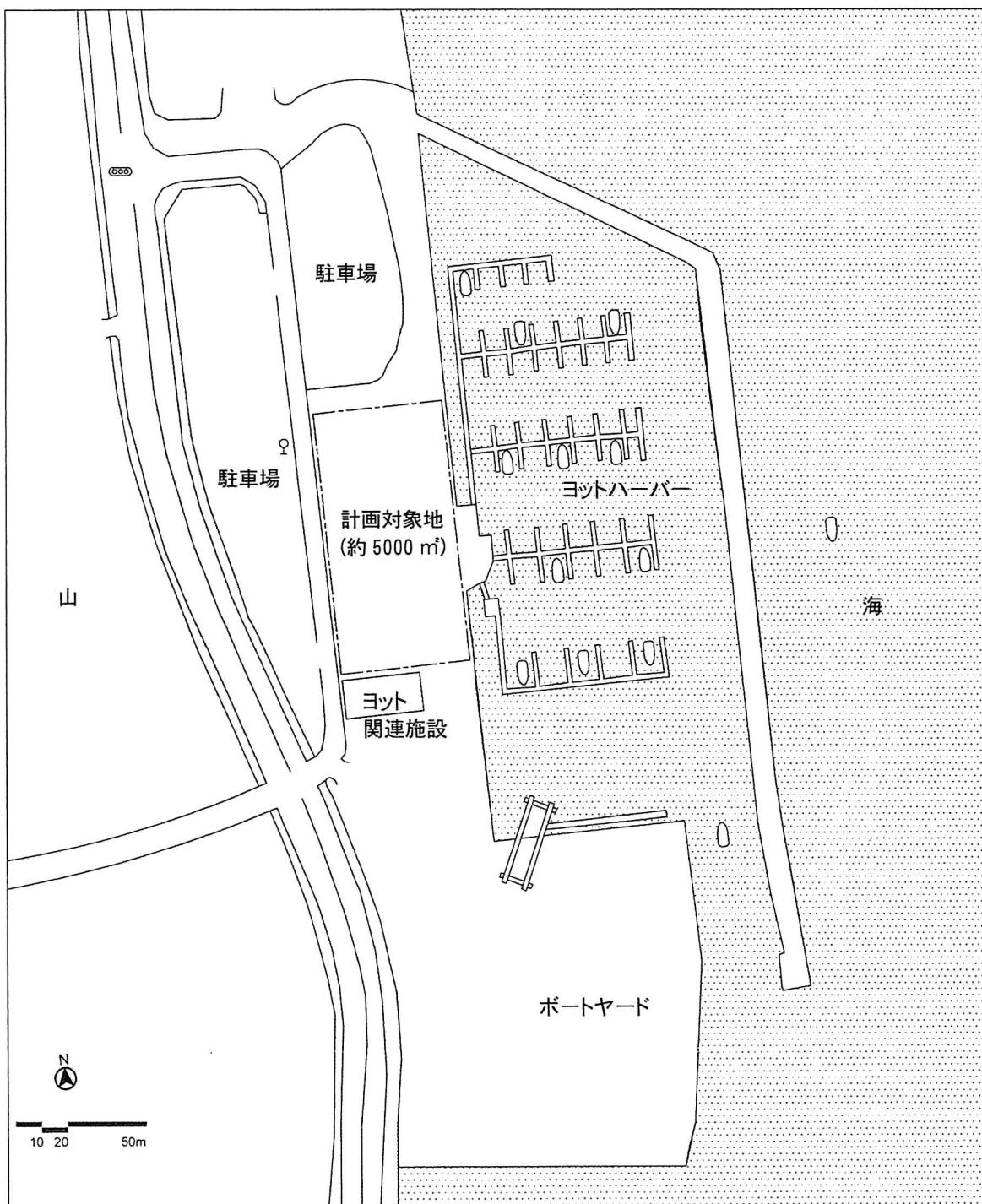


図 1

### 問題3

【3a】

問題3を選択する場合は、[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] 以下の問1、問2に答えなさい。

問1 図1に示すように材質の異なる材料(dissimilar material)A, B, Cの上端に剛板(rigid plate)をのせて、剛板を平行に保って下方向(downward)へ500 kNで載荷(load)するとき、以下の問いに答えなさい。ただし、それぞれの断面積(cross-section area)を $300 \text{ cm}^2$ ,  $3000 \text{ cm}^2$ ,  $2000 \text{ cm}^2$ 、ヤング係数(young modulus)を $20 \text{ GPa}$ ,  $20 \text{ GPa}$ ,  $40 \text{ GPa}$ とし、線膨張係数(linear expansion coefficient)はすべて同じで $1.0 \times 10^{-5} (1/\text{C})$ とする。また、座屈は生じないものとする。以下の(1)～(3)の設問に答えなさい。

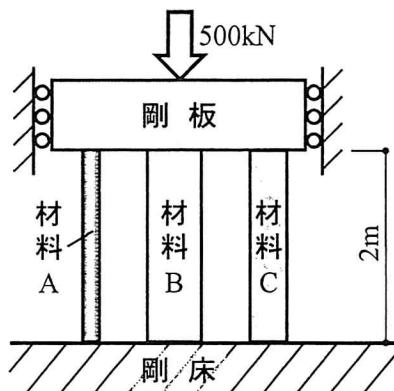


図 1

- (1) 載荷によって材料A, B, Cが受けもつ圧縮力 $P_A, P_B, P_C$ (compression force)を求めなさい。
- (2) 載荷による変位量(縮み量, displacement)  $\delta$ を求めなさい。
- (3) 上記の状態のままで載荷前の元の長さ(original length)に戻すためには、どれだけ温度(temperature)を変化させればよいか。

問2 図2に示すピン接合のトラス構造物(pin-connected structure)に荷重(load)が下方向に作用するとき、以下の(1)と(2)の設問に答えなさい。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、すべてそれぞれ $E, I$ とし、常に弾性(elastic)とする。

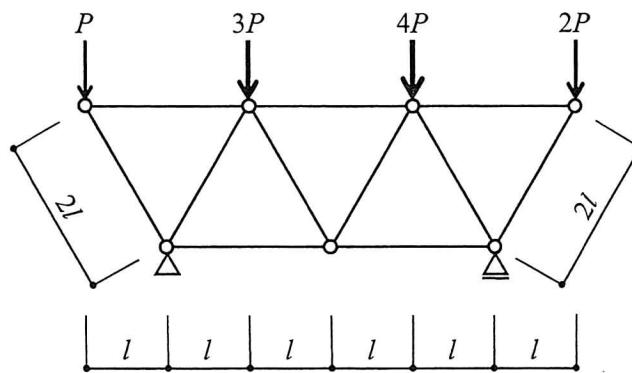


図 2

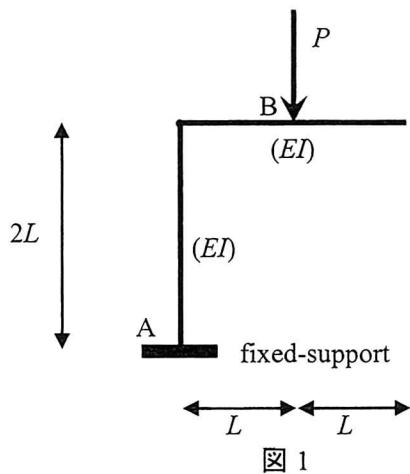
- (1) すべての部材について軸力図(axial force diagram)を示しなさい。解答は図2を解答用紙に写し取り(copy Fig. 2 to your answer sheet), 引張(tension)を正(plus), 圧縮(compression)を負(minus)として各部材の軸力を明記しなさい(specify the axial forces)。
- (2)  $P$ を大きくしていったとき、ある部材が弾性座屈(elastic buckling)する時の $P$ の値(value)を求めなさい。

### 問題3

【3 b】

[3b]

次の図1に示すように、柱脚(column base)A点が固定(fixed-support)されている線形弾性(linear elastic)Γ型骨組み(Γ-shaped frame)の梁スパン中央(center of beam span)B点に鉛直荷重(vertical load) $P$ が作用している。骨組みの2つの部材(members)は、等しいヤング率(elastic modulus)( $E$ )と断面二次モーメント(moment of inertia of cross section)( $I$ )であり、互いに剛接(rigid connect)されている。部材のせん断変形(shear deformation)や軸変形(axial deformation)の影響は無視できるとして、以下の問1と問2に答えなさい。



問1 柱脚Aにおける反力モーメント(reaction moment)の大きさを求めなさい。

問2 加力点Bの鉛直変位(vertical displacement)の大きさを求めなさい。

図1の梁自由端(free end)の支持条件(support condition)を図2～4に示すように変更した骨組みに、それぞれ鉛直荷重 $P$ が作用した。以下の問3と問4に答えなさい。

問3 図2～4のうち、加力点Bの鉛直変位が最も大きいものと最も小さいものはどれか、それぞれ図の番号(the figure number)2～4で答えなさい。

問4 問3で答えた最も小さい鉛直変位の大きさを求めなさい。

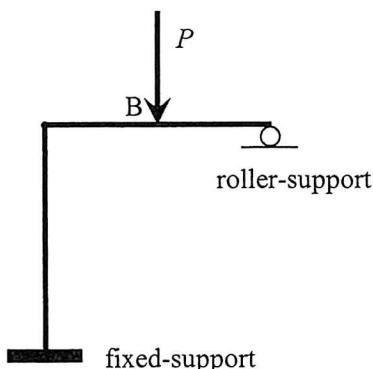


図2

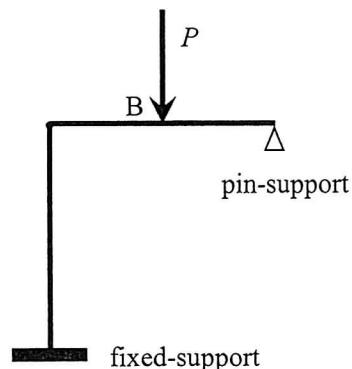


図3

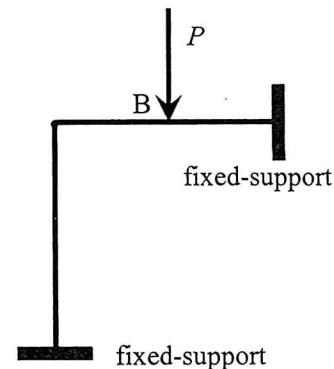


図4

## 問題 4

【4 a】

問題4を選択する場合は、[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] 図 1 のように、質量  $m$  の質点(mass)が、滑らかな水平面上でバネ定数  $k$  (spring constant  $k$ ) のバネに接続されている。バネが自然長のときの位置を原点とする  $x$  軸( $x$  is set to be 0 when the spring is at the relaxed position.)を右向きに定義する(Take right to be positive.)。この質点の運動方程式(equation of motion)に関する以下の文章の空欄(1)～(6)を答えなさい(Answer (1)-(6).)。ただし、虚数単位(imaginary unit)を  $i$  としなさい。

質点の運動方程式は、時刻(time)を  $t$  とすると  $m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx$  となる。これを式(a)のように変形する。

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0 \quad (a)$$

ここで、 $\omega_0 = \boxed{(1)}$  である。式(a)の一般解(general solution)を求めることを考える。 $x = e^{\alpha t}$  を式(a)に代入すると  $\boxed{(2)} = 0$  となる。この式が、任意の  $t$  について成り立つための  $\alpha$  の解は 2 つある。ここでは、虚部(imaginary part)が正(positive)の解を  $\alpha_1$ 、虚部が負(negative)の解を  $\alpha_2$  とする。

任意の複素数(given complex numbers)  $C, D$  を用いて式(a)の一般解を表すと  $x = Ce^{\alpha_1 t} + De^{\alpha_2 t}$  となる。  
 $\boxed{(2)} = 0$  から  $\alpha_1, \alpha_2$  を求め、一般解を  $C, D, \omega_0$  を用いて表すと、 $x = \boxed{(3)}$  となる。

振動の変位  $x$  は実数(real number)でなければならないので、 $x = x^*$  となる。ここで、 $x^*$  は  $x$  の複素共役(complex conjugate)を表し、 $C, D, \alpha_1, \alpha_2$  が複素数なので、 $x^* = C^* e^{\alpha_1^* t} + D^* e^{\alpha_2^* t}$  となる。したがって、 $x = x^*$  から  $D = \boxed{(4)}$  となる。

$x = \boxed{(3)}$  と  $D = \boxed{(4)}$ 、および  $e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$  (オイラーの公式 : Euler's formula) を用いて一般解を展開する。 $C = \frac{A - iB}{2}$  ( $A, B$  は任意の実数) とすると、 $x = \boxed{(5)}$  となる。

$t = 0$  のときに、 $x = x_0$  の位置で質点から静かに手を離した。時刻  $t$  のときの質点の変位は  $x = \boxed{(6)}$  と表せる。

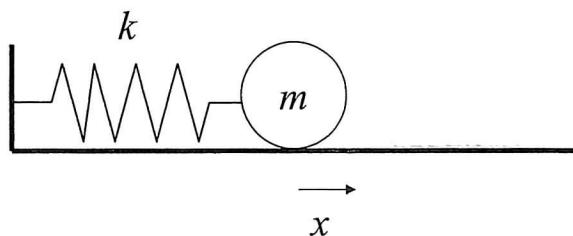


図 1

[4b] 以下の問1～問6に答えなさい。

問1 図1に示す各モデルの1自由度系の固有周期を求めなさい。図中の $m, k, h$ は、それぞれ、質量、ばね定数、減衰定数を表す。 $\pi$ の値は3として良い。(Obtain the natural period of each model shown in Fig.1.)

問2 図1に示す各モデルに、図2に示す加速度波形を持つ地面に平行な向きの地震動が生じたとき、質点の応答加速度波形がそれぞれ図3に示すように得られた。ここで、図2および図3中の $A_{\max}$ は、各加速度波形の振幅の絶対値の最大値を表す。図1、図2、図3の情報を全て総合して、加速度応答スペクトルの概形を、縦軸と横軸の数値が分かるように図示しなさい。(Fig.3 shows the acceleration response of each model shown in Fig.1 subjected to the earthquake motion shown in Fig.2. Draw the acceleration response spectrum of earthquake motion shown in Fig.2.)

問3 図1に示す各モデルに、図2の加速度を持つ地面に平行な向きの地震動が生じたとき、最大ばね反力が最も小さくなるのはどのモデルか。また、そのモデルの最大ばね反力を求めなさい。(Answer the model whose maximum reaction force of spring is minimum, and obtain its maximum reaction force.)

問4 最大応答加速度から最大応答変位を推定する際に、減衰の影響はほとんど無視することができる。その理由を述べなさい。(In calculation of the maximum response displacement from the maximum response acceleration, the effect of damping can be neglected. Answer the reason.)

問5 図1のModel 2に、図2の加速度を持つ地面に平行な向きの地震動が生じたとき、最大応答変位の概略値を求めなさい。(Obtain the maximum response displacement of Model 2.)

問6 図2に示す加速度波形の、変位応答スペクトルの概形を、縦軸と横軸の数値が分かるように図示しなさい。(Draw the displacement response spectrum of earthquake motion shown in Fig.2.)

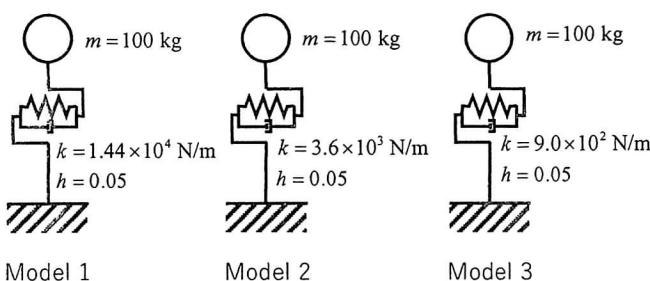


図1 1自由度系 (Single Degree of Freedom)

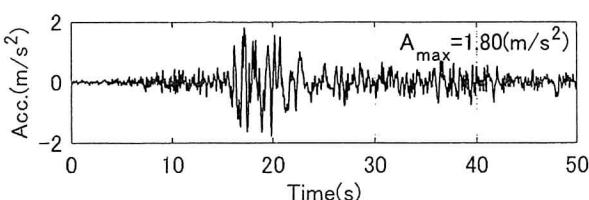


図2 入力地震動 (Input Earthquake Motion)

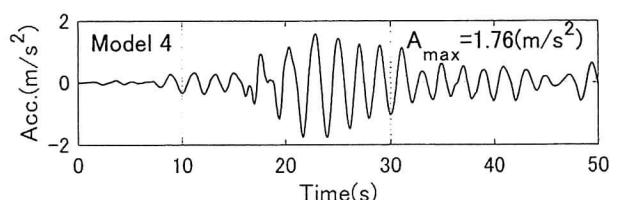
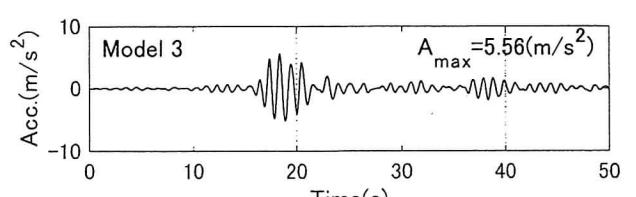
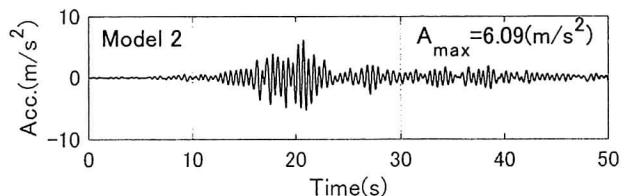


図3 応答加速度 (Response Acceleration)

## 問題 4

【4 c】

[4c] 以下の問 1～問 5 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語句を書きなさい。

問 1 (a)\_\_\_\_\_は「荒々しい、ざらざらした」という意味の英単語で、地震学では「通常は強く固着していて、あるとき急激にずれて地震波を出すところ」を意味する。この領域では、地震のときのすべり量はその他の領域に比べて(b)\_\_\_\_\_。

問 2 マグニチュードは地震そのものの規模を表すものである。その指標値のうち、断層運動の物理モデルから求められるものを(c)\_\_\_\_\_マグニチュードである。一方、1996 年 4 月から気象庁が正式に導入した地震動の加速度波形から計算する揺れ強さを示す指標は(d)\_\_\_\_\_という。

問 3 地震波は地球内部を伝わる実体波と地表面に沿ってのみ伝わる表面波に分けられる。実体波のうち、最初に到達する縦波は(e)\_\_\_\_\_という。表面波のうち、上下成分を持つのは(f)\_\_\_\_\_である。

問 4 積乱雲・積雲に伴って地上から雲へ伸びる激しい渦巻き状の強い上昇気流は(g)\_\_\_\_\_という。一方、積雲や積乱雲から爆発的に吹き降ろす下降気流が地表に衝突して吹き出す破壊的な気流は(h)\_\_\_\_\_という。

問 5 リモートセンシングにはプラットフォームとセンサの 2 つの要素がある。プラットフォームは人工衛星や航空機以外に、手頃に空撮ができる近年話題になっている(i)\_\_\_\_\_がある。センサには受動的な光学センサ（可視光・近赤外域）と熱赤外センサ、能動的な(j)\_\_\_\_\_がある。

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

Q.1 (a)\_\_\_\_\_ means “roughness as of stone, or harshness as of temper” literally. In seismology, it means “an area on a fault in stuck or locked, suddenly sliding to release the stored energy and causing an earthquake”. In this area, the amount of slip is (b)\_\_\_\_\_ than that of the other areas.

Q.2 Magnitude measures the energy released at the source of the earthquake. Among the different magnitude scales, the (c)\_\_\_\_\_ magnitude is estimated from the physical model of the fault movement. On the contrary, (d)\_\_\_\_\_ Scale is a new scale developed by Japan Meteorological Agency from April 1996 to describe the degree of shaking at various points.

Q.3 Seismic waves can be classified into body waves that travel through the interior of the Earth, and surface waves that travel at the Earth’s surface. The longitudinal body waves that travel faster to arrive at seismograph station first are called as (e)\_\_\_\_\_. The surface waves including both horizontal and vertical motions are called as the (f)\_\_\_\_\_.

Q.4 A (g)\_\_\_\_\_ is a violently rotating column of air in contact with the ground, either pendant from a cumuliform cloud or underneath a cumuliform cloud. On the contrary, a (h)\_\_\_\_\_ is a strong ground level wind system caused by air rapidly flowing down and out of a thunderstorm.

Q.5 Platforms and sensors are two important elements for remote sensing. Besides satellites and airplanes, (i)\_\_\_\_\_ is also a kind of platforms that can take aerial images easily. Sensors include the passive optical (visual and near infrared) and thermal infrared sensors, and the active system called (j)\_\_\_\_\_ sensors.

## 問題 5

【5a】

問題 5 を選択する場合は、 [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。

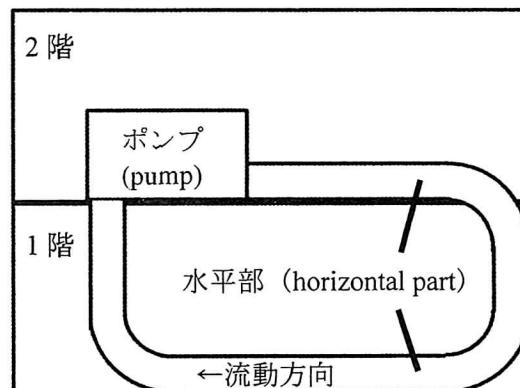
[5a] 以下の問 1，問 2 に答えなさい。

問 1 蓄熱 (heat storage) は時間や空間を超えて熱エネルギー (thermal energy) を再利用 (reuse) できる重要な技術である。蓄熱に関する以下の(1)～(4)の設間に答えなさい。

- (1) 蓄熱方法は大きく顯熱蓄熱 (sensible heat storage)，潜熱蓄熱 (latent heat storage)，化学蓄熱 (chemical heat storage) の 3 つに分けられる。これら 3 つの蓄熱メカニズムをそれぞれ 100 字程度で簡単に記しなさい。
- (2) 顯熱蓄熱について、土壤 1.0 kg が 10 K 温度上昇することにより、何 J のエネルギーが蓄えられるか記しなさい。ただし、土壤の比熱 (specific heat capacity) を  $0.80 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  とする。
- (3) 潜熱蓄熱について、硫酸ナトリウム 10 水和物 (sodium sulfate decahydrate) 1.0 kg が融解することにより、何 J のエネルギーが蓄えられるか記しなさい。ただし、硫酸ナトリウム 10 水和物の融解熱 (melting heat) を  $250 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$  とし、融解する間の硫酸ナトリウム 10 水和物の温度変化は無視できるものとする。
- (4) 化学蓄熱について、水酸化カルシウム (calcium hydroxide) 1.0 kg が吸熱反応 (endothermic reaction) により酸化カルシウム (calcium oxide) へ変化しながら 10 K 温度上昇することにより、何 J のエネルギーが蓄えられるか記しなさい。ただし、水酸化カルシウム/酸化カルシウムの比熱は簡易化のために同じ  $0.74 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  とし、水酸化カルシウム/酸化カルシウムの吸熱反応熱を  $100 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、水酸化カルシウムの分子量を  $74 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  とする。

問 2 流体 (fluid) に関する以下の(1)～(3)の設間に答えなさい。ただし重力加速度 (acceleration of gravity) は  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  を用いなさい。

- (1) 右図のように 2 階のポンプから水が場所によらず一定の流速で円管内を流れている。円管の水平部が床に接触している場合、1 階と 2 階の円管水平部ではどちらの水圧 (water pressure) が高いか答えなさい。ただし水は粘性 (viscosity) が無く非圧縮性流体 (incompressible fluid) であるとし、円管の太さはどの場所でも等しく、摩擦 (friction) の影響は無視できるとする。



- (2) (1) の条件において、水に粘性が存在し円管と流体の摩擦が無視できない場合、ポンプが流体に与えるエネルギーが流動によって熱となる割合は層流 (laminar flow)，乱流 (turbulence flow) のどちらが大きいか答えなさい。また、その理由を 50 字以内で書きなさい。

- (3) 風のない中で物体が空气中を速さ  $u$  で直線運動 (linear motion) するとき、空気による抗力 (drag)  $D$  は

$$D = (1/2)\rho C_d A u^2$$

によって求められる。ここで  $C_d$  は抗力係数 (drag coefficient)， $\rho$  は空気の密度である。また  $A$  は前面投影面積 (front projection area) と呼ばれ、半径 (radius)  $r$  の球の場合  $\pi r^2$  で与えられる。風のない中で  $A = 100 \text{ cm}^2$ 、質量  $240 \text{ g}$  の球を十分高い所から静かに落とした後、時間が経過して等速直線運動 (uniform linear motion) となつた時の球の速さを求めなさい。ただし  $C_d = 0.40$ 、 $\rho = 1.2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  でいずれもレイノルズ数 (Reynolds number) によらないものとする。

## 問題 5

【5 b】

[5b] 以下の問 1～問 7に答えなさい。

問 1 化石燃料等の燃焼によって発生する硫黄酸化物の固定発生源において、二酸化硫黄を水酸化マグネシウムと反応させることによって排気ガスの無害化が行われている。このプロセスにおける反応について、反応物 (reactant) と生成物 (product) がそれぞれ、

反応物： 二酸化硫黄 (sulfur dioxide), 水酸化マグネシウム (magnesium hydroxide)

生成物： 硫酸マグネシウム (magnesium sulfate), 水 (water)

である時の化学反応式を示しなさい。ただし、反応物に含まれる二酸化硫黄と水酸化マグネシウムの物質量 (substance quantity) は等しいとする。また、必要に応じて反応物として酸素 (oxygen) を加えても良い。

問 2 製鉄所においては鉄鉱石から鉄を得るために還元剤 (reducing agent) としてコークス (炭素) が用いられているが、産業における二酸化炭素の原因の一つであることから、新しい製鉄プロセス (ironmaking process) として水素を用いた還元反応について研究開発が進められている。この新規製鉄プロセスにおける反応について、反応物と生成物がそれぞれ、

反応物： 酸化鉄 (III) (ferric oxide), 水素 (hydrogen)

生成物： 鉄 (iron), 水

である時の化学反応式を示しなさい。

問 3 二酸化炭素を酸化カルシウムに吸収させる反応は、工場における排気ガス中の二酸化炭素回収や、ケミカルヒートポンプ技術に利用することができる。酸化カルシウム 35.0kg に対して二酸化炭素吸収反応 ( $\text{CO}_2$  absorption) を行い、炭酸カルシウム (calcium carbonate) の収率が 80.0% であるとき、炭酸カルシウムの収量 (yield) を求めなさい。ただし、Ca の原子量を 40、炭素の原子量を 12、酸素の原子量を 16 とする。

問 4 大気中の二酸化炭素濃度を計測する測定機器 (二酸化炭素濃度計;  $\text{CO}_2$  concentration meter) において、赤外線 (infrared rays) が用いられる理由を 100 字程度で説明しなさい。

問 5 雨の水素イオン濃度値 (pH) が 5.6 以下である場合に、酸性雨 (acid rain) と呼ぶ。この値が用いられる理由について 100 字程度で説明しなさい。

問 6 トリチウム (tritium) を含む廃水を保管しているタンク内において、廃水 1 立方メートル当たり 4.0 GBq のトリチウムが含まれていた。トリチウムの半減期 (half life) を 12 年とする時、60 年後のタンク内にトリチウムは廃水 1 リットル当たり何 Bq 含まれているか求めなさい。

問 7 放射性核種 (radionuclide) である  $^{90}\text{Sr}$  や  $^{226}\text{Ra}$  は、人間の体内に取り込まれると骨に集積やすい。その理由を 100 字程度で説明しなさい。

## 問題 6

【6a】

問題 6 を選択する場合は、[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] 以下の問 1～問 8 に答えなさい。

問 1 リサイクルに適した金属の一つであるアルミニウム(aluminum)は、酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )を水晶石に混ぜて融点を下げる溶融塩電解(molten salt electrolysis)により製造している。純度 96 % のアルミナに水晶石を適量混ぜて溶融塩電解したところ、物質効率 90 % で 420 g の純アルミニウム(Al)が得られた。もとのアルミナの質量[g]を求めなさい。ただし、Al の原子量 (atomic weight) を 27、O の原子量を 16 とする。

問 2 水処理において酸性排水は中和処理(neutralization treatment)される。排水量  $200 \text{ m}^3 \cdot \text{day}^{-1}$  で排出される pH 12 の排水を pH 7 に中和する場合に必要な 96 % の濃硫酸 (conc.- $\text{H}_2\text{SO}_4$  aq.) の量 [ $\text{kg} \cdot \text{day}^{-1}$ ] を求めなさい。ただし、水のイオン積(ionic product)を  $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  の分子量(molecular weight) を 98 とする。

問 3 ある塩(salt)を 150 g の水に完全に加熱溶解し、10 °C まで冷却すると 9.0 g の塩の析出があった。最初に完全溶解させた塩の質量[g]を求めなさい。ただし、水は蒸発しないものとし、10 °C での水 100 g に対する塩の溶解度(solubility)を 5.0 g とする。

問 4 ヨウ素(Iodine)は日本が世界第 2 位の生産国である貴重な国産資源である。二酸化硫黄( $\text{SO}_2$ )とヨウ素溶液( $\text{I}_2$ )の酸化還元反応(oxidation-reduction reaction)の化学反応式を書きなさい。

問 5 溶液の pH の測定は環境調査にとって重要である。10 mL の  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の塩酸(HCl aq.)と 10 mL の  $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液(NaOH aq.)を混合した溶液の 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  $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ 、 $\log 4.5 = 0.65$  とする。

問 6 アルコール発酵 (ethanol fermentation) などの生化学反応において糖は重要な役割を果たす。1.45 g のスクロース(ショ糖、 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )を 30.0 mL の水に溶かして得られる水溶液の質量モル濃度 [ $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] を求めなさい。ただし、スクロースのモル質量を  $342.3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、水の密度を  $1.0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  とする。

問 7 pH が 3.0 の酢酸水溶液( $\text{CH}_3\text{COOH}$  aq.)を 20 mL とり、 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液(NaOH aq.)で中和滴定したところ、11 mL が必要であった。この酢酸水溶液の電離度 (degree of ionization) を求めなさい。

問 8 食品工業では水酸化ナトリウム水溶液(NaOH aq.)にジャガイモを浸した後に水を吹き付けて皮をむく。20 mL の水酸化ナトリウム水溶液の中和に  $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  硫酸水溶液( $\text{H}_2\text{SO}_4$  aq.)を 45.7 mL 必要としたとき、もとの水酸化ナトリウム水溶液の濃度をモル濃度 [ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ] で答えなさい。

## 問題 6

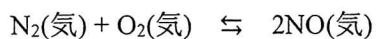
【6 b】

[6b] 以下の問 1～問 3 に答えなさい。

問 1 地球温暖化 (global warming) は化石燃料の燃焼に起因している。以下の (1) と (2) の設間に答えなさい。

- (1) メタン (気) およびプロパン (気) の燃焼熱は、 $891 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  および  $2220 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  である。メタン およびプロパンの燃焼反応の熱化学方程式を記しなさい。ただし、メタンおよびプロパンの燃焼により生成する物質は全て気体とする。
- (2) 同じ熱量を得るのに、二酸化炭素の発生量が多いのは、メタン、プロパンのどれか、根拠と共に記しなさい。

問 2 大気汚染物質の NO は、自動車のエンジン中で以下の反応で生じ、 $2200 \text{ K}$  での濃度平衡定数 (concentration equilibrium constant)  $K_c$  が  $1.6 \times 10^{-5}$  であるとする。以下の (1) と (2) の設間に答えなさい。



- (1) 同じ温度での圧平衡定数 (pressure equilibrium constant)  $K_p$  を求めなさい。
- (2)  $2200 \text{ K}$  で  $\text{N}_2$  と  $\text{O}_2$  の初期濃度が、それぞれ  $1.60 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  および  $0.40 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  であったとして、この混合気体が平衡に達した時の NO の濃度を求めなさい。

問 3 硫酸銅 (II) 水溶液を両極に白金電極を用いて、 $200 \text{ A}$  の電流を  $1.50$  時間通じて電気分解した。次の問い合わせに答えなさい。但し、銅および硫黄の原子量は  $63.6$  および  $32.1$ 、ファラデー定数  $F$  は  $9.65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$  とする。以下の (1) ~ (4) の設間に答えなさい。

- (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) 陰極に析出する銅の質量を求めなさい。
- (4) 陽極に発生するガスの標準状態( $0^\circ\text{C}$ ,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ )での体積を求めなさい。

## 問題 7

【7 a】

問題 7 を選択する場合は、 [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] 図 1 は 6, 3, 1, 4, 8 の値の並びからこの順に 2 分探索木(binary search tree)を描く過程を示している。2 分探索木とは各ノード(node)の子(child)はたかだか 2 であり、あるノードから見て左(left)の子孫(descendant)のすべての値はこのノードの値より小さく、逆に右(right)の子孫のすべての値はこのノードより大きい木構造である。以下の問 1～問 6 に答えなさい。

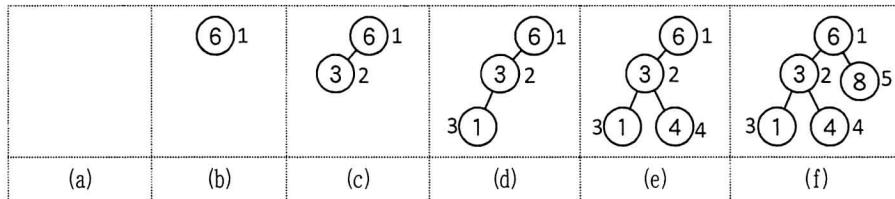
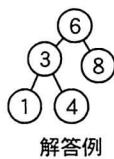


図1

問 1 次の (1)～(3) に示す値の並びについて、すべてのノードをこの順に 2 分探索木に挿入した後の結果を解答例にならって示しなさい。

- (1) 4, 3, 6, 8, 1
- (2) 6, 1, 3, 4, 8
- (3) 8, 6, 4, 3, 1



解答例

図 3 に示すプログラムは C 言語(C programming language)で記述したプログラムであり、図 1 に示した 2 分探索木を作成し、そのノードの値を順に表示するプログラムである。prNodes() はこのプログラムの動作を確認するための関数(function)である。行頭の数字はプログラム中での位置を示すための行番号である。

問 2 図 3 のプログラムでは、図 1 の 2 分探索木を 4 行目の配列 a を用いて表現している。n(n=1, 2, 3, ...)をノードを識別する番号とすると、ノード n は次の 3 つの配列の要素で表現できる。

- a[3\*(n-1)+1] : ノードの値 (値が 0 の場合はそのノードは無効)
- a[3\*(n-1)+2] : 左側の子の識別番号
- a[3\*(n-1)+3] : 右側の子の識別番号

a[0]には根となるノードの識別番号が入る。この識別番号が 0 の場合は、該当するノードは存在しないことを意味する。5 行目の x は配列 a 中の有効ノード数である。関数 prNodes() はこの配列の内容を表示して確認するための関数である。図 1 の各段階に対応した prNodes() の実行結果が図 2 であり、これは図 3 の 54～59 行目の実行結果である。この中で (c) の下線部分 1(6[2:0]) はノードの識別番号が 1 であり、ノードの値は 6、左側の子の識別番号は 2、右側には子はないことを表している。図 1 の各ノードの横に記した番号は、そのノード識別番号である。

(a) 0 [0]
(b) 1 [1] 1(6[0:0])
(c) 2 [1] <u>1(6[2:0])</u> 2(3[0:0])
(d) 3 [1] 1(6[2:0]) 2(3[3:0]) 3(1[0:0])
(e) 4 [1] 1(6[2:0]) 2(3[3:4]) 3(1[0:0]) 4(4[0:0])
(f) 5 [1] 1(6[2:5]) 2(3[3:4]) 3(1[0:0]) 4(4[0:0]) 5(8[0:0])

図 2

- (1) 図 3 の 46 行目で n が 1 から x まで増分 1 で繰り返すように③～⑤を適切な式(expression)で埋めなさい。
- (2) 問 1 の (1) (2) (3) の答えについて、prNodes() の実行結果(図 2 (f) 相当)を示しなさい。
- (3) x の値が 5 で、配列 a の初めから 16 個の要素が次の(i)～(iii)のときの木構造を問 1 の解答例にならって描きなさい。
  - (i) 1, 1, 0, 2, 2, 0, 3, 3, 0, 4, 4, 0, 5, 5, 0, 0
  - (ii) 1, 2, 2, 3, 1, 0, 0, 4, 4, 5, 3, 0, 0, 5, 0, 0
  - (iii) 3, 1, 0, 0, 4, 5, 4, 2, 1, 2, 5, 0, 0, 3, 0, 0

## 問題 7

【7 a】

問 3 図3のプログラムについて、search(key, 0)によって値が key のノードを探すことができる。次の(1)～(4)に答えなさい。

(1) 図3の空欄(ア)～(ウ)を次の選択肢から選んで埋めなさい。なお、同じ記号の空欄には同じ式が入る。

選択肢: $3*(n-1)+1$   $3*(n-1)+2$   $3*(n-1)+3$   $a[3*(n-1)+1]$   $a[3*(n-1)+2]$   $a[3*(n-1)+3]$

(2) 配列 a が問 2(3)の(i)の状態のとき、search(4, 0)が返す値を答えなさい。

(3) 配列 a が問 2(3)の(ii)の状態のとき、search(4, 0)が返す値を答えなさい。

(4) (2) と (3) はどちらも1～5の整数から4を探している。両者について探索の手間を比較して述べなさい。

問 4 図 3 のプログラムにおいて、次の(1)(2)に示す状態の配列 a に対して print(0)を実行した結果、表示される内容を示しなさい。

(1) 図1・図2の(f)に該当する配列 a

(2) 問 2(3)の(iii)を要素とする配列 a

問 5 図 3 のプログラム中の関数 create()について、空欄①②を適切な式で埋めなさい。

問 6 図 3 のプログラムにおいて、55 行目を削除して実行したときに表示される内容を示しなさい。

```
1 #include <stdio.h>
2 #define N 10 /* 最大ノード数 */
3
4 int a[1+3*N];
5 int x; /* 配列 a 中の有効ノード数 */
6
7 void create(int v, int p){
8     int n = a[p];
9     if (n == 0) {
10         ++x;
11         a[①] = x;
12         a[②] = v;
13     }
14     else if (v < ③(ア))
15         create(v, ④(イ));
16     else if (⑤(ア) < v)
17         create(v, ⑥(ウ));
18 }
19
20 int search(int key, int p){
21     int r;
22     int n = a[p];
23     if (n == 0)
24         r = 0;
25     else if (key == ⑦(ア))
26         r = n;
27     else if (key < ⑧(ア))
28         r = search(key, ⑨(イ));
29     else
30         r = search(key, ⑩(ウ));
31     return r;
32 }
```

```
33
34 void print(int p){
35     int n = a[p];
36     if (n!=0){
37         print(3*(n-1)+2);
38         printf("%d ", a[3*(n-1)+1]);
39         print(3*(n-1)+3);
40     }
41 }
42
43 void prNodes(void){
44     int n;
45     printf("%d [%d] ", x, a[0]);
46     for(⑪; ⑫; ⑬)
47         printf("%d(%d[%d:%d]) ", n,
48                a[3*(n-1)+1], a[3*(n-1)+2],
49                a[3*(n-1)+3]);
50     putchar('\n');
51 }
52
53 int main(void){
54     prNodes(); /* (a) */
55     create(6, 0); prNodes(); /* (b) */
56     create(3, 0); prNodes(); /* (c) */
57     create(1, 0); prNodes(); /* (d) */
58     create(4, 0); prNodes(); /* (e) */
59     create(8, 0); prNodes(); /* (f) */
60     print(0); putchar('\n');
61     return 0;
62 }
```

図 3

## 問題 7

【7 b】

[7b] 以下の注意にしたがって、問1～問3に答えなさい。

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

$$\log_2 3 \approx 1.58, \log_2 5 \approx 2.32, \log_2 7 \approx 2.81, \log_2 13 \approx 3.70$$

注意2) 底2の表記は省略してもよい。

問1 1[bit]以下の誤りを生じうる通信路に対して、送信符号  $C=\{c_1, c_2\}$  の符号語がそれぞれ、 $c_1=111$ ,  $c_2=100$  のとき、(1)～(3)の設問に答えなさい。

- (1) 最小ハミング距離を求めなさい。
- (2) 受信側での誤り検出の可能性をその理由とともに示しなさい。
- (3) 受信側での誤り訂正の可能性をその理由とともに示しなさい。

問2 単純マルコフ情報源 (single Markov information source)  $S = \begin{Bmatrix} a & b \\ 0.6 & 0.4 \end{Bmatrix}$  について、(1)から(5)の設問に答えなさい。

- (1) 発生平均情報量 (発生エントロピー)  $H_1(S)$  を求めなさい。
- (2) マルコフ情報源  $S$  のハフマン符号を構成し、平均符号長  $L^{(1)}$  を求めなさい。
- (3) マルコフ情報源  $S$  の2次拡大情報源  $S^2=\{aa, ab, ba, bb\}$  の各情報源記号の発生確率がそれぞれ  $\{0.28, 0.12, 0.12, 0.48\}$  のとき、2次エントロピー  $H_2(S)$  を求めなさい。
- (4)  $S^2$ についてのハフマン符号を構成し、1記号あたりの平均符号長  $L^{(2)}$  を求めなさい。
- (5)  $H_1(S)$ ,  $H_2(S)$ ,  $L^{(1)}$ ,  $L^{(2)}$  の関係を  $S$  が無記憶情報源 (memoryless information source) だった場合と比較して50字程度で説明しなさい。

問3 工業製品の自動化が進む一方、不良品かそうでないかの識別は、いまだに専門判定士による目視に頼っていることが多い。今、事象系Aを実際の良/不良の確率分布、事象系Bを判定士による予測による良/不良の確率分布とする。以下の表は、3人の判定士の予測実績（十分な予測回数を重ねたデータから計算）をまとめたものである。各表の値を用いて(1)から(3)の設問に答えなさい。

- (1) 判定士1～3のそれぞれについて、的中率(%)を計算しなさい。
- (2) 判定士1～3のそれぞれについて  $H(A|B)$  を計算しなさい。
- (3) (1), (2)の結果を用いて、あなたの「信頼性」の定量的尺度を定義し、判定士1～3を信頼できる順に並べなさい。また、その理由を(1)で求めた的中率と関連づけて100字程度で説明しなさい。

判定士1			
P(a,b)		予測 B	P(a)
	良	不良	
実際 A	良	0.8	0.8
	不良	0.0	0.2
$P(b)$		0.8	1.0

判定士2			
P(a,b)		予測 B	P(a)
	良	不良	
実際 A	良	0.45	0.8
	不良	0.05	0.2
$P(b)$		0.5	1.0

判定士3			
P(a,b)		予測 B	P(a)
	良	不良	
実際 A	良	0.64	0.8
	不良	0.16	0.2
$P(b)$		0.8	1.0

## 問題8

【8 a】

問題8を選択する場合は、[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] 初期グラフ $G_0$ から出発して、以下の規則によりグラフの系列 $G_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) を生成することを考える。

グラフ $G_i$ の生成規則：グラフ $G_{i-1}$ を2つ用意し、それぞれのグラフの最小次数の点を両端点とする枝(edge)を1本設け、得られた連結グラフ(connected graph)をグラフ $G_i$ とする。ただし、グラフ $G_{i-1}$ に最小次数(minimum degree)の点が複数ある場合は、最小次数の点の中から任意の点を選ぶこととする。

以下の問1～問5に答えなさい。

問1 初期グラフ $G_0$ を自明なグラフ(trivial graph)、すなわち、孤立点(isolated vertex)一つだけからなるグラフとした場合、グラフ $G_n = (V_n, E_n)$ の点の個数 $|V_n|$ と枝の本数 $|E_n|$ を求めなさい。

問2 初期グラフ $G_0$ を完全グラフ(complete graph)  $K_3$  とした場合、グラフ $G_n$ の点の個数 $|V_n|$ と枝の本数 $|E_n|$ を求めなさい。

問3 問2と同様、初期グラフ $G_0$ を完全グラフ $K_3$  とした場合、グラフ $G_n$ に含まれる長さ3の単純な閉路(simple circuit)の個数を求めなさい。

問4 問2と同様、初期グラフ $G_0$ を完全グラフ $K_3$  とした場合、グラフ $G_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) は一筆書き可能かどうかを理由とともに述べなさい。

問5 グラフ $G_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) の生成規則を以下の生成規則2に変更し、かつ、問2と同様、初期グラフ $G_0$ を完全グラフ $K_3$  とした場合、グラフ $G_n$ の枝の本数 $|E_n|$ を求めなさい。

グラフ $G_i$ の生成規則2：グラフ $G_{i-1}$ を3つ用意し、それぞれのグラフの最小次数の点3個の間に3本の枝を設けて三角形を構成し、得られた連結グラフをグラフ $G_i$ とする。ただし、グラフ $G_{i-1}$ に最小次数の点が複数ある場合は、最小次数の点の中から任意の点を選ぶこととする。

## 問題 8

【8 b】

[8b] 以下の問 1, 問 2 に答えなさい。

問 1 確率変数 (random variable)  $X$  と  $Y$  の相関係数 (correlation coefficient)  $\rho(X, Y)$  は、以下の式で与えられる。

$$\rho(X, Y) = \frac{E[(X - E[X])(Y - E[Y])]}{\sqrt{V[X]V[Y]}}$$

ここで  $E[\ ]$  は [ ] 内の確率変数の期待値 (expectation) を、また  $V[\ ]$  は [ ] 内の確率変数の分散 (variance) をあらわす。このとき、以下の(1)～(5)の設間に答えなさい。

- (1)  $\rho(X, X)$  を求めなさい。
- (2)  $X$  と  $Y$  が互いに独立 (mutually independent) であるとき、 $\rho(X, Y)$  を求めなさい。
- (3)  $a(\neq 0)$  と  $b$  を定数とする。 $\rho(X, aX + b)$  を求めなさい。なお、必要であれば  $a$ ,  $b$  および  $V[X]$  を解答に用いて構わない。
- (4)  $X$  と  $Y$  が互いに独立であるとき、 $\rho(X + Y, X - Y)$  を  $V[X]$  と  $V[Y]$  を用いて表しなさい。
- (5)  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  が互いに独立であるとき、 $\rho(X + Y, X + Z)$  を  $V[X]$ ,  $V[Y]$  および  $V[Z]$  を用いて表しなさい。

問 2 ある工場で部品 A を製造している。製造された部品 A の中から無作為に (randomly) 10 個抽出して重さ (weight) を測定したところ、標本 (sample)  $i$  に対して以下の測定値 (measured value)  $x_i$  [kg] が得られた。

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x_i$ [kg]	10.2	9.70	9.50	9.90	10.0	10.1	9.80	10.2	9.70	9.90

以下の(1)～(5)の設間に答えなさい。なお、答えだけでなく導出過程も記述しなさい。

- (1) 標本平均  $\bar{x}$  (sample mean) を求めなさい。
- (2) 不偏分散  $s^2$  (unbiased variance) を求めなさい。

さて、部品 A の重さが正規分布 (normal distribution) に従うとき、この工場で製造している部品 A の重さは 10.0kg より軽いといえるか検定 (test) したい。

- (3) 歸無仮説 (null hypothesis)  $H_0$  を「部品 A の重さは 10.0kg である」としたとき、対立仮説 (alternative hypothesis)  $H_1$  を答えなさい。
- (4) 検定統計量 (test statistic)  $T$  を  $\bar{x}$ ,  $s^2$ , 標本数  $n$ , 母平均 (population mean)  $\mu$  を用いて答えなさい。
- (5) 有意水準 (significance level)  $\alpha = 0.05$  としたとき、(4) で示した  $T$  をもとに結論を出しなさい。なお必要であれば、 $\sqrt{3} = 1.732$ ,  $\sqrt{53.3} = 7.300$ ,  $\sqrt{59.2} = 7.694$ , および  $t$  分布 ( $t$  distribution) の値  $t_9(0.05) = 1.833$ ,  $t_{10}(0.05) = 1.812$  を使用しなさい。