

千葉大学大学院融合理工学府  
平成31年4月入学及び平成30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31年4月入学及び平成30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 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～カの空欄を埋めなさい。

- (1) 1968 年に竣工した（ ア ）ビルは、日本初の超高層ビル（high-rise building）である。かつての建築基準法には建物の絶対高さ（height limitation）を（ イ ）以下にする制限があったが、1961 年に制定された都市計画法の特定街区制度を利用して、147m の高さを実現した。
- (2) （ ウ ）は、1917 年に近代都市を支える工業を都市計画の主題とし、都市を市街地と工業地に分ける「工業都市（industrial city）」論を発表した。この理論では、市街地を住宅と公共施設用地に分け、これら地域を工業地と（ エ ）で分離することを提唱した。また都市間を結ぶ高速道路やインターチェンジで交差する幹線道路、さらに鉄道からなるサーキュレーションシステム、沿岸に設けられた港湾施設が、都市構造として分離配置されて都市機能を支える都市像を提唱した。
- (3) （ オ ）は、1965 年発表された論文“A City is Not a Tree（邦訳「都市はツリーではない」）」の中で、伝統的な都市は物質的要素が重なり合いながら集まる「セミラティス（semilattice）構造」になっているが、近代都市計画によって形成される都市は単純な「ツリー（tree）構造」になっていると批判した。後にセミラティス（semilattice）構造理論をより具体的な設計ツールの開発へと展開させ、（ カ ）を 1977 年発表した。

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) 景観法（Landscape Act）
- (2) 計画段階アセスメント（Planning Stage Assessment）
- (3) 同潤会（Dojunkai）

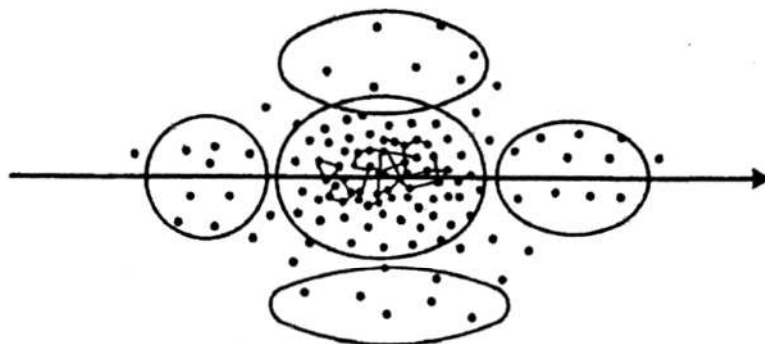
[1b] 以下の問1, 問2, 問3に答えなさい。書き切れない場合は, 解答用紙の裏面を使ってもよい。

問1 スケルトン・インフィル方式 (skeleton-infill system) の集合住宅 (apartment house) とは, 一般的に, 長期耐用性をもつスケルトン (構造躯体等) と可変性を重視したインフィル (間取り内装・設備等) を明確に分離して計画した集合住宅のことである。これに関して, 以下の問いに答えなさい。

- (1) スケルトン・インフィル方式が求められる理由を箇条書きで2つ指摘しなさい。
- (2) 上記の「明確に分離して計画した」とは何を指すか。具体的に説明しなさい。(200字程度)

問2 下図は, 生活実態調査 (living survey or market research) において, 少数例を重視する理由 (the reason why researcher focuses on a few cases) を説明するために建築計画学者・鈴木成文が示したものである。以下の問いに答えなさい。

- (1) 図の矢印は何を指しているか (鈴木が示した用語でなくても趣旨が合致すれば正解とする)。
- (2) 図を踏まえつつ, 建築の生活実態調査あるいは企業の市場調査において (どちらを想定してもよい), 少数例を重視する理由を説明しなさい。(200字程度)



問3 住宅密集地で建替え事業 (redevelopment in dense residential areas) を推進するにあたり, 共同建替え (rebuilding to the multi-unit building) と協調建替え (individual rebuilding under the same rule) について議論した。以下の問いに答えなさい。

- (1) A氏は, 協調建替えより共同建替えのほうが望ましいと主張した。その理由として考えられることを箇条書きで2つ指摘しなさい。
- (2) B氏は, 逆に, 協調建替えのほうが望ましいと主張した。その理由として考えられることを箇条書きで2つ指摘しなさい。

[1c]

中心市街地人口(population of town center)と中心市街地売上高(amount of sales in town center)との関係について、以下の設問に答えなさい。

問 1 下図は、人口 10 万人以上で、2003 年までに中心市街地活性化基本計画を策定している 155 都市（東京都内と、政令指定都市を除く）における中心市街地の人口(population of town center)と、中心市街地の売上高(amount of sales in town center)を示している<sup>(註)</sup>。もともと中心市街地が活性化(revitalize)していると考えられる都市は A~D のうちどこか、書きなさい。

(註) 中心市街地の人口については、1995 年と 2000 年、中心市街地売上高については、1997 年と 2002 年の比を示している。

問 2 問 1 でなぜその都市を選んだのか、理由を 150 字程度で説明しなさい。

問 3 なぜ、第三象限(third quadrant)に入る都市が多いのか、また、それらの都市は今後どのような計画・施策展開(planning and policy)をしていくことが望まれるのか、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、以下のキーワードから 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。

立地適正化計画    市町村の都市計画に関する基本的な方針    BID    DID    TDR  
 市街地再開発事業    大規模小売店舗立地法

問 4 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。

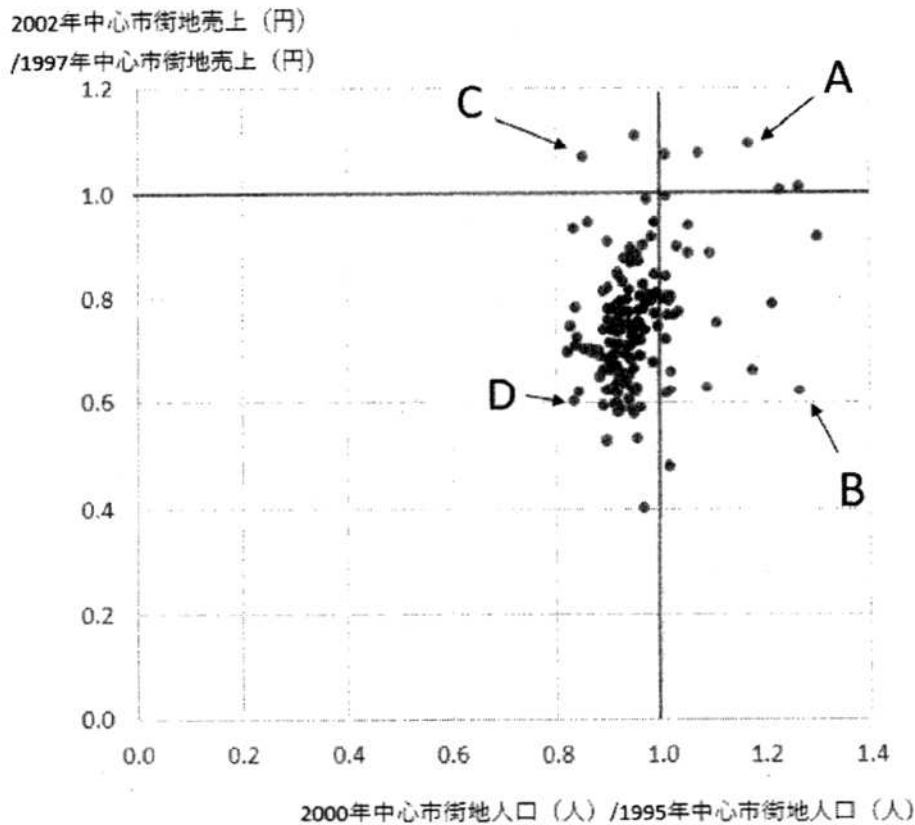


図 中心市街地人口と中心市街地売上との関係  
 資料) 国勢調査、商業統計 (経済産業省資料) より作成

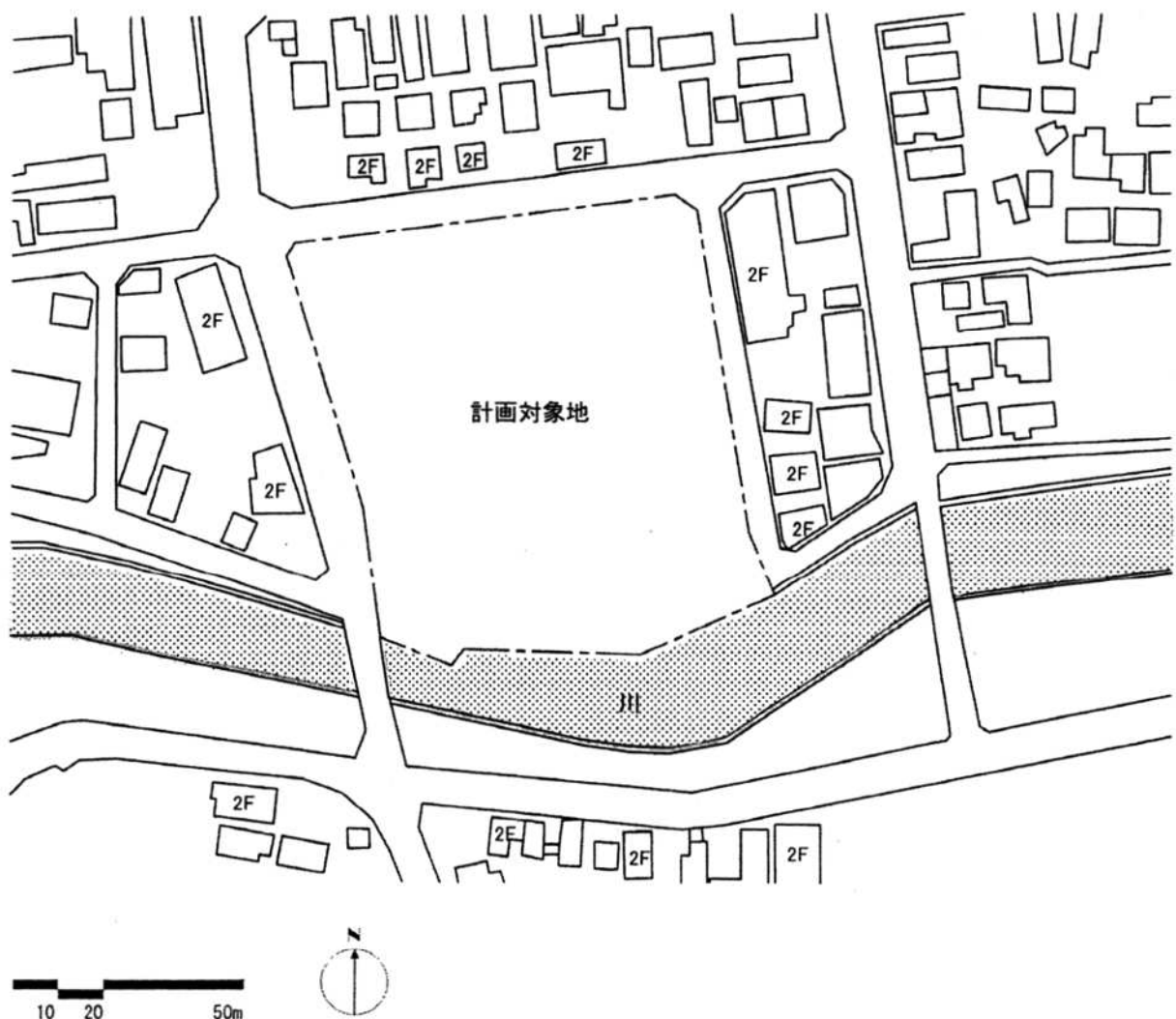
問題 2 を選択する場合は, [2a] は指定の解答用紙を, [2b] は共通解答用紙を用い, 両方に解答しなさい。

近年, 全国で少子高齢社会を迎え, 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ある川沿いの公園(Riverside Park)に, 地域住民の日常的な交流をうながす建物 (Community Space) をつくることになった。規模は, 平屋建て約 500 m<sup>2</sup>程度 (about 500 m<sup>2</sup> of single-story building) である。

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。なお, 川面と公園敷地のレベル差は約 2m である。


[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, [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 Fig. 1~5 に示す構造物を不安定, 静定, 不静定に分類(classify into imbalance, statically determinate, statically-indeterminate)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), △は回転支承(rotation bearing), △はローラー支承(roller bearing), は固定支承(fixed bearing)を表している。

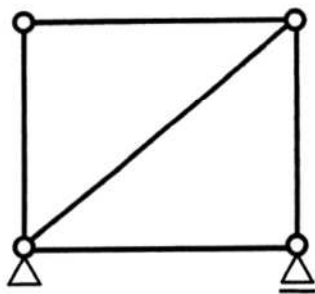


Fig. 1

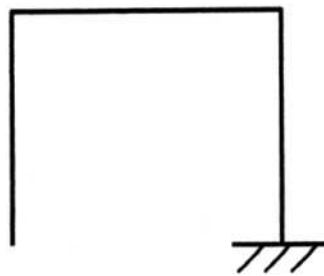


Fig. 2

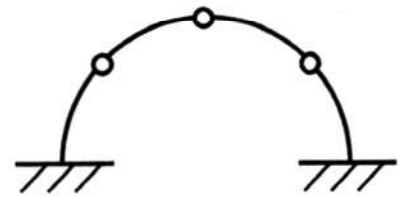


Fig. 3

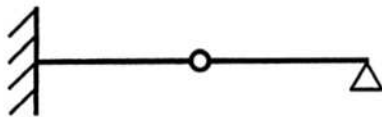


Fig. 4



Fig. 5

問 2 Fig. 6 のような斜め  $45^\circ$  方向から荷重(load)  $P$  を受ける片持ちラーメン(cantilever)について, 以下の問いに答えなさい。ただし, すべての部材(member)は, 等質等断面(homogeneous, uniform cross-section)であり, ヤング係数(young modulus)を  $E$ , 断面 2 次モーメント(moment of inertia of area)を  $I$  とし, 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。

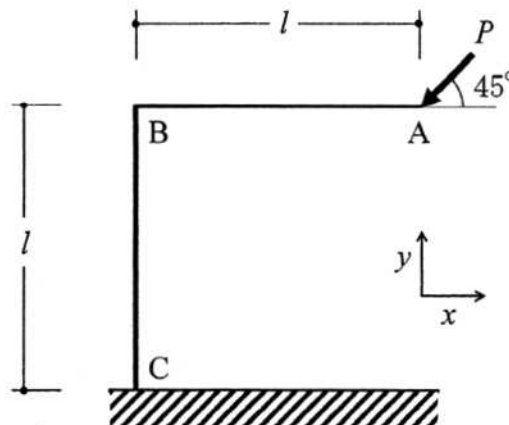


Fig. 6

- (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  $\theta_B$  (deflection angle) を求めなさい。なお, たわみ角は時計回りを正とする。
- (3) 点 A における水平方向変位  $\delta_x$  と鉛直方向変位  $\delta_y$  (horizontal and vertical displacement) を求めなさい。

## [3b]

次の Fig.1 に示すように、4つの線形弾性(linear elastic)部材(member) $B_1, B_2, C_1$ と $C_2$ からなる正方形(square-shape)型骨組み(frame)が2つの柱脚(column base)でピン支持(pin-support)されている。骨組みの4つの部材は長さが等しく、 $B_1, C_1$ と $C_2$ は等しい曲げ剛性(flexural rigidity) $EI$ をもつとする。この骨組みに水平荷重(horizontal load) $P$ が作用するとき、以下の(1)~(4)に答えなさい。ただし、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する。

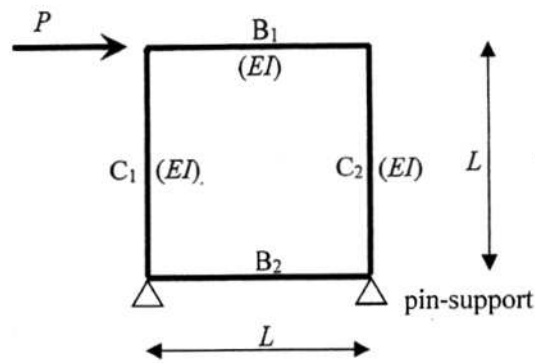


Fig.1

- (1)  $C_1$ の柱脚にあるピン支点における鉛直方向の支点反力(vertical reaction force)の方向と大きさ(intensity and direction)を求めなさい。
- (2) 部材 $B_2$ の曲げ剛性が0のとき、曲げモーメント図(bending moment diagram)を描きなさい。
- (3) 部材 $B_2$ の曲げ剛性が $EI$ のとき、水平荷重 $P$ の加力点変位(displacement of load-applied point)を求めなさい。
- (4) 部材 $B_2$ の曲げ剛性が $\infty$ のとき、部材 $B_2$ のせん断力(shear force)を求めなさい。

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]** Fig. 1 のように, 長さ(length)  $l$  の棒の一端  $O$  を固定し, 他端に質量(mass)  $m$  の小さなおもり(massive bob)をとりつけ, おもりを  $xy$  平面( $xy$ -plane)で振動させた(simple pendulum)。  $x$  軸,  $y$  軸は, Fig. 1 のように定義し, 棒の質量は無視できる(massless rod)ものとする。  $x$  軸方向にはたらく重力加速度(acceleration of gravity)を  $g$ , 棒の振れ角(angle)を  $\theta$  として, 以下の文章の空欄 (a) ~ (f) を答えなさい (Answer (a) ~ (f))。

おもりには重力(gravity force)と棒の張力が作用する。棒の張力を  $T$  (tension  $T$  in the rod) とすると, おもりの  $x$  軸,  $y$  軸に関する運動方程式(equation of motion)は, それぞれ式(1), (2)のように書ける。

$$m\ddot{x} = \text{(a)} \dots\dots\dots(1)$$

$$m\ddot{y} = \text{(b)} \dots\dots\dots(2)$$

ここで,  $\ddot{x}$  は  $x$  の時間による 2 階微分(second order derivative with respect to time)を表す。式(1), (2)から  $T$  を消去する(Use Eqs. (1) and (2) to eliminate  $T$ .) と, 式(3)のようになる。

$$m(\text{(c)}) = mg\sin\theta \dots\dots\dots(3)$$

また, おもりの  $x$  座標,  $y$  座標を  $l, \theta$  で表す( $x$  and  $y$  are expressed with  $l$  and  $\theta$ .) と, 式(4), (5)のようになる。

$$x = \text{(d)} \dots\dots\dots(4)$$

$$y = \text{(e)} \dots\dots\dots(5)$$

棒の長さ  $l$  は一定( $l$  is constant.),  $\theta$  は時間の関数( $\theta$  is expressed as a function of time.) であることを踏まえて, 式(4), (5)から  $\ddot{x}$  と  $\ddot{y}$  を計算する( $\ddot{x}$  and  $\ddot{y}$  are derived from Eqs. (4) and (5).)。この結果を式(3)に代入する(Substitute  $\ddot{x}$  and  $\ddot{y}$  into Eq. (3).) と, 式(6)のような  $\theta$  に関する運動方程式が得られる。

$$\ddot{\theta} = \text{(f)} \dots\dots\dots(6)$$

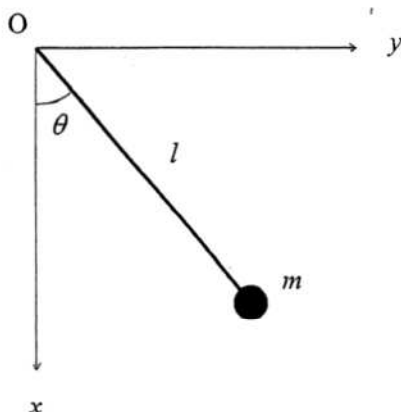


Fig. 1



[4b] Fig.1 と Fig.2 に示す質点系に、地動加速度  $\ddot{u}_0(t)$  が水平方向に作用したとする。質点は水平方向のみに変位し、図中のばねおよび減衰も水平方向の変位に対して作用するとする。図中の  $m_i$  は質点  $i$  の質量を、 $k_i$  はばね  $i$  のばね定数を表し、両モデルとも質点系全体の減衰定数  $h$  は 0.05 とする。また、 $\ddot{u}_0(t)$  の加速度応答スペクトル ( $h=0.05$ ) が Fig.3 中の式で与えられるとする。以下の問に答えよ。 $\pi$  の値は 3 として計算して良い。

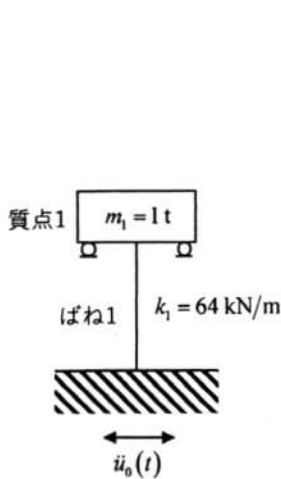


Fig.1 Model-A

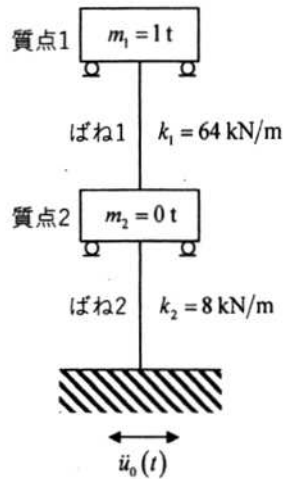


Fig.2 Model-B

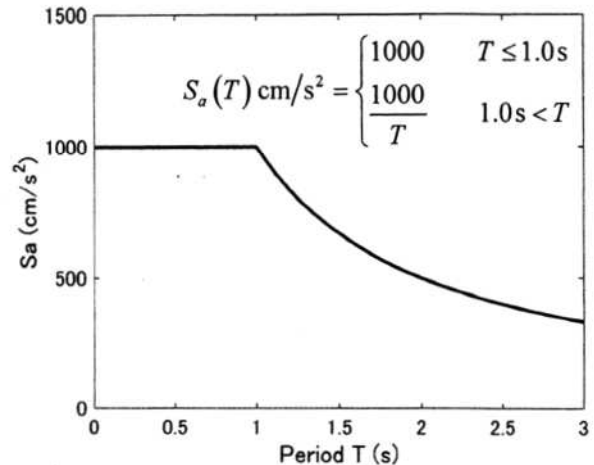


Fig.3 加速度応答スペクトル ( $h=0.05$ )

- 問1 Fig.1 に示す Model-A の固有周期を求めなさい。(Obtain the natural period of the Model-A shown in Fig.1.)
- 問2 Model-A の質点 1 の最大応答加速度を求めなさい。また、最大加速度応答と最大変位応答の近似的な関係を用いて、質点 1 の最大応答変位を求めなさい。(Obtain the maximum response acceleration and the maximum response displacement of the mass 1 in Fig.1.)
- 問3 Fig.2 に示す Model-B は、Model-A の下に剛性の低いばねを追加したものである。Model-B の質点 1 に単位の力 (1kN) を静的に加えたときの質点 1 の変位を求めなさい。答えは既約分数として表しなさい。(Obtain the displacement of mass 1 when the unit static force is applied at mass 1 in Fig.2.)
- 問4 Model-B は、質点 2 の質量が 0 であることから、1 次モードだけが存在する。問 3 の答えの逆数がばね定数であることを利用して、Model-B の固有周期を求めなさい。(Obtain the natural period of the Model-B.)
- 問5 Model-B の質点 1 の最大応答加速度を求めなさい。また、最大加速度応答と最大変位応答の近似的な関係を用いて、質点 1 の最大応答変位を求めなさい。(Obtain the maximum response acceleration and the maximum response displacement of the mass 1 of Model-B.)
- 問6 Model-B のばね 1 の最大応答変形を求めなさい。(Obtain the maximum response deformation of the spring 1 of Model-B.)

【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 日本列島は 4 枚のプレートの境界付近に位置するため、地震が多発している。2011 年東北地方太平洋沖地震は北アメリカプレートとその下に沈み込む太平洋プレートの境界部である (a) で発生した地震である。一方、ユーラシアプレートとその下に沈み込むフィリピン海プレートの境界である (b) において次の大地震発生の可能性が高まっている。

問 2 日本では、地震の揺れの程度を表す震度として気象庁震度階級が使われており、現在は震度 0 から震度 (c) までの (d) 段階の震度階級となっている。

問 3 海溝にほぼ平行に分布する火山群の海溝側の境界は (e) と呼ばれている。火山噴火の規模が非常に大きく、大量のマグマが短時間のうちに地表に噴出し、地表に大規模な陥没孔ができる噴火を (f) と呼ぶ。

問 4 (g) とは、台風や発達した低気圧が通過するとき、潮位が大きく上昇することである。その発生の主な要因は、気圧低下による海面の吸い上げ効果と、強い風による (h) 効果である。

問 5 合成開口レーダは、電磁波のうちの (i) を地表面に照射し、観測対象物からの反射を受信して画像を取得する。地表面の反射強度は波長と地表付近の状態によって異なる。水面のように滑らかな表面では鏡面散乱が卓越し、反射強度は (j) 。

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

Q.1 Japan has such a large amount of earthquakes because the nation sits atop four tectonic plates. The 2011 Tohoku-oki earthquake occurred in (a), which is the result of the Pacific Ocean plate pressing down under the North American plate. On the other hand, the possibility of the occurrence of the next major earthquake in (b) is increasing, which is caused by subduction of the Philippine Sea plate beneath the Eurasia plate.

Q.2 In Japan, the Japan Meteorological Agency (JMA) seismic intensity scale is used to measure the intensity of ground shaking. Now the JMA scale runs from 0 to (c), having a total of (d) levels.

Q.3 The trenchward limit of stratovolcanoes in subduction zones is called (e), which generally forms an abrupt line parallel to the trench axis. (f) is one type of eruptions, which erupts large volumes of magma over a short time and collapses the ground surface downward into the partially emptied magma chamber.

Q.4 (g) is the temporary rise in sea level beneath a storm, becomes dangerous when the storm reaches land. It is primarily caused by the rise of water level in the regions of low atmospheric pressure and strong (h).

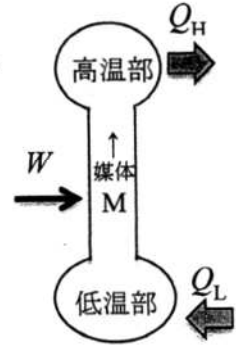
Q.5 Synthetic aperture radar (SAR) illuminates an image by transmitting pulses of (i), which is a type of electromagnetic radiation with long wavelength, and recording the received echo of each pulse. Specular reflection occurs when the target surface is smooth, i. e. water and road, then the backscattering is (j).

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 ヒートポンプ (heat pump) は熱エネルギー (thermal energy) の温度レベル (temperature level) を変えて利用できる重要な技術である。ヒートポンプに関する以下の(1)~(3)の設問に答えなさい。

(1) ヒートポンプの中で, 一般に最も多く用いられているのが圧縮式 (compression type) である。その基本原理は, 電力 (electric power) 等  $W$  を用いて低温熱  $Q_L$  を吸熱して高温熱  $Q_H$  に汲み上げて放出するものであるが, これを作動媒体 (working medium)  $M$  と各エネルギーの出入りの方向を示したのが右図である。この原理図において, COP (Coefficient of Performance) と呼ばれるヒートポンプ機器の性能指針の 1 つである成績係数を高温熱生成の場合について  $W, Q_L, Q_H$  のうち必要な記号を用いて式で表しなさい。



(2) (1) の COP は, 使用した電力等に対する効率であるため, エネルギー保存則 (law of energy conservation) が成り立たない効率になる。エネルギー保存則に従う(1)の原理図における機器のエネルギー効率  $E$  を  $W, Q_L, Q_H$  のうち必要な記号を用いて式で表しなさい。

(3) 実際に使用された一次エネルギー量に対する効率は, 発電効率や送電効率を考えると COP の何割程度になると考えられるか答えなさい。

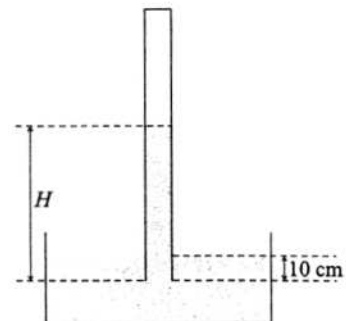
問2 粘度 (viscosity)  $1.30 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ , 密度 (density)  $13.0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  の液体 (fluid) X について, 以下の(1)~(4)の設問に答えなさい。ただし液体の粘度及び密度は流速 (velocity), 圧力 (pressure), 温度 (temperature) によって変化せず, 管壁において液体はすべらないとする。

(1) 長さ  $1.0 \text{ m}$ , 内側の断面積  $1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  で一定の水平に置かれた円管内を, 毎秒  $1.0 \text{ cm}^3$  で一定の体積流量 (volume flow rate) で流れる液体 X の平均流速 (average flow rate) を求めなさい。

(2) (1) の円管に(A)から(C)の条件で液体を流すとき, 円管内部における入口付近と出口付近の圧力の差 (圧力損失, pressure loss) は(1)の場合のおよそ何倍になるか, 有効数字 2 ケタで答えなさい。ただしいずれの場合も流動は層流 (laminar flow) であるとする。

- (A) 粘度  $2.60 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ , 密度  $13.0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  の液体を(1)と同じ流速で流すとき
- (B) 粘度  $1.30 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ , 密度  $6.5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  の液体を(1)と同じ流速で流すとき
- (C) 粘度  $1.30 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ , 密度  $13.0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  の液体を毎秒  $2.0 \text{ cm}^3$  で一定の体積流量で流すとき

(3) (1) の円管が右図のように上端を閉じた状態で液体 X の槽の中で鉛直に固定されている。円管内で液体 X の液面は停止し, この液面上部の内圧は  $3.5 \times 10^4 \text{ Pa}$  であった。槽内の液体 X の液面から円管下端までの高さが  $10 \text{ cm}$  のとき, 円管下端から円管内の液体 X の液面までの高さ  $H$  を求めなさい。ただし重力加速度 (acceleration of gravity) は  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , 大気圧 (air pressure) は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  であるとし, 表面張力 (surface tension) は無視できるとする。



(4) 動粘度 (kinematic viscosity) は, 液体の粘度をその密度で割って求められる。液体 X の動粘度を求めなさい。なお単位は  $\text{kg}, \text{s}, \text{m}$  のうち必要なものを用いて表しなさい。

[5b]

問 1 化石燃料等の燃焼によって発生する窒素酸化物を除去する技術の一つとして、窒素酸化物と炭化水素を反応させることによる脱硝技術が検討されている。この反応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 oxide), プロパン (propane)  
 生成物：窒素 (nitrogen), 二酸化炭素 (carbon dioxide), 水 (water)  
 である時の化学反応式を示しなさい。

問 2 製鉄所においては鉄鉱石から鉄を得るための還元剤 (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排出の原因の一つであることから、新しい製鉄プロセス (ironmaking process) として一酸化炭素を用いた還元反応を用いた炭素循環型製鉄プロセス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), 一酸化炭素 (carbon monoxide)  
 生成物：鉄 (iron), 二酸化炭素 (carbon dioxide)  
 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。実験室において、酸化カルシウム 28.0 mg に対して二酸化炭素吸収反応 (CO<sub>2</sub> absorption) を行い、反応終了後の炭酸カルシウム (calcium carbonate) の収量 (yield) が 47.0 mg であるとき、炭酸カルシウムの収率 (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 分光光度計を用いて液体試料の分析を行う際、入射光強度  $I_0$  と透過光強度  $I$  の比を透過度といい、その対数にマイナスの符号をつけた値 ( $-\log \frac{I}{I_0}$ ) を吸光度 (absorbance) とよぶ。ここで、吸光度  $A$ 、試料溶液を光が通過する長さ  $L$ 、試料濃度  $C$  の間には Lambert-Beer の法則が成立する。この法則を表す式について、正しいものを下記の選択肢から選びなさい。ただし、 $k$  を定数とする。

$$(a) A = \frac{k}{CL} \quad (b) A = \frac{kC}{L} \quad (c) A = \frac{kL}{C} \quad (d) A = kCL$$

問 5 発電所のエネルギー効率 (energy efficiency) について、以下の問いに答えなさい。  
 (1) ある発電所 (power plant) において、タービン入口蒸気温度が 800 K、タービン出口蒸気温度が 320 K で運転される時のカルノー効率を求めなさい。

(2) (1)の発電所において、タービンへのエネルギー供給が  $2.00 \text{ GJ} \cdot \text{h}^{-1}$  であり、カルノー効率の 75.0 % の効率で発電される時、電気出力 (単位 W) を求めなさい。

問 6  $^{137}\text{Cs}$  を含む廃棄物を保管している容器内において、廃棄物 1.0 t 当たり 4.0 MBq の  $^{137}\text{Cs}$  が含まれていた。 $^{137}\text{Cs}$  の半減期 (half life) を 30 年とする時、60 年後のタンク内に  $^{137}\text{Cs}$  は廃棄物 1.0 kg 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  $^{222}\text{Rn}$  による被曝は、内部被曝によるものが主である。その理由について 60 字程度で説明しなさい。

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]

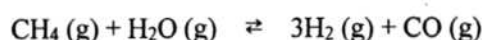
- 問 1 塩化カリウム 200 g を水 500 g に加え、加熱して完全に溶解させた。この水溶液から一定量の水を蒸発させた後、20 °C まで冷却すると塩化カリウムの結晶が 149 g 析出した。蒸発させた水は何 g か答えなさい。ただし、塩化カリウムの 20 °C での水への溶解度(Solubility)を  $340 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  とする。
- 問 2 酢酸水溶液 10.0 mL を  $0.40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液で滴定(titration)したところ、2.5 mL を必要とした。滴定前の酢酸水溶液の pH を求めなさい。ただし、酢酸の電離度(ionization degree)を 0.010 とする。
- 問 3 廃水処理法の一つとして、水酸化物沈殿法(hydroxide precipitation)がある。カドミウム廃水の pH を 10.0 にする水酸化物沈殿処理を完全におこなった廃水中に残留するカドミウムの濃度[ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ]を求めなさい。ただし、温度は 25 °C で常に一定であり、水酸化カドミウム( $\text{Cd}(\text{OH})_2$ )の 25 °C における溶解度積(product solubility)を  $3.9 \times 10^{-14} \text{ mol}^3 \cdot \text{L}^{-3}$ 、水のイオン積(ionic product)を  $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ 、Cd の原子量(atomic weight)を 112.0 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。次亜塩素酸( $\text{HClO}$ )とヨウ化カリウム溶液(KI)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。pH 2.0 の塩酸( $\text{HCl aq.}$ ) 10.0 mL と pH 3.0 の塩酸 20.0 mL 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  $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ 、 $\log_{10} 2 = 0.3$  とする。
- 問 6 海水中には塩化ナトリウムをはじめ、様々な塩(salt)が溶解している。水 1.0 kg に塩化マグネシウムを溶かしたところ、水溶液の沸点が 0.078 °C 上昇した。溶かした塩化マグネシウムは何 g か答えなさい。ただし、塩化マグネシウムは完全に電離しており、水のモル沸点上昇は  $0.52 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、Mg の原子量を 24.0、Cl の原子量を 35.5 とする。
- 問 7 ショウノウの融点(melting point)は 178 °C で、1.0 kg のショウノウに有機化合物 1.0 mol を融解して融点をはかると 138 °C になった。いま、有機化合物 0.014 g をとり、ショウノウ 0.20 g に融解して融点をはかると 162 °C であった。有機化合物の分子量を求めなさい。ただし、有機化合物の電離はおこらないとする。
- 問 8 食品工業では食品中に含まれる成分分析が品質管理上で重要となっている。ある食品 17.5 mg に含まれている窒素(nitrogen)をすべてアンモニアとして発生させ、そのすべてを  $0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の硫酸 15.0 mL に吸収させた。この溶液を  $0.050 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、13.0 mL が必要であった。この食品 1.0 kg に含まれる窒素は何 g か答えなさい。ただし、N の原子量を 14.0 とする。

## [6b]

問1 化石燃料の燃焼が、地球温暖化 (global warming) の原因の一つとされている。

- (1) オクタン ( $C_8H_{18}$ ) の燃焼熱は  $5500 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  である。オクタンの燃焼反応の熱化学方程式を記しなさい。ただし、全ての反応物および生成物は気体とする。
- (2) ガソリン 1.0 kg あたり 15 km 走る自動車がある。ガソリンの成分は全てオクタンとみなし、1140 km の距離をこの自動車で行った場合、排出される二酸化炭素の質量および標準状態 (273 K,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) での体積を求めなさい。ただし、気体定数 (gas constant)  $R$  は  $8.31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , H の原子量 (atomic weight) を 1.0, C の原子量を 12, O の原子量を 16 とする。

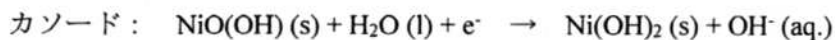
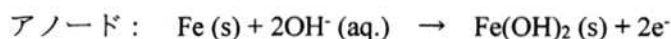
問2 近年、水素自動車が社会に導入されている。水素は、メタンの水蒸気改質プロセスにより工業的に生産されている。



上記の反応の濃度平衡定数 (concentration equilibrium constant)  $K_c$  が 1000 K において  $3.8 \times 10^{-3}$  であるとする。

- (1) 同じ温度での圧平衡定数 (pressure equilibrium constant)  $K_p$  を求めなさい。
- (2) 1400 K において  $K_c$  は 4.7 である。反応物と生成物の混合物に、0.050 M の  $\text{CH}_4$ , 0.040 M の  $\text{H}_2\text{O}$ , 0.20 M の  $\text{H}_2$ , 0.15 M の  $\text{CO}$  が含まれている。平衡状態に向かって反応はどの方向に進むか、理由とともに説明しなさい。

問3 ニッケル—鉄電池は、鉄のアノード、 $\text{NiO}(\text{OH})$  のカソードおよび  $\text{KOH}$  水溶液の電解質から構成される。この電池は、次の半反応を利用する。



- (1) 電池反応の化学反応式を記しなさい。
- (2) この電池が 40 分間、0.50 A の定電流を作り出す時、アノードで何グラムの  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  が生成するか、カソードで何分子の水が消費されるか求めなさい。ただし、Fe の原子量は 55.8, ファラデー定数  $F$  は  $9.65 \times 10^4 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$ , アボガドロ定数は  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  とする。



# 問題 7

【7 a】

問3 プログラムDの実行結果は実行結果6である。これは、実行結果5を時計回りに90°回転した結果である。(キ)(ク)を適切な式で埋めなさい。

```

/* プログラムD */
#include <stdio.h>
int data[16][16] = {
    (問2の答え)
};
int main(void)
{
    int i, j;
    for(i=0; i<16; i++){
        for(j=0; j<16; j++){
            if (data[(キ)][(ク)]) putchar('0');
            else putchar('-');
            putchar('\n');
        }
    }
    return 0;
}

```

```

-----0-----00-----
-----0-----0-----0
-----0-----0-----0-0
-----0-----0-----000-
-----0-----0-----0---
0-----0-----0-----0---
0-----0-0-0-0-----0---
0-----00-----0-----000-
-000000-----0-----0---
-----0-----0-----0---
-----00-----0-----0---
-----0-0-0-----0-000-
-----0-----0-----0---
-----0-----0-----0---
-----0-----0-----0---
-----0-----0-----0---
-----0-----0-----0---
-----0-----0-----0---

```

実行結果6

問4 次に示すプログラムEはプログラムCと同じ結果(実行結果4)となる。0以上15以下の整数yについて、プログラムEの配列 (array) の要素  $data[y][n]=e_n$  ( $n$ は0以上3以下の整数)とプログラムCの配列の要素  $data[y][m]=c_m$  ( $m$ は0以上15以下の整数)について、  

$$e_n = c_{4n} \times 2^3 + c_{4n+1} \times 2^2 + c_{4n+2} \times 2^1 + c_{4n+3} \times 2^0$$
 であるとする。プログラムCの(カ)の枠内の下線①②はそれぞれプログラムEの(ケ)の枠内の下線①②に対応している。以下の(1)と(2)の設問に答えなさい。

```

/* プログラムE */
#include <stdio.h>
int data[16][4] = {
    (ケ)
0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0,
    (途中省略)
    2, 2, 0, 4, 2, 5, 0, 8, 1, 8, 1, 0, 0, 14, 0
};
int main(void)
{
    int i, j, k;
    for(i=0; i<16; i++){
        for(j=0; j<4; j++){
            for(k=0; k<4; k++){
                if ((data[i][j]>>(コ))&1U) putchar('0');
                else putchar('-');
            }
            putchar('\n');
        }
    }
    return 0;
}

```

(1) (ケ)の枠内が次の通りであるときのプログラムEの実行結果を示しなさい。

```

0, 0, 0, 0, 3, 12, 7, 8, 4, 2, 8, 4, 7, 14, 15, 12,
4, 2, 8, 4, 7, 12, 7, 12, 4, 0, 0, 4, 4, 0, 0, 4,
4, 7, 12, 4, 4, 8, 2, 4, 4, 8, 2, 4, 4, 8, 2, 4,
4, 7, 12, 4, 4, 0, 0, 4, 4, 0, 0, 4, 4, 0, 3, 8

```

(2) 空欄(コ)を適切な式で埋めなさい。



[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)。

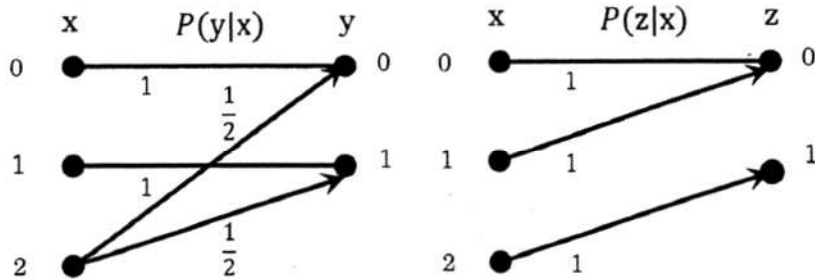
$$\log_2 3 \approx 1.58, \log_2 5 \approx 2.32, \log_2 7 \approx 2.81, \log_2 13 \approx 3.70$$

注意 2) 底2の表記は省略してもよい。

問1 無記憶情報源 (memoryless source)  $S = \left\{ \begin{matrix} 0 & 1 & 2 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 \end{matrix} \right\}$  について以下の設問に答えなさい。

- (1) ハフマン符号化 (binary Huffman code) を構成しなさい。またそのときの平均符号長 (average code length) を求めなさい。
- (2)  $S$  の2次拡大情報源 (extended information source) の各情報源記号 (two letters at a time are encoded into a binary sequence) の発生確率 (probability) を求めなさい。
- (3) (2) の場合のハフマン符号を構成しなさい。
- (4) (3) の平均符号長を求めなさい。

問2 情報源 (information source)  $X = \left\{ \begin{matrix} 0 & 1 & 2 \\ 0.25 & 0.25 & 0.5 \end{matrix} \right\}$  について下図の二つの通信路 (channel) を考えるとき、以下の設問に答えなさい。



- (1) エントロピー (entropy)  $H(X)$ ,  $H(Y)$ ,  $H(Z)$ ,  $H(Y, Z)$  を求めなさい。
- (2) 相互情報量 (mutual information)  $I(X; Z)$ ,  $I(X; Y|Z)$ ,  $I(X; Y, Z)$  を求めなさい。

問3 符号化 (encoding) には情報源符号化 (source coding) と通信路符号化 (channel coding) の二つのタイプがある。それぞれの特徴について、(1) と (2) は各符号化の目標を、(3) と (4) は各符号化の設計指針となる代表的な式を用いて、それぞれの式が与える目標に対する意味を説明しなさい。

符号化の種類	符号化の目標	設計の基本となる式と、この式が与える指標の概要
情報源符号化	(1) _____	(3) 式と説明 _____
通信路符号化	(2) _____	(4) 式と説明 _____

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] ある製造会社では 2 種類の製品  $P_1$ ,  $P_2$  を生産して利潤を最大にするような生産計画 (production planning) を立案しようとしている。製品  $P_1$  を 1 トン生産するには原料  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  がそれぞれ 6 トン, 9 トン, 12 トン必要であり, 製品  $P_2$  を 1 トン生産するには原料  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  がそれぞれ 18 トン, 6 トン, 3 トン必要である。原料  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  の在庫 (stock) はそれぞれ 162 トン, 96 トン, 108 トンである。また, 製品  $P_1$ ,  $P_2$  の 1 トン当たりの利潤はそれぞれ 6 万円, 16 万円であるとする。ただし, 製品  $P_1$ ,  $P_2$  は両者合わせて少なくとも 10 トン以上生産することとする。製品  $P_1$  の生産量を  $x_1$  トン, 製品  $P_2$  の生産量を  $x_2$  トンとして, 以下の問 1~問 4 に答えなさい。

問 1 この生産計画を線形計画問題 (linear programming problem) として定式化しなさい。

問 2 問 1 の線形計画問題を解き, 製品  $P_1$ ,  $P_2$  をそれぞれ何トン生産すればよいかを答えなさい。  
また, そのときの利潤の合計を求めなさい。

問 3 問 1 の線形計画問題の標準形 (standard form) を求めなさい。標準形とは, すべての変数 (variable) は非負 (non-negative) で, 最小化 (minimization) を目的とし, 制約条件はすべて等式制約条件 (equality constraints) で表現される線形計画問題のことである。

問 4 問 1 の線形計画問題の双対問題 (dual problem) 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)~(4)の設問に答えなさい。

- (1) サイコロを1回振って出た目を2倍 (double) して1を足した数をとる確率変数 (random variable) を $X$ とする。このとき、確率変数 $X$ の期待値 (expectation)  $E[X]$ を求めなさい。
- (2) サイコロをもう1回振って出た目が先程と同じであれば $3X$ を、出た目が先程と異なれば0をとる確率変数を $Y$ とする。このとき、確率変数 $Y$ の期待値 $E[Y]$ を求めなさい。
- (3) 確率変数 $X+Y$ の期待値 $E[X+Y]$ を求め、 $E[X+Y] = E[X] + E[Y]$ が成り立つことを示しなさい。
- (4) 確率変数 $XY$ の期待値 $E[XY]$ を求めなさい。また、 $E[XY]$ と $E[X]E[Y]$ はどのような関係にあるのか説明しなさい。

問2  $X_1, X_2, \dots, X_n$ は期待値 (expectation)  $\mu$ , 分散 (variance)  $\sigma^2$ の同一の分布 (distribution) に従う独立 (independent) な確率変数 (random variable) とする。以下の(1)~(5)の設問に答えなさい。

- (1) 標本平均 (sample mean)  $\bar{X}$ の期待値を求めなさい。なお、 $\bar{X}$ は以下で定義されるものとする。

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k.$$

- (2) 標本平均 $\bar{X}$ の分散を求めなさい。
- (3)  $X_1, X_2, \dots, X_n$ が正規分布 (normal distribution) に従うならば、 $\bar{X}$ はどのような分布に従うか。説明しなさい。
- (4) 以下の確率変数 $Y$ の期待値を求めなさい。

$$Y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - \mu)^2.$$

- (5) 以下の確率変数 $Z$ の期待値を求めなさい。

$$Z = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2.$$