

千葉大学大学院
平成28年度/平成27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28年4月入学及び平成27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(1)と明記されているもの）を用いなさい。
- (7) 問題8を選択した場合、8bの解答には、指定の解答用紙（問題番号欄に8b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 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。

戦後の都市デザインに大きな影響を与えた人物と著作に関して、アメリカのケヴィン・リンチ Kevin Lynch は、1960 年の代表的な著書『(ア)』で、市民が都市に対して共通に抱くパブリック・イメージが存在することを明らかにした。パブリック・イメージ public image の効果として、市民の情緒が安定する価値、都市概念の構成を理解できる価値、日常体験の新しさを生む価値を指摘した。

英国の (イ) は、1961 年の代表的な著書『(ウ)』で、「ひとつの建物は建築だが、2つの建築は都市風景である」と定義し、建物相互の関係と建物の間のスペースが重要な鍵であると捉えた。

日本の芦原義信 Yoshinobu Ashihara は、1970 年の代表的な著書『街並みの美学』で、街路景観に最も影響を与える比率として、(エ) に着目したことでよく知られている。

デンマークの (オ) は、1971 年の代表的な著書『建物のあいだのアクティビティ(英語タイトル Life Between Buildings)』で、公共空間の社会的なアクティビティに着目した。近年ではニューヨークのタイムズ・スクエアなどの主な道路に、歩行者空間や広場の改修計画をした。

問 2 まちづくりに関わる以下の語句を 100 字程度で説明しなさい。

- (1) コモン Common
- (2) 文化財保護法の名勝
- (3) 戦略的環境アセスメント Strategic Environmental Assessment
- (4) 道路占用

[1b]

問1 集合住宅のスケルトン・インフィル方式について、以下の問いに答えなさい。

- (1) スケルトン・インフィル方式の集合住宅を定義しなさい。(100字程度)

Describe the definition of "Skeleton-Infill System" in housing.

- (2) スケルトン・インフィル方式を用いた分譲マンションは、同一立地の一般マンションよりも販売価格が高くなることが多い。その理由を箇条書きで3つ指摘しなさい。

Explain the reasons why the price of skeleton-infill condominium is higher than ordinary one.
Describe three reasons.

- (3) スケルトン・インフィル方式の集合住宅(分譲に限らない)を普及させるために有効と考える方法を箇条書きで3つ指摘しなさい。但し、公的補助金による方法は除くこと。

Explain the methods to disseminate or popularize skeleton-infill housing.
Describe three methods, except using subsidy.

問2 建築計画・企画分野では、調査における多数例や平均値だけではなく、少数例を重視することがある。その理由を100字~200字程度で述べなさい。(字数オーバーは減点しない)

Explain the reasons why minor samples are important in order to propose architectural planning.

[1c] 都市の低炭素化(low carbon development)に関して、以下の設問に答えなさい。

問1 図は都市の人口密度と自動車のCO₂排出量(relationship between population density and CO₂ emissions)を示している。図から考えられるA市はどのような特徴を持つ都市か、土地利用(land-use)と交通(transport)の観点から200字程度で説明をなさい。

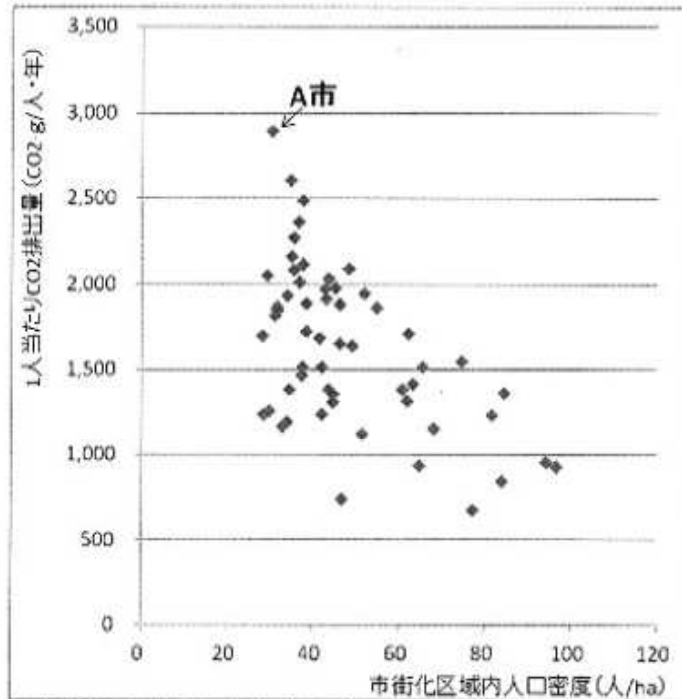


図 市街化区域内人口密度と自動車のCO₂排出量の関係

資料)国土交通省、平成23年度都市計画現況調査、環境自治体化合着環境政策研究所(2006)市町村別温室効果ガス排出量推計データより作成

問2 A市における家庭(residential)、業務(commercial)、交通部門(transport)におけるCO₂排出量削減(CO₂ emission reductions)を行うためには、どのような環境政策(sustainable development policies)を立案すべきか、以下のキーワードの中から3つを選択し、選んだキーワードを用いて、300字程度で説明しなさい。また、解答では、選択したキーワードに下線を引きなさい。

問3 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。

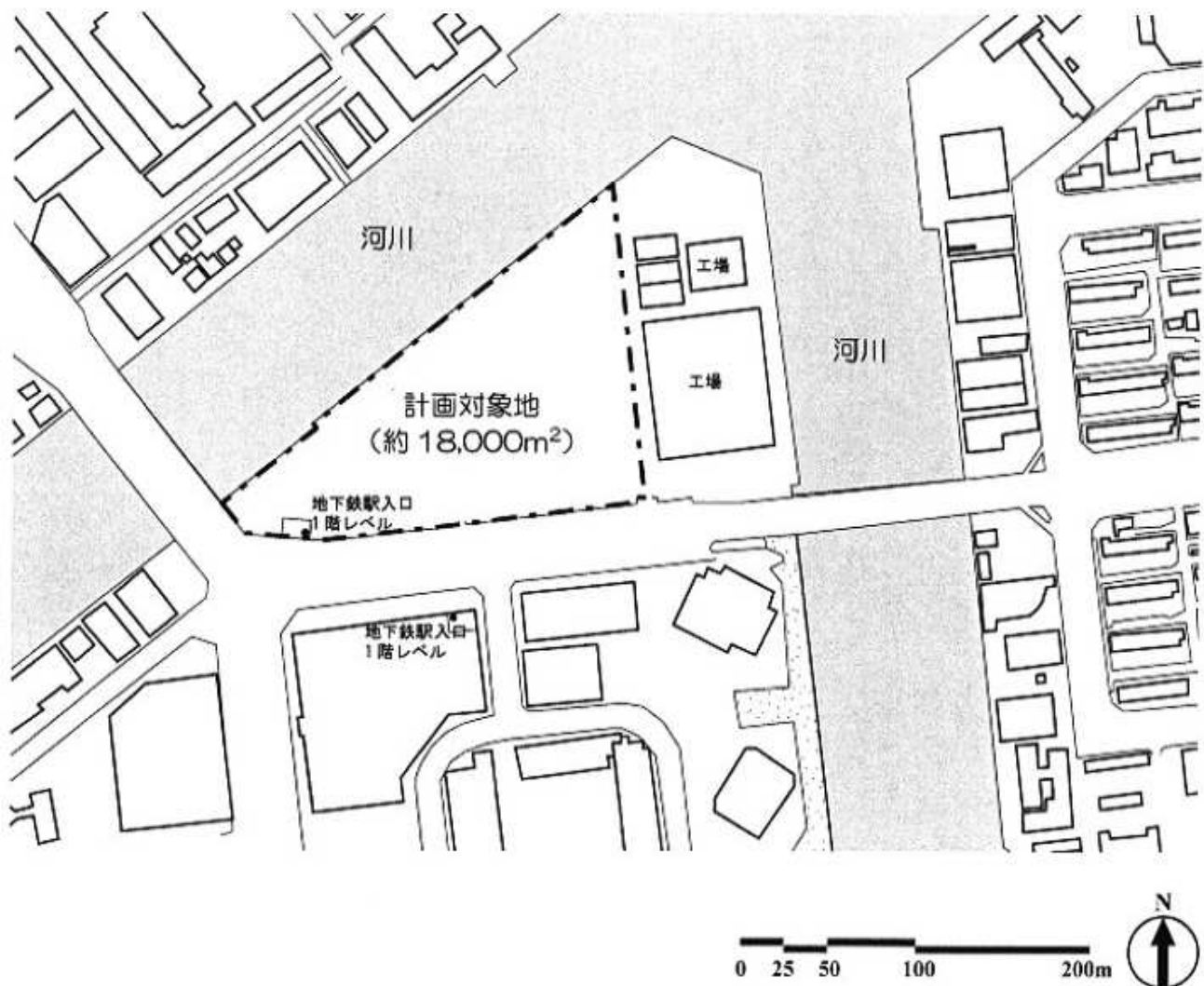
まちなか居住促進事業	TOD	TDR	LRT	TDM	BRT
パーク・アンド・ライド	ロード・プライシング	フィーダー交通			
建物間熱融通	地域冷暖房	逆線引き	環境モデル都市		
環境未来都市	CASBEE	市町村の都市計画に関する基本的な方針			

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臨海部の空地 (Vacant Land of the Metropolitan Coastal Area) に、新開発が予定されている。この計画対象地に、商業施設 (Commercial Facility)、図書館 (Library)、住宅施設 (Housing Facility) を配置し、歩いて楽しい外部デザインを、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) について、屋外空間、建物の外壁位置、建物用途、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。
- (2) 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 (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 Fig. 1 (a)~(e)に示す構造(structure)を不安定, 静定, 不静定(classify into imbalance, statically determinate, statically-indeterminate)に分類し, 不静定の場合はその次数(degree)を答えなさい。ここで, ●は回転継手(ヒンジ, hinge), ○は転がり(ローラー, roller)支承, は固定支承(fixed bearing)を表している。

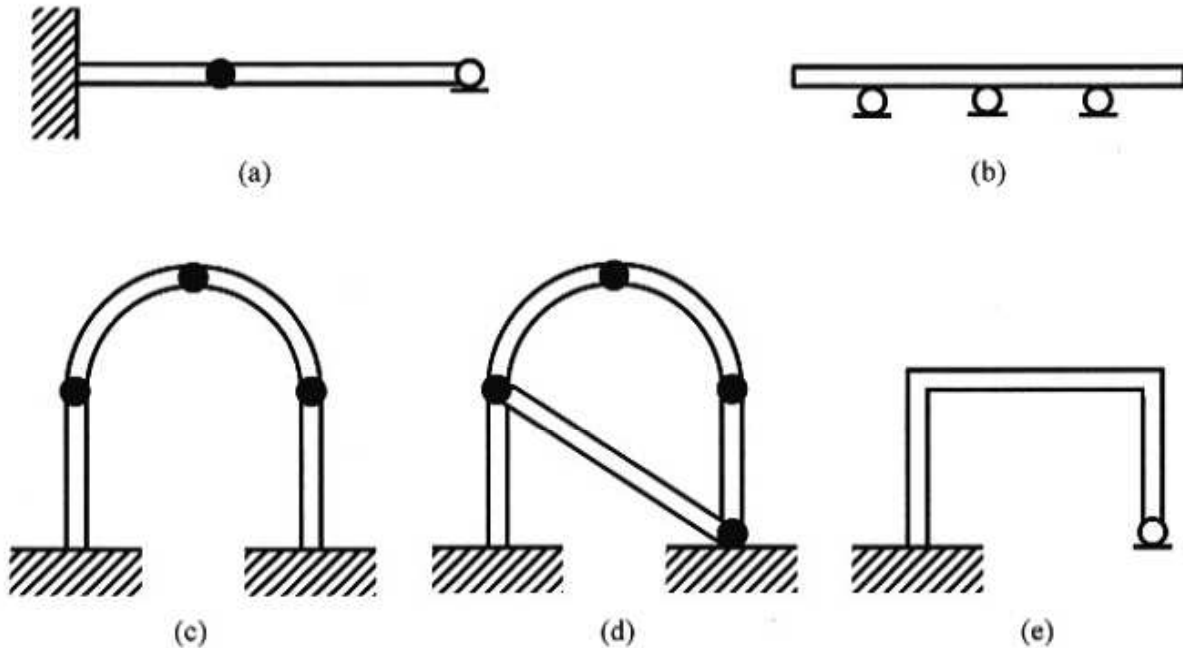


Fig. 1

問 2 Fig. 2 のような 2 つの異種材料(dissimilar material)からなる片持ち梁(cantilever beam)に等分布荷重 w (uniformly-distributed load) が作用しているとき, 以下の問いに答えなさい。ここで, AB 間および BC 間の梁の曲げ剛性(flexural stiffness)はそれぞれ $2EI$, EI とし, 部材の質量およびせん断変形の影響は無視するものとする。

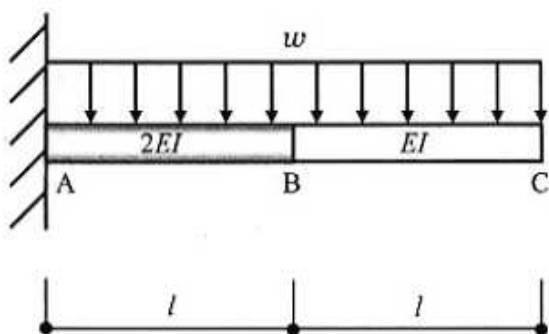


Fig. 2

- (1) モーメント図(moment diagram)を示しなさい。
- (2) 点 B におけるたわみ角 θ_B (deflection angle) とたわみ v_B (displacement) を求めなさい。なお, たわみ角は時計回りを正とし, たわみは図の下方を正とする。
- (3) 点 C におけるたわみ角 θ_C とたわみ v_C を求めなさい。

[3b]

問1 Fig.1 のように片持ちはり(cantilever beam)B と柱(column)C が接合点(joint)A でピン接合(pin-connection)されている。はり自由端(free-end)に鉛直荷重(vertical force) P が作用するとき、以下の問いに答えなさい。ここで、はり B と柱 C は、等しい弾性係数(Young's modulus) E 、断面二次モーメント(moment of inertia of cross section) I の弾性部材(elastic member)とし、軸力(axial force)による変形(deformation)は無視する(ignore)ものとする。

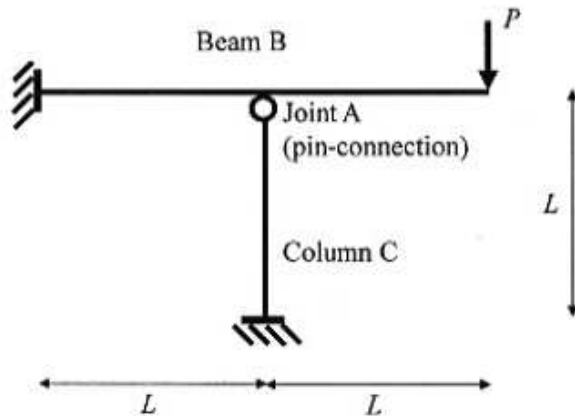


Fig.1

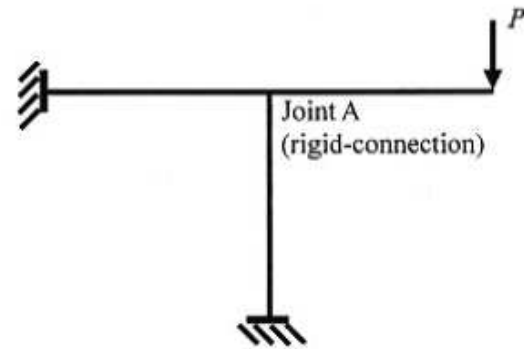


Fig.2

- (1) はり B と柱 C の曲げモーメント図(bending moment diagram)を描き、それぞれ固定端(fixed end support)におけるモーメント反力(reaction moment)の大きさを示しなさい。ただし、モーメント図は引張側(tensile side)に描くとする。
- (2) 柱 C の軸力を求めなさい。
- (3) 鉛直荷重 P の作用点の鉛直変位(vertical displacement)を求めなさい。
- (4) 柱 C が座屈(buckling)するときの鉛直荷重 P_b を求めなさい。ただし、柱 C の有効座屈長さ(effective buckling length)は $0.7L$ としてよい。

問2 問1 の骨組み(frame)を Fig.2 のように A 点で剛接合(rigid-connection)した場合について、以下の問いに答えなさい。

- (1) はり B と柱 C の曲げモーメント図を描き、それぞれ固定端におけるモーメント反力の大きさを示しなさい。ただし、モーメントは引張側に描くとする。
- (2) 柱 C の軸力を求めなさい。
- (3) 鉛直荷重 P の作用点の鉛直変位(vertical displacement)を求めなさい。

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] Fig. 1 のように、質量 m の質点が質量の無視できる長さ l の棒に接続された単振り子(simple pendulum with a mass of m hanging from a bar of length l)を考える。 x 軸、 y 軸を図のように定義し、質点の位置(position of the mass)が (x_1, y_1) と表されるとき、次の間に答えなさい。なお、棒の張力(tension of the bar)を T_1 、重力加速度(acceleration of gravity)を g とする。

- 問1 y 軸と棒のなす角 θ_1 を反時計回りを正として定義するとき、 $\sin\theta_1$ および $\cos\theta_1$ を求めなさい (Obtain $\sin\theta_1$ and $\cos\theta_1$.)。
- 問2 質点の運動方程式を x_1, y_1 についてそれぞれ答えなさい。なお、解答には θ_1 を用いてはならない (Describe the equation of motion. θ_1 is not allowed to use.)。
- 問3 y 軸と棒のなす角 θ_1 が微小のとき y 軸方向の運動は無視することができ、 $y_1 \approx l$ となる。このとき、質点は単振動する。単振動の周期を求めなさい (Obtain the period of harmonic motion when θ_1 is assumed to be infinitely small.)。

Fig. 2 のように、Fig. 1 の単振り子に、同じ単振り子をもう一つ接続した状態を考える (The same type of simple pendulum was connected to the one mentioned in Fig. 1)。新たに接続された質点の位置 (position of the additional mass)が (x_2, y_2) と表されるとき、次の間に答えなさい。なお、新たに接続された棒の張力(tension of the additional bar)を T_2 、重力加速度を g とする。

- 問4 y 軸方向と新たに接続された棒のなす角 θ_2 を反時計回りを正として定義するとき、 $\sin\theta_2$ および $\cos\theta_2$ を求めなさい (Obtain $\sin\theta_2$ and $\cos\theta_2$.)。
- 問5 2 つの質点の運動方程式を x_1, y_1 および x_2, y_2 について、それぞれ答えなさい。なお、解答には θ_1, θ_2 を用いてはならない (Describe the equation of motion. θ_1 and θ_2 are not allowed to use.)。
- 問6 θ_1, θ_2 が微小であるとき、 x_1, y_1 および x_2, y_2 を l, θ_1, θ_2 で表しなさい。ただし、 θ が微小のとき $\cos\theta \approx 1, \sin\theta \approx \theta$ としなさい。 (Obtain x_2 and y_2 as functions of l, θ_1 , and θ_2 , respectively.)
- 問7 問 6 のとき、 T_1, T_2 を求めなさい (Obtain T_1 and T_2 .)。

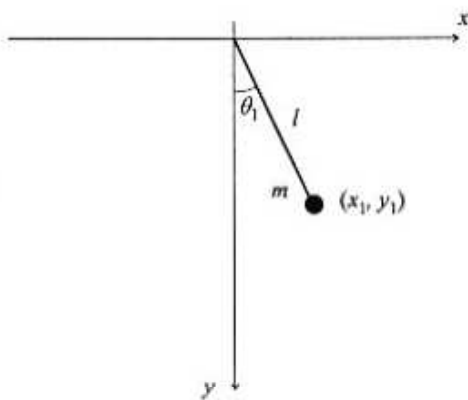


Fig. 1

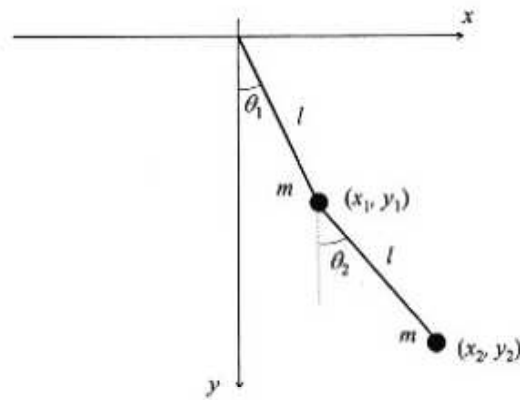


Fig. 2

[4b] 減衰を有する1質点系モデル(single degree of freedom system)の強制振動(forced vibration)に関する以下の間に答えなさい。

問1 Fig. 1に示すような質量(mass) m , 減衰係数(damping coefficient) c , ばね定数(spring constant) k を有する1質点系がある。ダランベールの原理(d'Alembert's principle)に従い, この1質点系に振動外力(excitation force) $P = P_0 e^{i\omega t}$ が作用した時の質点の運動方程式を導きなさい。(derive the equation of motion)

問2 問1で得られた運動方程式の解は2種類存在する。そのうちの1つは自由振動(free vibration)を表し, 残る1つは定常振動(steady-state vibration)を表す。このうちの, 自由振動の振動数(非減衰固有円振動数; undamped natural circular frequency) $\bar{\omega}$ はどのように表されるか。質量 m およびばね定数 k を用いて表しなさい (express $\bar{\omega}$ in terms of m and k)。

問3 運動方程式のもう1つの解である定常振動(変位 u_p) は下式のように表される。下式において, ①および②の部分の意味するところを文章で答えなさい(explain the meanings of ① and ②)。ただし, h は減衰定数(damping factor)を表す。

$$u_p = \underbrace{\frac{P_0}{k}}_{\text{①}} \times \underbrace{\frac{1}{\sqrt{\{1 - (\omega/\bar{\omega})^2\}^2 + \{2h(\omega/\bar{\omega})\}^2}}}_{\text{②}} \times e^{i\omega t} \dots \dots (1)$$

問4 Fig. 1に示すような諸元の1質点系が与えられているものとする。この時, (1)式の①の値を求めなさい。また, この1質点系の非減衰固有円振動数 $\bar{\omega}$ を求めなさい。(compute the values of ① and $\bar{\omega}$)

問5 (1)式の②の部分の関数が Fig. 2 のように与えられている。今, Fig. 1に示すように, 外力の振動数が $f = 1.2 \text{ Hz}$ の時, 質点の変位振幅がいくつになるかを計算しなさい。(given the properties of a single degree of freedom system and an excitation force as shown in Fig. 1 together with the value of ② as in Fig. 2, compute the displacement amplitude of the mass)

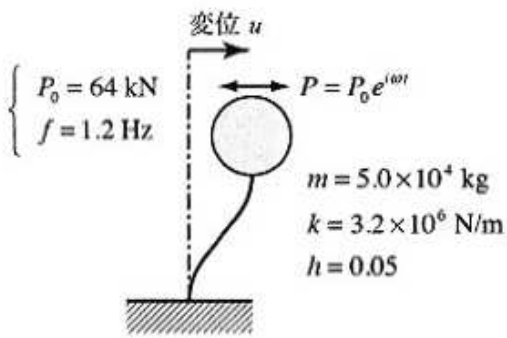


Fig. 1

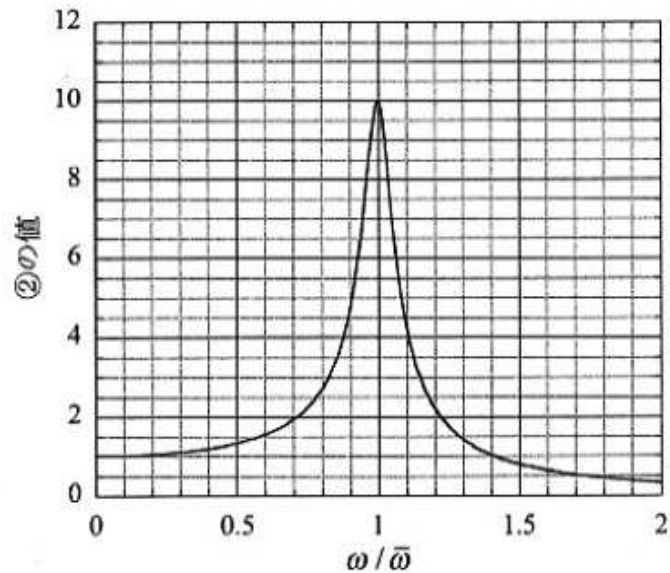


Fig. 2

- [4c] 以下の文章の下線部(underlines below)に入る適当な単語(proper words)を日本語または英語で答えなさい。
- (1) 地震動(earthquake ground motion)には様々な周期成分が含まれるが、そのうち約2~20秒の周期成分(period of about 2-20 seconds)が卓越したものを(a) _____ と呼ぶ。それによって、関東平野や大阪平野(Kanto Plain and Osaka Plain)など厚い(b) _____ をもつ平野・盆地(plain and basin)は特に揺れやすい(shake easily)。
 - (2) 発震機構解(focal mechanism solution)を求めるには、各観測点での地動(observation at each station)の(c) _____ 方向(direction)を用いる。断層運動(ground motion)によって周囲の媒質は4象限型に動くことが期待され、直交する2枚の平面(two well-constrained orthogonal nodal planes)によって震源球面上の押し引き分布(distribution of the compressive and the tensional stress)を分離することができれば、その一方が(d) _____ となる。
 - (3) 赤道近くの海域では熱帯低気圧(the tropical low-pressure storm system)が発生する。北西太平洋海域(the northwestern Pacific Ocean)で発生する熱帯低気圧を(e) _____ と呼ぶが、大西洋と北東太平洋海域(the Atlantic and northeastern Pacific Ocean)ではハリケーン(hurricane)、インド洋や南太平洋海域(the Indian and south Pacific Ocean)では(f) _____ と呼ばれる。
 - (4) 津波(tsunami)が浅い海岸(shallow coast)に達すると、速度が遅くなり、波高が高くなる。岩手県の海岸(coastal inlet in Iwate)のような複雑に入り組んだ(g) _____ では、局地的に非常に高い波(huge wave)が起きることがある。陸上における地面からの津波高さ(the elevation of local water mark from ground level)は浸水深(inundation depth)と呼ぶが、津波の最先端が到達する高度(the elevation at landward edge of tsunami penetration)は(h) _____ と呼ぶ。
 - (5) 概ね過去10万年以内に噴火した火山(the volcano that was erupted in the last 100,000 years)及び現在活発な噴気活動(currently emitting gases)のある火山は(i) _____ と呼び、現在日本での数が110となっている。そのうち、(h) _____ が2014年9月27日に噴火し(erupted on September 27, 2014)、多数の人的被害(human casualties)が出た。

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 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) スマートグリッド(smart grid)について述べてください。
- (2) 再生可能エネルギー(renewable energy)の固定価格買取制度(Feed-in Tariff Program)について述べてください。

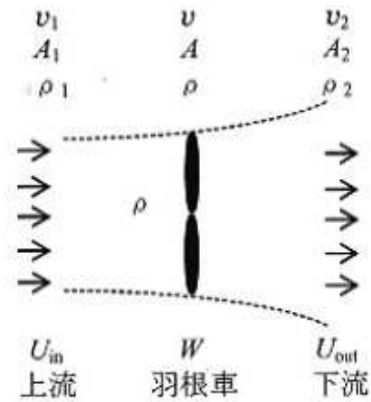
問 2 熱エネルギー (thermal energy) に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 系の内部エネルギーの変化(internal energy change)を dU 、系と周囲間の移動熱エネルギー(heat transfer)を dQ 、系の仕事(work)を dW として熱力学第一法則(the first law of thermodynamics)を表す式を示しなさい。なお、熱も仕事も、周囲から系への移動を正の向きとする。
- (2) 上記の熱力学第一法則を表す式より、どのような法則性が見出されるか、説明しなさい。
- (3) 系の体積変化量(volume change) ΔV を、外圧(pressure)を P_{ex} とするとき、上記の仕事 dW を式で表しなさい。
- (4) この場合、外圧が $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 一定で、10 L の理想気体(ideal gas)を 15 L になるまで膨張させた。このときの系の仕事を求めなさい。
- (5) 物質の比熱(heat capacity)を $C [\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$ 、質量(mass)を $m [\text{kg}]$ 、温度変化量(temperature change)を $\Delta T [\text{K}]$ とするとき、物質のエントルピー変化量(Enthalpy change) $\Delta H [\text{J}]$ を式で表しなさい。
- (6) 水 1 mol につき、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 一定で、温度を $30 \text{ }^\circ\text{C}$ から $60 \text{ }^\circ\text{C}$ まで変化させたときの、水のエンタルピー変化量および内部エネルギー変化を求めなさい。なお、水の比熱は $4.2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ で一定とする。

[5b] 空欄①～⑥に適切な式や数値を入れなさい。

水平軸の発電風車の変換効率には、ランチェスター・ベッツ係数 (Lanchester-Betz limit) と呼ばれる最大効率を与える理論がある。それによれば、最大効率は60%よりも低いとされている。

右図のように、風車の上流での風速を v_1 、風車の羽根車を通過する風速を v 、羽根車を通過したのちの下流の風速を v_2 とする。それぞれの、流路の断面積を A_1, A, A_2 とする。空気の密度は場所によらず一定で ρ とする。



風速が変動すると、ベルヌーイの定理 (Bernoulli's principle) により、圧力が変化するが、流入した空気の量は、損失なく流出するとする。これは、連続の式 (equation of continuity) である。すなわち、 $\rho A_1 v_1 = \rho A v = \rho A_2 v_2$ が成り立っている。これは、質量流量 (mass flow rate of air) である。

羽根車の流路で上流から流れてくる空気の単位時間当たりの運動エネルギー (kinetic energy per unit time) は、次式で与えられ、風車に対する入力エネルギー U_{in} である。

$$U_{in} = \text{①}$$

風車は、エネルギー変換機械であるので、羽根車を通過した前後で、この運動エネルギーの一部が、羽根車の回転エネルギー W ($= U_{in} - U_{out}$) に変換される。 W は、羽根車に作用する力 $F \times$ 風速 v ($W = Fv$) とみなすことができる。力 F は、次のように求めることができる。

運動量 (momentum) の変化は力積 (impulse) であり、通常 $\Delta (mv) = F \Delta t$ として与えられる。これから、

$$F = \text{②}$$

が得られる。この式で、質量流量は、 $m / \Delta t$ となっている。この式で F が計算できる。羽根車を通過する風速 v は、上流と下流の風速の平均値とすると、 $v = (v_1 + v_2) / 2$ となる。こうして、

$$m / \Delta t = \text{③}$$

$$\Delta v = v_1 - v_2$$

であり、これから、

$$W = \text{④}$$

が得られる。この式から、 W が最大 (W_{max}) となる v_1 と v_2 の比率は dW / dv_2 として求めることができる。

その比率は、

$$v_2 / v_1 = \text{⑤} \quad (\text{分数で答えなさい})$$

となる。風車のエネルギー変換効率 (energy conversion efficiency) η は、パワー係数と呼ばれ、その最大値 η_{max} は、次式で与えられる。

$$\eta_{max} = W_{max} / U_{in}$$

上式に、①、④、⑤の関係を入れると、 $\eta_{max} = \text{⑥}$ % が得られる。

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]

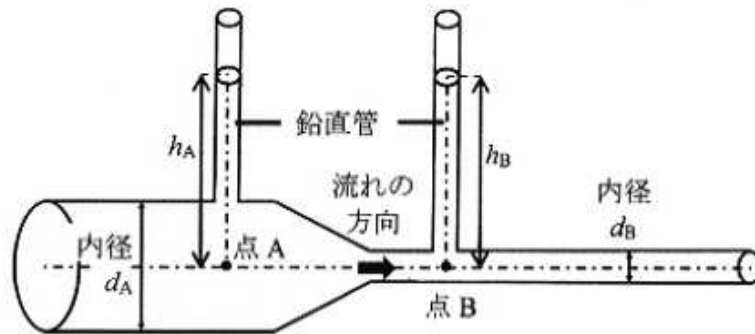
問 1 以下の設問(1)~(4)に答えなさい。

- (1) 10 °C で純水 48 mL(48 g)と純エタノール(ethanol)52 mL(42 g)を混ぜた。この溶液中で、すべての水分子がエタノールと水和分子をつくっているとすると、エタノール 1 分子に水和(hydration)している水分子の個数を求めなさい。ただし、水の分子量は 18, エタノールの分子量は 46 とする。
- (2) 0.05 g が蒸発(evaporation)すると、その体積が 100 °C, 50 kPa において 76 mL となる物質の分子量(molecular weight)を A とし、0.1 g が蒸発すると、その体積が 100 °C, 76 kPa において 50 mL となる物質の分子量を B とする。A と B の比を求めなさい。ただし、蒸発した気体は理想気体(ideal gas)とする。
- (3) 0.1 mol/kg の塩化ナトリウム水溶液の凝固点(freezing-point)は-0.34 °C である。この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(molar depression of freezing point)を $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ とする。
- (4) 塩分濃度 3.5 % の海水(seawater)1 kg を容器に入れガスバーナーで加熱し、発生した水蒸気(water vapor)をすべて回収することで 300 g の淡水(fresh water)を得た。このとき、容器に残った溶液の塩分濃度(salinity)を求めなさい。ただし、海水からの気体の発生は水蒸気のみとする。

問 2 以下の設問(1)~(3)に答えなさい。

- (1) アンモニア(ammonia)の生成反応 ($\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$) について、窒素(nitrogen)1 mol と水素(hydrogen)3 mol を混合して反応させ、500 °C, 20 MPa で平衡(equilibrium)になるまで放置したときの平衡定数(圧平衡定数)(equilibrium constant)を求めなさい。ただし、平衡混合物中(equilibrium mixture)に含まれるアンモニアのモル分率(mole fraction)を 19 % とする。
- (2) 500 °C, 20 MPa においてアンモニア生成反応が平衡に達した後、反応系内の温度(temperature)を 500 °C で一定とし、反応系内の圧力(pressure)を 10 MPa に変化させた時、平衡定数がどのように変化するか説明しなさい。
- (3) アンモニアは、火力発電所(thermal power station)等の脱硝プロセス(de- NO_x process)において窒素酸化物に対する還元剤(reducing agent)として用いられている。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： 一酸化窒素(nitrogen mono-oxide), アンモニア, 酸素(oxygen)
生成物： 窒素(nitrogen), 水蒸気(water vapor)
である時の化学反応式(chemical equation)を示しなさい。ただし、反応物に含まれる一酸化窒素とアンモニアのモル数(number of mole)は等しいとする。

[6b] 下の図のように水平に置かれた内径(internal diameter) d_A および d_B ($d_A > d_B$) の2本の円管(circular tube)が途中でつながれたものの内部に、液体が左から右に一定の流量で流れている場合を考える。2本の円管には鉛直管(vertical tube)が取り付けられており、この中心線(center line)と水平に置かれた円管(horizontal tube)の中心線との交点をそれぞれ点 A, B とする。点 A, B からの液柱の高さ(height of the liquid level from the center line of the horizontal tube)をそれぞれ h_A, h_B として以下の問い(問1～問4)に答えなさい。ただし液体は粘性が存在しない理想流体(ideal fluid)であり、圧力によらず密度(density)は ρ とする。



問1 単位時間当たり質量 Q の液体が左側から流れ込む場合、点 A における流速(flow velocity) v_A を Q, ρ, d_A および円周率 π を用いて表しなさい。

問2 点 B における流速 v_B を d_A, d_B および v_A を用いて表しなさい。

問3 h_A と h_B はどちらが大きいか、理由とともに示しなさい。ただし、数式を用いてはならない。

問4 点 A, B における液体の圧力をそれぞれ p_A, p_B とする。次の問いに答えなさい。

- (1) v_A^2 を p_A, p_B, ρ および v_B を用いて表しなさい。
- (2) h_A と h_B の差の絶対値 Δh を ρ, p_A, p_B および重力加速度 g を用いて表しなさい。
- (3) v_A^2 を d_A, d_B, g および Δh を用いて表しなさい。

問題7を選択する場合は、以下の[7a]、[7b]にそれぞれ1枚の共通の解答用紙を用い、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である。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 EMPTY -1
#define NLIST (sizeof(list)/ (ア) )
#define STRINGLEN 40
char string[STRINGLEN];
int p;
int list[10];
void init(void)
{
    int i;
    p = 0;
    for(i=0; i< (イ) ; i++)
        list[i] = (ウ) ;
    for(i=0; i< (エ) ; i++)
        string[i] = (オ) ;
}
int add(char word[])
{
    int i, j;
    for(i=0; (カ) ; i++)
        ;
    list[i] = p;
    for(j=0; word[j]; j++)
        string[p++] = word[j];
    string[p++] = '\0';
    return(i);
}
int del(int i)
{
    int n = 0;
    if ( (カ) ) {
        list[i] = EMPTY;
        n++;
    }
    return n;
}
void putstr(int k, char str[])
{
    int j;
    for(j=k; str[j]; j++)
        putchar(str[j]);
    putchar('\n');
}
void print(void)
{
    int i;
    for(i=0; i<NLIST; i++) {
        if ( (カ) ) {
            printf("%d: ", i);
            putstr(list[i], string);
        }
    }
}
void compact(void)
{
    int i, q = 0;
    (イ)
    for(i=0; (カ) ; i++) {
        (ろ)
        (は)
        (こ)
    }
}
int main(void)
{
    init();
    (A)
    print();
    return(0);
}
(右上へ続く)

```

問1 空欄(ア)～(カ)について、以下の問いに答えなさい。

- (1) NLIST が配列(array) list の要素(element)数となるよう、(ア)を適切な式(expression)で埋めなさい。
- (2) 関数(function) init() を実行することで、配列 list の各要素が EMPTY で、配列 string の各要素がナル文字(null character)で初期化されるように (イ)～(オ)を適切な式で埋めなさい。
- (3) 4つの(カ)はすべて同じであり、「配列 list の添字 i の要素の値が EMPTY と等しくなければ 1、そうでなければ 0」ということを表す等価演算子(equality operator)による式である。(カ)を適切な式で埋めなさい。

(次頁に続く)

問 2 プログラム冒頭部の※の行について、プログラム実行開始直後の変数 p の値を答えなさい。

問 3 関数 putstr 0 について、次の問いに答えなさい。

(1) putstr (0, "ABCDEF") の実行結果を示しなさい。

(2) putstr (3, "ABCDEF") の実行結果を示しなさい。

問 4 図 1 は配列 list と string を図示したものであり、この図中の数字はそれぞれの配列の要素の添字 (subscript) を表している。配列 list と string の各要素の値が図 2、図 3、図 4 の状態のとき、それぞれについて print () の実行結果を示しなさい。図 2、図 3、図 4 の枠内に示された数値・文字はそれぞれの要素の値を表している。

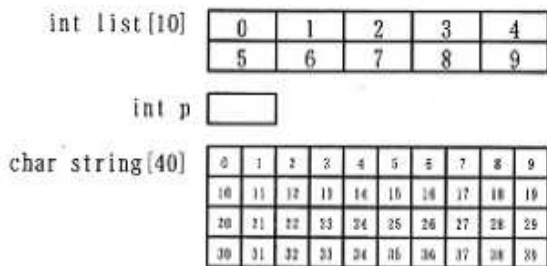


図 1

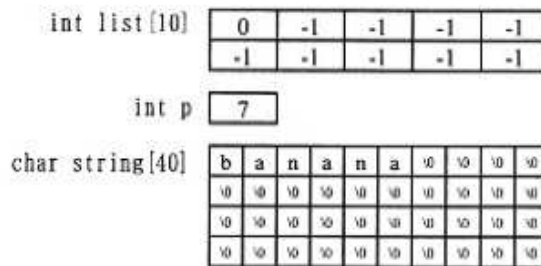


図 2

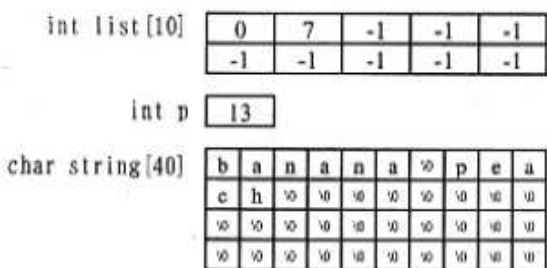


図 3

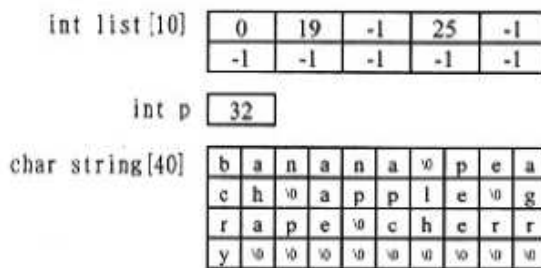


図 4

問 5 空欄(A)について、以下の問いに答えなさい。

(1) (A)が add ("apple"); add ("banana"); のとき、このプログラムの実行結果を示しなさい。

(2) (A)が add ("apple"); add ("banana"); add ("orange"); del (1); add ("grape"); のとき、このプログラムの実行結果を示しなさい。

問 6 関数 compact () は断片化 (fragmentation) された配列 string の内容を連続化する処理 (compaction) のための関数である。(い)～(に) の処理として適切なものを(a)～(f)から選んで答えなさい。

- (a) 配列 string の list [i] 番め以降の文字列を q 番め以降にコピーする,
- (b) 配列 string の q 番め以降の文字列を list [i] 番め以降にコピーする,
- (c) 配列 list の要素を昇順に並べ替える,
- (d) 配列 string の各文字を昇順に並べ替える,
- (e) 配列 string の list [i] 番めから始まる文字列の長さ+1 を q に加える,
- (f) q を list [i] に代入する。

問 7 このプログラムには実行時エラーを発生する問題点がある。(A) の部分で add ("apple"); を 100 回繰り返したところ、途中で「セグメントエラー (segmentation fault)」で終了した。考えられる原因を答えなさい。

[7b] 以下の注意にしたがって、問 1、問 2 に答えなさい。

- 注意
- 1) 小数第 2 位を四捨五入し小数第 1 位まで計算し、単位が必要なものについては書くこと。
 - 2) 必要に応じて次の値を用いなさい。 $\log_2 3 \approx 1.58$, $\log_2 5 \approx 2.32$

問 1

送信記号集合 (a set of transmit symbols) $A = \left\{ \begin{array}{cc} a_1, & a_2 \\ \frac{4}{5}, & \frac{1}{5} \end{array} \right\}$,

受信記号集合 (a set of received symbols) $B = \left\{ \begin{array}{ccc} b_1, & b_2, & b_3 \\ P(b_1), & P(b_2), & P(b_3) \end{array} \right\}$,

通信路行列 (communication channel) $\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \frac{5}{8} & \frac{3}{8} & 0 \\ \frac{5}{8} & \frac{3}{8} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

の通信路について(1)~(6) に答えなさい。

- (1) 通信路線図 (diagram of communication channel) を描きなさい。
- (2) 通信路行列 \mathbf{T} で表される通信路の名称と特徴を 40 文字程度で述べなさい。
- (3) 送信記号集合 A の平均情報量を求めなさい。
- (4) 受信記号集合 B の平均情報量を求めなさい。
- (5) 相互情報量 (mutual information) $I(A; B)$ を求めなさい。
- (6) 通信路容量 (communication channel capacity) C を求めなさい。

問 2 外見は全く同じボールが 8 個ある。この中に他より軽いボールが 1 個含まれていることがわかった。利用可能な器具が天秤 (balance scale) だけであるとき、このボールを特定するための手順を、エントロピー (entropy) を用いて定量的に説明 (quantitative explanation) しなさい。天秤は左皿と右皿に載せられたボール (複数も可) の相対的重量の比較しかできないが、何回使ってもよい。

問題8を選択する場合は, [8a]には1枚の共通の解答用紙, [8b] には指定の解答用紙を用い, 両方に解答しなさい。

[8a] あるグラフGに関して, つぎのことがわかっている。

- ・グラフGは連結な (connected)無向単純グラフ (undirected simple graph)である。ここで単純グラフとは, 多重枝 (multi-edge)と自己閉路 (self-loop) のないグラフである。
- ・グラフGのある木T (tree) に関する基本タイセット行列 (fundamental tie-set matrix) の大きさは 4×9 , 基本カットセット行列 (fundamental cutset matrix) の大きさは 5×9 である。
- ・グラフGのすべての点の次数 (degree) は3であり, グラフGは次数3の正規グラフ (regular graph) である。
- ・グラフGには長さが奇数の単純な閉路 (simple closed path) は存在しない。

以上の特徴を持つグラフGに関して以下の問 1~問 5 に答えなさい。

問 1 グラフGの点の個数と枝の本数を求めなさい。

問 2 グラフGを描きなさい。

問 3 グラフGに双対グラフ (dual graph) が存在するならば, 双対グラフを描きなさい。存在しないのであればその理由を述べなさい。

問 4 グラフGの補グラフ (complement graph) を描きなさい。

問 5 行列Aを正則な正方行列 (regular matrix), 行列Dを正方行列 (square matrix) とするとき, ブロック行列 (block matrix) P:

$$P = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}$$

の行列式 (determinant) $|P|$ は, $|P| = |A||D - CA^{-1}B|$ により求められることを利用して, グラフGの隣接行列 (adjacency matrix) の固有値 (eigenvalue) を求めなさい。

[8b] 以下の問1, 問2に答えなさい。

問1 1から6の目が等しい確率(probability)で出るサイコロ(dice)がある。以下の(1)～(3)の設問に答えなさい。

- (1) サイコロを1回振って出る目の期待値(expectation)と分散(variance)を求めなさい。
- (2) 同じ目が続けて出るまでサイコロを振り続けるとする。サイコロを振り続けた回数が n に等しい確率を求めなさい。ただし、 n は2以上の整数であるとする。
- (3) (2)において、サイコロを振り続けた回数の期待値を求めなさい。

問2 学生10人に対して数学と物理学の試験を行ったところ、下表のような結果を得た。以下の(1)～(3)の設問に答えなさい。

- (1) 数学の点数 x の標準偏差(standard deviation) σ_x , 物理学の点数 y の標準偏差 σ_y , および x と y の共分散(covariance) σ_{xy} を、それぞれ小数第1位(one decimal places)まで求めなさい。
- (2) (x,y) の散布図(scatter diagram)を描きなさい。
- (3) y の x への回帰直線(regression line) $y=ax+b$ の a と b の値を、それぞれ小数第2位まで求めなさい。また、この回帰直線を(2)で描いた散布図中に描きなさい。

表 数学と物理学の試験結果

学生名	数学 x [点]	物理学 y [点]
A	4	2
B	6	7
C	10	9
D	2	4
E	3	6
F	2	2
G	6	10
H	7	8
I	5	4
J	5	8