平 成 ２ ５ 年 度

名古屋大学大学院情報科学研究科
複雑系科学専攻
入 学 試 験 問 題

専　　　　門

平成２４年８月９日（木）
１２：３０～１５：３０

注　意　事　項

１．試験開始の合図があるまでは、この問題冊子を開いてはならない。

２．試験終了まで退出できない。

３．（外国人留学生は、日本語から母語への辞書１冊に限り使用してよい。
電子辞書の持ち込みは認めない。）

４．問題冊子、解答用紙３枚、草稿用紙３枚が配布されていることを確認せよ。

５．問題は数１～数２（数学の基礎）、物１～物４（物理学の基礎）、化１～化５（化学の基礎）、生１～生３（生物学の基礎）、地１～地２（地球科学の基礎）、情１～情３（情報学の基礎）、人１～人２（人類学の基礎）、工１～工３（工学の基礎）、論理的思考（クリティカルシンキング）の２５問である。このうち<u>３問を選択して</u>解答せよ。なお、選択した問題名を解答用紙の指定欄に記入せよ。

６．解答用紙は指定欄に受験番号を必ず記入せよ。解答用紙に受験者の氏名を記入してはならない。

７．解答用紙に書ききれない場合は、裏面を使用してもよい。
ただし、裏面を使用した場合は、その旨、解答用紙表面右下に明記せよ。

８．解答用紙は試験終了後に３枚とも提出せよ。

９．問題冊子、草稿用紙は試験終了後に持ち帰ること。

数 1

次の問に答えよ。

[1] 2つのベクトルを

$$\boldsymbol{x}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}, \quad \boldsymbol{x}_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix}$$

とおく。次の小問に答えよ。

1) $\boldsymbol{x}_1$ と $\boldsymbol{x}_2$ は直交していないことを示せ。

2) $\boldsymbol{y}_1$ を $\boldsymbol{x}_1$ の正規化ベクトルとする。$\boldsymbol{y}_1$ を示せ。

3) $\boldsymbol{y}_2$ を $\boldsymbol{x}_2$ から $\boldsymbol{x}_2$ の $\boldsymbol{y}_1$ 方向成分を取り去ったベクトルの正規化ベクトルとする。$\boldsymbol{y}_2$ を示せ。

[2] 行列 $\boldsymbol{A}$ は正則とする。このとき，$\boldsymbol{A}$ の固有ベクトルと $\boldsymbol{A}^{-1}$ の固有ベクトルは一致することを示せ。

[3] 2次元ベクトル $\boldsymbol{y} = (y_1, y_2)^{\mathrm{T}}$ (上付きの T は転置を表す) は

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$$

のような3次元ベクトル $\boldsymbol{x} = (x_1, x_2, x_3)^{\mathrm{T}}$ の関数とする。このとき $\boldsymbol{y} = (0, 0)^{\mathrm{T}}$ を満たす $\boldsymbol{x}$ の集合 ($\boldsymbol{y}$ の核) を求めよ。

数2

実変数 $x \geq 1$ についての関数 $f(x)$ は次式を満足する。

$$\frac{1}{x^{n-1}}f''(x)+\frac{1-n}{x^{n}}f'(x)=\ln(x)$$

ここで，$(\ )'$ は x についての1階微分を，$(\ )''$ は x についての2階微分を示す。$\ln(x)$ は自然対数関数を示す。$n \geq 1$ は定数である。以下の問に答えよ。

[1] $f(x)$ を x の関数として，積分定数を含む形で求めよ。

[2] $f(x)$ が $x=1$ で x 軸と接するように積分定数を定めよ。

物 1

中心力ポテンシャル $U(r)$ のもとで運動する３次元空間の粒子 (質点) を考える。粒子の質量を m とし，位置ベクトルを $\mathbf{r}$, その大きさを $r=|\mathbf{r}|$, 運動量ベクトルを $\mathbf{p}$ とする。

[1] このポテンシャルによって粒子が受ける力 $\mathbf{F}=-\nabla U=-\mathrm{grad}\ U$ が，$\mathbf{F}=-\dfrac{dU(r)}{dr}\dfrac{\mathbf{r}}{r}$ と書けることを示せ。

[2] この粒子の運動について，角運動量ベクトル $\mathbf{L}=\mathbf{r}\times\mathbf{p}$ の時間微分を計算し，$\mathbf{L}$ が保存していることを示せ。このことより，粒子の運動が定ベクトル $\mathbf{L}$ に直交する平面内に限られることを示せ。

[3] この平面内に設定された座標 (x,y) で運動を考え，粒子の位置をベクトル $\mathbf{r}=(x,y)$ (デカルト座標表示)，または (r,θ)(極座標表示) と書く。その間の変換は $x=r\cos\theta$, $y=r\sin\theta$ で与えられる。運動エネルギー及び，角運動量の大きさ $|\mathbf{L}|=L$ を，極座標表示で求めよ。

[4] この系の全エネルギー E を平面内の座標を使って書き下せ。また，全エネルギーが保存することを，E の時間微分を計算することにより示せ。

[5] 全エネルギー E を，保存している角運動量の大きさ L を使って，動径方向の成分 r, $\dot{r}\,(=dr/dt)$ だけで書き下し，$\dot{r}$ で書ける運動エネルギーとそれ以外の r だけに依存するポテンシャル $U_{eff}(r)$ とに分けて書け。

[6] $U(r)=-\dfrac{k}{r}$, $(k>0)$ として，ポテンシャル $U_{eff}(r)$ の概略を図示し，力がつり合う平衡点からわずかにずれた場合は，どのような運動をするか解析せよ。(ヒント：平衡点 $r(t)=r_0$ から，わずかにずれた軌道 $r(t)=r_0+r'(t)$ を考える。これをポテンシャルに代入し，$r'(t)$ について２次のオーダーまで展開する。)

物2

真空中に置かれた導体（電気を良く通す物質）に電荷をためるという状況を考える。物理量の単位系はMKSA (SI)系とし，真空の誘電率をε_0とする。以下の問に答えよ。

[1] 半径Rの中身のつまった導体球に電荷Qを与えたとする（図1）。

1）導体球の中心から距離r離れた点における電場の強さ$E(r)$を求めよ。ただし，$r>R$と$R>r\geq 0$の場合に分けて答えよ。

2）このとき，中心から距離r離れた点における電位（＝静電ポテンシャル）$\phi(r)$を求めよ。$r\geq R$と$R>r\geq 0$の場合に分けて答えよ。ただし，$r\to\infty$のとき$\phi(r)\to 0$とする。

[2] 導体でできた球殻の中に，小さな導体球が入っているとする（図2）。導体球殻の外径はR_1, 内径はR_2, 導体球の半径はR_3とし，中心は一致しているとする。球殻には電荷Q_1, 導体球には電荷Q_2を与える。

1）中心から距離r離れた点における電場の強さ$E(r)$を求めよ。ただし，$r>R_1$, $R_1>r>R_2$, $R_2>r>R_3$, $R_3>r\geq 0$の場合に分けて答えよ。また，$E(r)$のグラフを描け。

2）中心から距離r離れた点における電位$\phi(r)$を求めよ。rについての場合分けも上の問題と同様に考えよ。また，$\phi(r)$のグラフを描け。

[3] 2つの導体球を用意する。それぞれの半径はR, R'とする（図3）。2つの導体球は，それらの半径に比べて十分離れているとする。

1）半径Rの導体球に正の電荷Qを与える。半径R'の導体球は最初，電荷を持っていないとする。この2つの導体球を導線でいったんつないだ後，導線を切り離したとき，半径RおよびR'の各導体球にたまっている電荷qおよびq'をそれぞれ求めよ。

2）上の問題の状況で，$R<R'$のとき，q, q'の大小関係を述べよ。つまり(i) $q<q'$, (ii) $q=q'$, (iii) $q>q'$のうちどれが成立するか理由を付けて述べよ。

図1

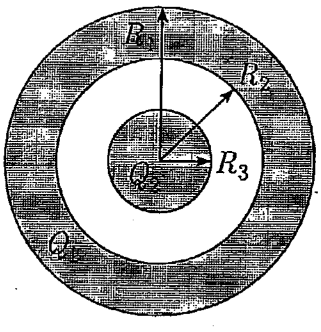


図2

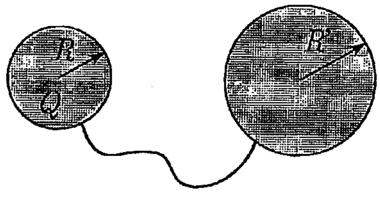


図3

物3

並んだ3つの原子の上を動く1つの電子の量子力学的モデルを考える。原子に番号 1, 2, 3 をつけ，各原子のところに電子が存在する確率を表す振幅を c_1, c_2, c_3 とする。電子の状態ベクトルを

$$\psi = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

とし，電子の運動を支配しているハミルトニアンは

$$H = \begin{pmatrix} \varepsilon & \alpha & 0 \\ \alpha & \varepsilon & \alpha \\ 0 & \alpha & \varepsilon \end{pmatrix}$$

とする。ここで ε と α は実数である。以下の問に答えよ。

[1] 電子の定常状態のエネルギーを決めるシュレーディンガー方程式

$$H\psi = E\psi$$

を解いて，エネルギー固有値 E と固有ベクトル ψ をすべて求めよ。

[2] h はプランク定数であり，$\hbar = h/(2\pi)$ とおく。時間に依存する状態ベクトル

$$\psi(t) = \begin{pmatrix} c_1(t) \\ c_2(t) \\ c_3(t) \end{pmatrix}$$

がシュレーディンガー方程式

$$i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\psi = H\psi$$

を満たすならば，確率の保存則すなわち

$$\frac{d}{dt}\left\{|c_1(t)|^2 + |c_2(t)|^2 + |c_3(t)|^2\right\} = 0$$

が成り立つことを証明せよ。

[3] シュレーディンガー方程式 $i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\psi = H\psi$ の初期値問題を解け。つまり，$c_1(t), c_2(t), c_3(t)$ を $c_1(0), c_2(0), c_3(0)$ の式で表せ。

[4] シュレーディンガー方程式 $i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\psi = H\psi$ の解で，定常的に $c_2(t) = 0$ であり，$c_1(t), c_3(t)$ は定常的には0ではないものは存在するか？ 存在するなら，そのような解を示せ。存在しないなら，そのような解が存在しないことを証明せよ。

物4

N個の独立なスピンからなる系が磁場Hの中に置かれたとき，系のエネルギーは

$$E=\sum_{j=1}^{N}(-H\sigma_j)$$

であるとする。ここで，σ_jはj番目$(j=1,2,\dots,N)$のスピンであり，$\sigma_j=\pm1$の2状態を取り得るとする。この系を温度Tのカノニカル分布によって取り扱い，以下の問に答えよ。ただし，ボルツマン定数をk_B，カノニカル分布による平均を$\langle\cdots\rangle$で表す。

[1] 1つのスピンに関する分配関数Z_1を求めよ。

[2] この系の分配関数Z_Nを求めよ。

[3] エネルギーの平均値$\langle E\rangle$を求めよ。

[4] 磁化$m=\dfrac{1}{N}\displaystyle\sum_{j=1}^{N}\sigma_j$の平均値$\langle m\rangle$と分散$\langle(m-\langle m\rangle)^2\rangle$を求めよ。

[5] ヘルムホルツの自由エネルギーFを求めよ。

[6] 系のエネルギーの値がEである状態の数$W(E)$を求めよ。

[7] 系のエネルギーの値がEである状態の実現確率を$P(E)$とする。$P(E)$を最大とするエネルギーの値は，[3]で求めた$\langle E\rangle$に等しいことを示せ。ただし，スターリングの公式（$n\gg1$のとき$\log n!\simeq n\log n-n$）を用い，エネルギーは連続変数として取り扱ってよいものとする。

化1

次の文章を読み，以下の問［1］から［6］に答えよ。なお，数値で解答する場合は，小数点以下2桁まででよい。

シクロプロペノン（図1）のπ分子軌道は，式（1）で表すことができる。

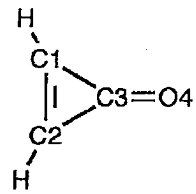


図1　シクロプロペノン

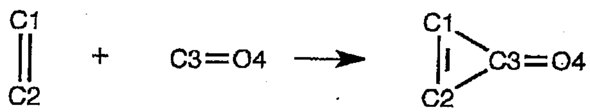
$$\phi_i = c_{i,1}\chi_1 + c_{i,2}\chi_2 + c_{i,3}\chi_3 + c_{i,4}\chi_4 \qquad (1)$$

ここで，分子はxy平面上にあるとし，χ_rはr番目の原子の$2p_z$軌道，$c_{i,r}$はその分子軌道係数である。単純ヒュッケル法では，ア）シクロプロペノンのπ分子軌道のエネルギーと軌道係数は（1）式を用いてハミルトニアンhの期待値を計算し，その表式に変分法を適用して求めることができる。炭素原子と酸素原子の$2p_z$軌道のクーロン積分を，それぞれ，αと$\alpha+\beta$，隣接原子間の共鳴積分をすべてβとして求めたシクロプロペノンのπ分子軌道とそのエネルギーを表1に示す($\beta<0$)。

表1　シクロプロペノンのπ分子軌道と軌道エネルギー

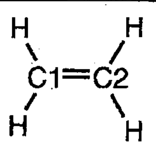
π分子軌道	軌道エネルギー
$\phi_1 = 0.46\chi_1 + 0.46\chi_2 + 0.60\chi_3 + 0.46\chi_4$	$\varepsilon_1 = \alpha + 2.30\beta$
$\phi_2 = 0.41\chi_1 + 0.41\chi_2 - 0.82\chi_4$	$\varepsilon_2 = \alpha + 1.00\beta$
$\phi_3 = 0.71\chi_1 - 0.71\chi_2$	$\varepsilon_3 = \alpha - 1.00\beta$
$\phi_4 = 0.35\chi_1 + 0.35\chi_2 - 0.80\chi_3 + 0.35\chi_4$	$\varepsilon_4 = \alpha - 1.30\beta$

ところで，シクロプロペノンのπ分子軌道は，式（2）のように，イ）エン部分(C=C)とカルボニル部分(C=O)のπ分子軌道が相互作用してできたものとも考えることができる。そこで，エチレンとホルムアルデヒドのπ分子軌道とそのエネルギーを表2に示す。



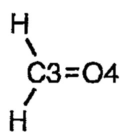
(2)

表2　エチレンとホルムアルデヒドのπ分子軌道と軌道エネルギー



エチレン

π分子軌道	軌道エネルギー
$\phi_1 = 0.71\chi_1 + 0.71\chi_2$	$\varepsilon_1 = \alpha + 1.00\beta$
$\phi_2 = 0.71\chi_1 - 0.71\chi_2$	$\varepsilon_2 = \alpha - 1.00\beta$



ホルムアルデヒド

π分子軌道	軌道エネルギー
$\phi_1 = 0.53\chi_3 + 0.85\chi_4$	$\varepsilon_1 = \alpha + 1.62\beta$
$\phi_2 = 0.85\chi_3 - 0.53\chi_4$	$\varepsilon_2 = \alpha - 0.62\beta$

［1］ 下線部ア）の期待値を，$c_{i,r}$，α，β を用いて表せ。

［2］ 図2を参考にして，シクロプロペノンの最高被占軌道（HOMO）と最低空軌道(LUMO)を図示せよ。

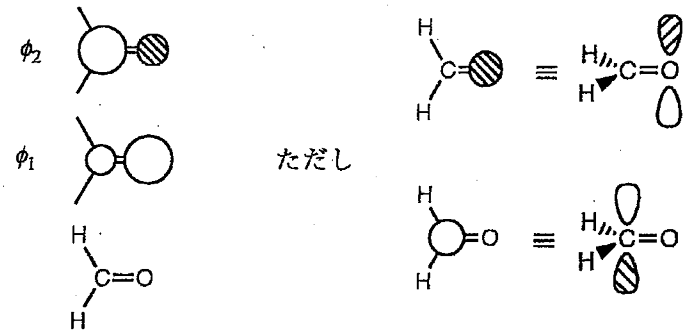


図２　分子平面上から見たホルムアルデヒドのπ分子軌道。白抜きは軌道が正の符号を，斜線は負の符号を持つことを表す。

［3］ 下線部イ）の相互作用による全π電子エネルギーの変化量（共鳴エネルギー）を求めよ。

［4］ シクロプロペノンの C1C2 結合，C1C3 結合，C3O4 結合のπ結合次数を求め，下線部イ）のように C=Cπ 結合と C=Oπ 結合からシクロプロペノンのπ結合ができると考えたときのπ結合次数の変化について説明せよ。

［5］ シクロプロペノンの C1，C3，O4 のπ電子密度を求めよ。さらに，三員環を構成する炭素原子（C1C2C3）のπ電子密度の和と電荷の和とを求めよ。

［6］ シクロプロペノンと同じように C=Cπ 結合と C=Oπ 結合からできている分子にアクロレインがある（図３）。アクロレインの共鳴エネルギーは，0.52β であり，［3］で求めたシクロプロペノンの共鳴エネルギーの方が大きい。π電子密度やπ結合次数を用いて，この大きな共鳴エネルギーの理由を説明せよ。

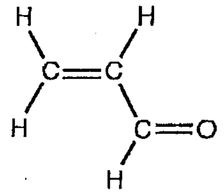


図３　アクロレイン

化2

次の文章を読んで，以下の問［1］から［4］に答えよ。

速い化学反応の研究によく用いられる「緩和法」では，化学平衡にある反応系に対して，平衡定数の値を規定する温度などの外部パラメータを急激に変化させて，それにともなって化学平衡の新しい状態に移り変わる際に生じる濃度変化を追跡して反応速度を求める。

例えば，温度T_0で化学平衡にある反応系を瞬間的に温度Tにして「緩和法」を適用することを考えよう（温度ジャンプ法）。このとき平衡からのずれが十分小さければ，新たな平衡状態へ向かう濃度変化は式

$$\Delta x(t) = \Delta x(0) \cdot \exp(-t/\tau) \qquad (1)$$

で表わされることが知られている。ただし，温度Tにおける熱平衡状態での平衡濃度を$x = x^{\mathrm{e}}$，時刻tでの濃度のずれを$\Delta x(t) = x(t) - x^{\mathrm{e}}$とおいた。また$\tau$は時間の次元をもつ定数で緩和時間とよばれている。

いま，次の反応系

$$\mathrm{A} \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} \mathrm{B} + \mathrm{C} \quad (k_1 \text{と} k_2 \text{は反応速度定数}) \qquad (2)$$

$$\begin{cases} t=0\text{での濃度} & x_{\mathrm{A}}^{0} & 0 & 0 \\ t\text{での濃度} & x_{\mathrm{A}}^{0} - x_{\mathrm{B}} & x_{\mathrm{B}} & x_{\mathrm{C}}(=x_{\mathrm{B}}) \\ t\rightarrow\text{大のとき の平衡濃度} & x_{\mathrm{A}}^{\mathrm{e}} & x_{\mathrm{B}}^{\mathrm{e}} & x_{\mathrm{C}}^{\mathrm{e}}(=x_{\mathrm{B}}^{\mathrm{e}}) \end{cases} \qquad (3)$$

に対して式（1）が成り立つものとして，以下の各問に答えよ。

［1］ A，B，Cの濃度を各々x_{A}，x_{B}，x_{C}として，それらの時間変化を表わす微分方程式を，x_{A}，x_{B}，x_{C}，k_1，k_2を使って記せ。

［2］ 反応（2）が熱平衡状態に到達した後のA，B，Cの平衡濃度をそれぞれ$x_{\mathrm{A}}^{\mathrm{e}}$，$x_{\mathrm{B}}^{\mathrm{e}}$，$x_{\mathrm{C}}^{\mathrm{e}}$とおくと，

$$k_1 x_{\mathrm{A}}^{\mathrm{e}} - k_2 x_{\mathrm{B}}^{\mathrm{e}2} = 0 \ \left(= k_1 x_{\mathrm{A}}^{\mathrm{e}} - k_2 x_{\mathrm{C}}^{\mathrm{e}2}\right) \qquad (4)$$

が成り立つ。これらの条件を用いて，平衡定数$K_{\mathrm{eq}}(\equiv k_1/k_2)$をAとBの平衡濃度$x_{\mathrm{A}}^{\mathrm{e}}$と$x_{\mathrm{B}}^{\mathrm{e}}$とだけを使って表わせ。

［3］ ［1］で記したx_{B}に関する微分方程式を変形して，Bの濃度の平衡濃度からのずれ

$$\Delta x_{\mathrm{B}}(t) = x_{\mathrm{B}}(t) - x_{\mathrm{B}}^{\mathrm{e}} \qquad (5)$$

に関する微分方程式を導くことを考えよう。まず，

次頁へ続く

$$x_A(t) = x_A^0 - x_B(t) \tag{6}$$

$$x_C(t) = x_B(t) \tag{7}$$

を用いて，x_B に関する微分方程式を変形すると，

$$\frac{d\Delta x_B}{dt} = \frac{dx_B}{dt} = k_1(\boxed{\quad（あ）\quad} - \Delta x_B) - k_2(\boxed{\quad（い）\quad} + \Delta x_B)^2 \tag{8}$$

が求まる。ただし，Aの初期濃度を x_A^0 （$\equiv x_A(0)$），BとCの初期濃度を0とした。

さらに，平衡点からのずれ Δx_B が非常に小さいとき，$(\Delta x_B)^2$ の項は無視できるものとすると，式（8）は，

$$\frac{d\Delta x_B}{dt} = -(\boxed{\quad（う）\quad}) \cdot \Delta x_B \tag{9}$$

と変形できる。ただし，熱平衡状態では，

$$\frac{dx_B}{dt} = k_1(x_A^0 - x_B^e) - k_2(x_B^e)^2 = 0 \tag{10}$$

であることを使った。

設問(i)　$\boxed{（あ）}$～$\boxed{（う）}$のそれぞれに当てはまる適当な数式を各々記せ。

設問(ii)　微分方程式（9）を解き，その解を式（1）と比較して緩和時間 τ を表す数式を求めよ。

設問(iii)　緩和時間 τ の長短を反応速度定数の大小と関連付けて45字以内で説明せよ。

［4］　AとBの濃度変化 $x_A(t)$ と $x_B(t)$ （$= x_C(t)$）を時間 t に関する関数として，その概略をグラフで示せ。ただし，どちらの濃度変化ともに，縦軸を濃度，横軸を時間 t にとった同一のグラフ上に示すこととし，交点や漸近線があればその位置が分かるように記せ。

化３

［1］ 直鎖のアルカンにおいて，メチレン基（$-CH_2-$）１残基あたりの燃焼熱は-157.4 kcal/mol である。この値を用いると，シクロアルカンの燃焼熱はメチレン基の数から計算可能である。しかし，実際の燃焼熱は下の表のとおりである。

表．種々のシクロアルカンの燃焼熱（kcal/mol）.

$(CH_2)n$ 名称	n	燃焼熱 (kcal/mol)
シクロプロパン	3	−499.8
シクロブタン	4	−655.9
シクロペンタン	5	−793.5
シクロヘキサン	6	−944.5
シクロヘプタン	7	−1108.2
シクロオクタン	8	−1269.2
シクロデカン	10	−1586.0
シクロテトラデカン	14	−2203.6

1） 表中のシクロアルカン全部において，燃焼熱の理論値と実測値との差はメチレン基（$-CH_2-$）１残基あたり何 kcal/mol になるのか計算しなさい。

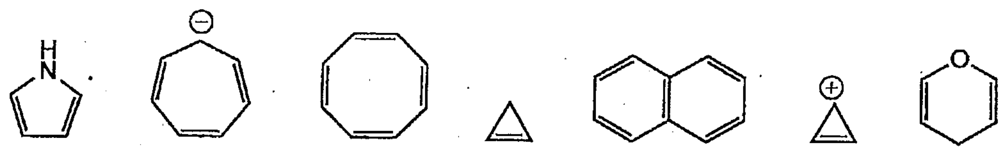
2） 1）で得られた結果から，シクロアルカンにおいて環の大きさと安定性にはどのような関係があると推測されるか。

3） 環の大きさによって安定性が異なる理由を説明しなさい。

［2］ 芳香属性について次の質問に答えなさい。

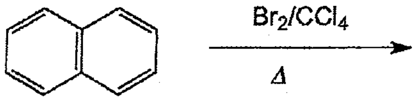
1）化合物が芳香属性を示すためにはどのような要件が必要か。

2）次の中から芳香属性を示す化合物を選びなさい。

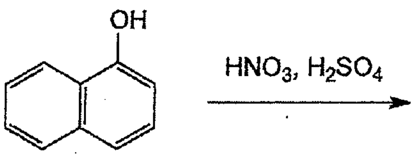


［３］　次の反応生成物の構造を書きなさい。二種類以上の生成物ができる場合は，いずれが主生成物になると推測されるか，その理由を説明しなさい。

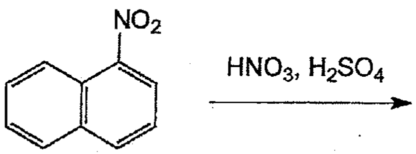
１）



２）



３）

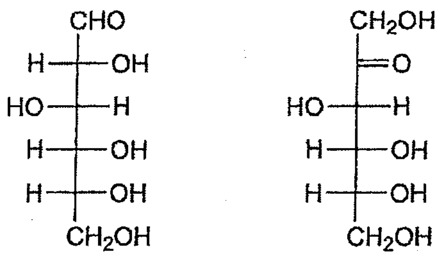


［４］　タンパク質の構造には，一次構造から四次構造までの四種類の分類がある。それぞれについて，説明しなさい。

化４

［１］　糖とは脂肪族ポリヒドロキシ化合物の総称で，アルデヒド基を持つアルドースとケトン基を持つケトースがある。糖の構造と性質について次の問いに答えなさい。

１）　鎖状構造の六単糖 **A** および **B** がフィッシャー投影式で書かれている。一番上の炭素原子がＣ１で下に向かってＣ２，Ｃ３・・・となる。糖 **A** および **B** に存在する不斉炭素に印「*」をつけなさい。さらにそれぞれの糖の存在する不斉炭素のうち，最も大きな炭素番号を持つ絶対配置を *R*, *S* 表記法に従って記載しなさい。ただし，フィッシャー投影式では，上下の線は全て紙面から奥へ向いた結合を，左右の線はすべて紙面の手前を向いた結合を表す。



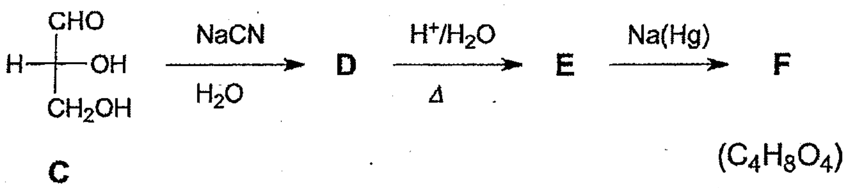
A　　　　**B**

２）　糖は水溶液中では鎖状構造と環状構造との平衡下にある。**A**，および **B** についてそれぞれ，最も安定と推測されるコンフォメーションを書き，その理由を説明しなさい。

３）　**A** と **B** とを区別するために，どんな分析方法があるか。その方法と理由を説明しなさい。

４）　高い保水力があり食品や化粧品の添加剤として用いられるトレハロースは，二糖である。トレハロースを加水分解すると２分子の **A** を与える。一方，トレハロースは **A** が示すメイラード反応（アミノカルボニル反応の一種）を示さない。トレハロースの構造式を推測して書きなさい。

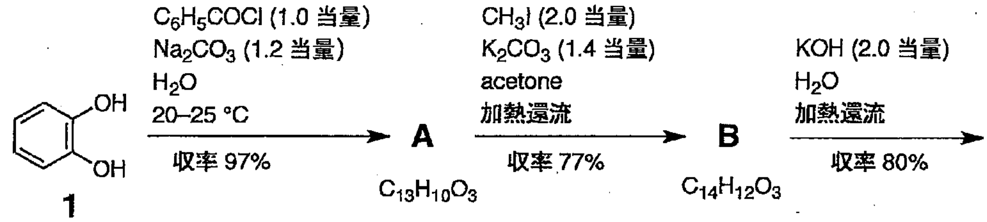
5）　**A** の構造は，グリセルアルデヒド（**C**）から次の反応を繰り返すことによって１９世紀末に決定された（キリアニ-フィッシャー法）。下の反応におけるそれぞれの生成物（**D**, **E**, **F**）の構造式を書きなさい。ただし，**C** の構造はフィッシャー投影式で書かれている。反応により新たに不斉炭素が生じる場合は，それも考慮して解答すること。

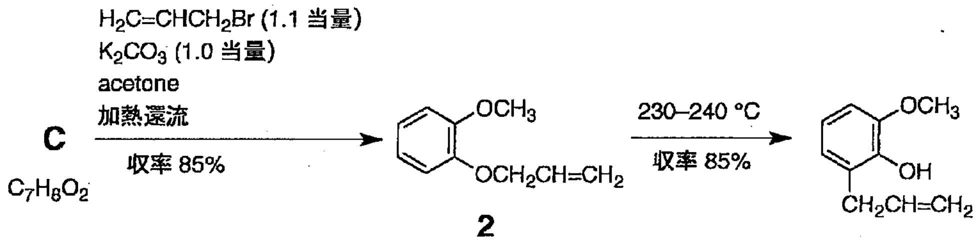


C

化 5

[1] 以下の反応式は，カテコール (**1**) を出発物質とする *o*-Eugenol (**3**) の合成経路である。





1） 分子式および下に示す ^{1}H NMR のデータを参考にして，各反応の主生成物 **A**，**B**，および **C** の構造を書きなさい。また、それらの根拠もあわせて書きなさい。

2） 化合物 **A** を効率よく合成する上で注意すべき点を，反応条件も参考にして，考えられるだけ列挙しなさい。

3） 化合物 **2** から *o*-Eugenol (**3**) が生成する反応機構を書きなさい。

^{1}H NMR ($CDCl_3$)のデータ

[A] δ 7.20 (s, 1H), 6.9–7.7, 8.0–8.3 (m, 9H).

[B] δ 3.70 (s, 3H), 6.9–7.7, 8.05–8.3 (m, 9H).

[C] δ 3.57 (s, 3H), 6.03 (s, 1H), 6.6–7.0 (m, 4H).

(s は一重線，m は多重線を表す。)

生 1

原核細胞での遺伝子発現に関する次の各問に答えよ。必要に応じて図を用いても良い。

[1] 次の文章を読み各問に答えよ。

RNA ポリメラーゼは，サブユニットの１つである［ア］が［イ］と［ウ］という２つの短い塩基配列と結合することにより特定の［エ］を認識し，転写を始める。転写は DNA の鋳型鎖を［オ］の方向で進み，それにつれて転写産物は伸長する。［カ］に至ると RNA ポリメラーゼが DNA と転写産物から解離し，転写は終わる。真核細胞とは異なり，原核細胞では多くの場合 (キ) ポリシストロニックな転写産物がつくられ，機能的に関連のある複数のタンパク質が協調的に発現する。

1）［ア］から［カ］に語を入れよ。

2）［カ］の配列の特徴を２つ，転写が終わる際のそれぞれの役割とともに述べよ。

3）下線（キ）の仕組みを次の語群の語を用いて説明せよ。

［リボソーム結合配列（シャイン・ダルガーノ配列），リボソーム小サブユニット，16S rRNA，翻訳開始コドン，相補的］

[2] ラクトースの分解に関わるタンパク質群をコードする *lac* 遺伝子群の転写は，ラクトースとグルコースによる二重の制御を受ける。この制御の仕組みを説明せよ。

生２

以下の［１］～［５］の実験方法から２つを選び，それぞれの目的，原理，手順を説明せよ。
必要に応じて図を用いても良い。

［１］　ノーザン・ブロット解析
［２］　クロマチン免疫沈降法
［３］　プラスミドベクターを用いたDNAクローニング
［４］　RNA干渉（RNAi）法
［５］　塩基配列決定法（ジデオキシ法）

生 3

真核生物の細胞は様々な細胞内小器官から構成されており，細胞内小器官の間ではタンパク質やRNAのやりとりが行われている。細胞内小器官と物質輸送について下記の設問に答えよ。必要に応じて図を用いても良い。

[1] 核について知るところを述べよ。

[2] 核と細胞質の間のタンパク質輸送について知るところを述べよ。

[3] ミトコンドリアについて知るところを述べよ。

[4] ミトコンドリアと細胞質の間のタンパク質輸送について知るところを述べよ。

[5] 小胞体とゴルジ体の間で行われている，[2] や [4] とは異なる輸送システムについて知るところを述べよ。

地１

リモートセンシングについて以下の問いに答えよ。説明のために図を用いてもよい。

［１］　観測用のセンサを搭載するプラットフォームとして現在一般的なものに航空機と衛星がある。航空機を用いる場合と衛星を用いる場合を比較し，各々の特長を説明せよ。

［２］　リモートセンシングデータを利用する場合に行う幾何補正について以下の問いに答えよ。

１）幾何補正を行う必要性について説明せよ。

２）幾何補正の方法として「ニアレストネイバー（nearest-neighbor）法」と「バイリニア（bilinear）法」がある。各々の方法を説明し，データの内容によっていずれかの方法を適用する場合の注意点について述べよ。

地２

地理情報について以下の問いに答えよ。説明のために図を用いてよい。

［１］　駅やインターチェンジなどの公共交通施設の名称に番号（またはアルファベット＋番号）を付けて識別することが行われている。これについて以下の問いに答えよ。

１）番号を付ける利点について説明せよ。

２）番号の付け方には順序方式と距離方式がある。各々の方式について実例を交えながら説明せよ。

［２］　住所の表記方法には街区方式と道路方式がある。これについて以下の問いに答えよ。

１）各々の方式について説明せよ。

２）初めて訪れる場所で特定の住所の建物を探す場合，一般的に道路方式の表記の方が探しやすい。この理由について説明せよ。

情 1

C 言語における以下の問に答えよ。ただし，\は¥と同じである。

[1] 次のプログラムの出力結果を示せ。

```
int main(void){
    int a=0Xf123;
    printf("%x\n  %x\n", a<<2, a>>4);
    return 0;
}
```

[2] 10進数である3を2進数で表記した文字列を，10進数と見なした場合の値を求める処理過程は以下のステップで構成される。括弧内に適切な文を記述せよ。

1) ____(1)____ すると，商1と剰余1を得る。
2) ____(2)____ すると，商0と剰余1を得る。
3) ____(3)____ なので，操作を終了する。
4) ステップ2)の剰余1と1)の剰余1を左から右へ順に並べた文字列“11”を10進数表記と見なした値11が，求める値である。

[3] 問題[2]を参考にして，aをn進数で表記した文字列を10進数と見なした場合の値を求めるアルゴリズムを記述した。ただし，aは$0 \leq a$なる整数，nは$2 \leq n \leq 9$なる整数である。括弧内に適切な文を記述せよ。

1) 整数変数xにa，整数変数yに0，整数変数iに0を代入する。
2) __(1)__ れば次へ進む。そうでなければ，yを出力して終了する。
3) ____(2)____ を整数変数zへ代入する。
4) yに$y + z \times 10^i$を代入する。
5) ____(3)____ をxへ代入する。
6) iに$i+1$を代入する。
7) 2)へ戻る。

[4] 問題[3]のアルゴリズムを用いて，整数値xをn進数で表記した文字列を10進数と見なした場合の値を返す関数 fnc1 をC言語で作成した。プログラムで用いている変数名は問題[3]に対応している。pow(a,b) は整数型変数aとbについて，aのb乗を計算する関数である。下線部に入れるべき式，または式の一部を答えよ。

```
int fnc1(int x, int n){
    int y=0, i=0, z;
    while(_____(1)_____){
        z  = _____(2)_____;
        y += z*pow(_____(3)_____) ;
        x  = _____(4)_____;
        i++;
    }
    return y;
}
```

[5] 大きさnの整数型1次元配列aの各要素のち，整数xと等しくない要素の総和を求める関数 fnc2 を再帰的プログラミングで作成した。関数 fnc2 は，a, n, x を引数として受け取り，演算結果を返す。下線部に入れるべき式，または式の一部を答えよ。ここで，同じ番号の括弧には同じ式，または式の一部が入る。

```
int fnc2(int a[], int n, int x){
    if(n>0){
        if(_____(1)_____){
            return _____(2)_____ + _____(3)_____ ;
        }else{
            return _____(3)_____;
        }
    }else{
        return _____(4)_____;
    }
}
```

情２

表１は，ＡとＢの２種類の戦略のいずれかを持つ個体間でゲームを行った場合に，両者が得る得点を示している。例えば，戦略Ａと戦略Ｂが対戦すると，前者は０点，後者は５点を得る。

また，図１の（a），（b）は，それぞれ，10 個体からなる集団の相互作用の構造を表すネットワークを示している。戦略Ａは●，戦略Ｂは■のノードで表現され，ノード間のリンクは，接続された２個体間でゲームが行われ，戦略が伝播しうることを示している。

ネットワークの特徴と戦略分布の推移に関する次の問いに答えなさい。

［1］「極大クリーク」を次の特徴を持つノードとリンクの集合として定義する。

1）　極大クリーク内の各ノードはその極大クリーク内の他の全てのノードに接続している。

2）　極大クリークに含まれる全てのノードに接続するような，極大クリークに含まれないノードは存在しない。

図 1 の（a），（b）の各ネットワークについて，異なる極大クリークの数とそのサイズ（ノード数）をすべて求めなさい。ノードの種類は無視してよい。

［2］時刻 t において，各個体は以下の手順で次の時刻 $t+1$ での自身の戦略を決定する。

（手順１）リンクで直接接続した他個体とそれぞれゲームを行い，得られた総得点の平均を自身の利得として記録する。

（手順２）リンクで直接接続した他個体の利得の最高値と自身の利得を比較する。前者が後者より大きい場合，前者を得た個体の戦略を次の時刻での自身の戦略とする。ただし，最高値を得た個体が複数存在する場合は，その中からランダムに選んだ１個体の戦略を採用する。

時刻 0 での集団を図１（a），（b）の各場合としたとき，ネットワーク上での戦略の分布はどのように推移するか，適宜図を用いてそれぞれ説明しなさい。

［3］図１（a）のネットワークに「ランダムにノードを２個選び，その２ノード間にリンクが無いならリンクを追加する」ことを繰り返して，リンク数を増やしていくことを考える。こうしてできるネットワークにおいて，図 1（a）と同じ初期状態の戦略配置を用いると，概して，リンク数が多いネットワークで［2］と同じ手順で推移させるほど，戦略Ｂが広まりやすい傾向がある。その理由を説明しなさい。

表１

相手（→） 自分（↓）	戦略Ａ （●）	戦略Ｂ （■）
戦略Ａ（●）	（4，4）	（0，5）
戦略Ｂ（■）	（5，0）	（0，0）

表内の数値の組み合わせ＝
（自分の得る得点，相手の得る得点）

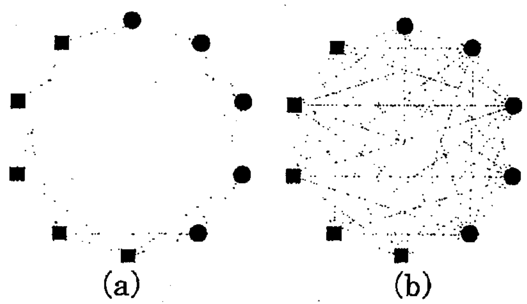


図１

情 3

[1] 二つの数値の最大公約数を求めることを考える。ただし，この問題で扱う数値は，0 以上の整数とする。

1) $i \geqq j \geqq 2$ なる数値 i, j に対して，i と j の最大公約数は，j と $i \% j$ の最大公約数と等しくなることを示せ。ここで，演算子 % は，$m \% n$ において，m を n で除算した時の余り（剰余）である。ただし，ここでは，$i \% j \neq 0$ とする。

2) 問題 1) の性質を用いて，$i \geqq j$ なる数値 i, j の最大公約数を求める，ユークリッドの互除法に基づいたアルゴリズムを示せ。

[2] 数値列から素数を選び出すアルゴリズムである，エラトステネスのふるい（篩）を取り上げる。便宜上，数値列は，2 から 1 ずつ値が増えて，n まで，昇順に並ぶ，$n - 1$ 個の整数列であるとする。

1) 2, 3 は素数である。k を 2 以上の整数とする。m を 2 以上の整数とした時，与えられた k に対して，その m 倍の値は，素数でない。この，k の値が与えられた場合に，素数でないと判定することを，判定①と呼ぶことにする。例えば $k = 2$ と与えられた場合の $m = 3$ の時の 6 や，$k = 3$ と与えられた場合の $m = 3$ の時の 9 は，判定①により，素数ではない。上で述べた数値列において，n が 4 以上の場合，k の値がいくつになるまで，判定①を行えばよいか，理由を付けて示せ。

2) 集合型のデータ構造は持たないが，一次元配列構造を持つ計算機言語を想定した上で，上で述べた数値列を一次元配列として表わすとして，エラトステネスのふるいのアルゴリズムを示せ。

人１

遺跡から出土する貝類（二枚貝）の捕獲された季節を推定する方法について，具体的に述べなさい。図を用いてもよい。

人2

昔の人が利用した魚骨が遺跡から出土した場合，それを分類・同定することによってわれわれはどんな情報を引き出すことができるか，具体的な遺跡の例を挙げながら説明しなさい。

工1

[1] 図１のように微小要素に，平面応力条件を満たし，垂直応力$\sigma_x = 2$ [N/mm²]，$\sigma_y = 0$ [N/mm²]と，せん断力$\tau_{xy} = 1$ [N/mm²]が作用している。以下の問に答えよ。

(1) 主応力と主方向を求めよ。

(2) 降伏応力を$\sigma_s = 2$ [N/mm²]とする。ミーゼスの基準（せん断ひずみエネルギ説）が適用できるとして，微小要素が降伏するか判定せよ。

[2] 図２のように片方のスパンに等分布荷重w（次元：[力／長さ]）を受ける長さ 2ℓのはりがある。以下の問に答えよ。

(1) 真中の支点２がない場合に発生する曲げモーメントの最大値を求めよ。

(2) 図２のはりを支える三つの支点１，２，３に作用する反力R_1，R_2およびR_3を求めよ。

(3) 図２のはりの曲げモーメントの最大値を求めよ。

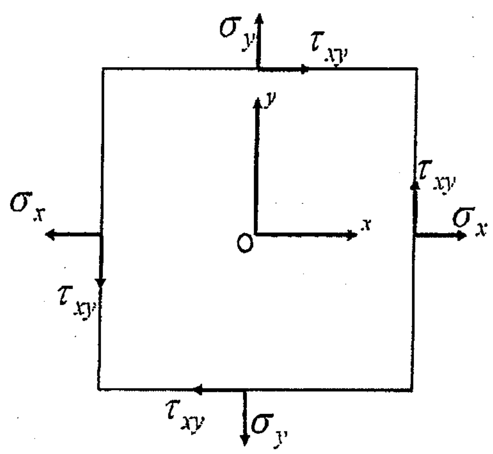


図１

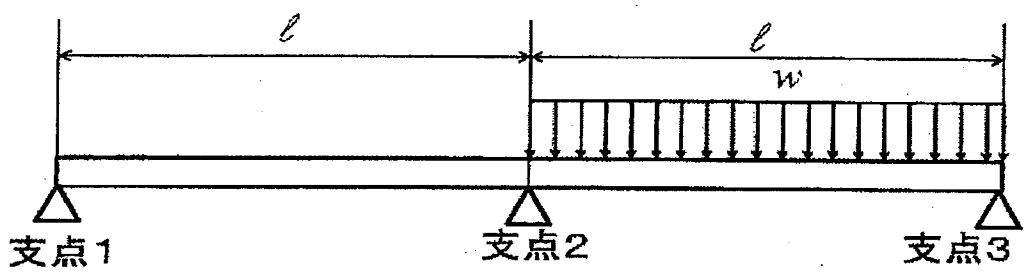


図２

工２

[1]　二次元空間（x−y 平面）における非圧縮性流れについて，以下の問いに答えなさい。ただし，x および y 方向の速度成分をそれぞれ u および v とする。

(1)　微小検査面を設定して，連続の方程式を導出しなさい。

(2)　連続の方程式によれば，流れ関数 ϕ を導入できることを示しなさい。

(3)　流れ関数 ϕ の物理的な意味を説明しなさい。

[2]　流体の運動に関連した以下の用語について，それぞれ150字以内で説明しなさい。ただし，数式や図を併用してもよい。

(1)　Reynolds 数

(2)　渦度

(3)　循環

(4)　ポテンシャル流れ

(5)　ピトー管

工3

[1] 図1に示す開ループ制御系が外乱 $d(s)=1$ を受ける。$x(s)=0$ のとき，出力の時間変化 $y(t)$ を求めよ。

[2] 図2に示す外乱 $d(s)$ のある閉ループ制御系について以下の問に答えよ。

(1) この閉ループ制御系が安定となる K の値の範囲を求めよ。

(2) 上の(1)の条件を満たし，なおかつ定常速度偏差 ε_v（ランプ入力に対する定常偏差）が1以下となるような K の値の範囲を求めよ。ただし $d(s)=0$ とせよ。

[3] 図1の開ループ制御系と図2の閉ループ制御系の伝達関数が等しくなるように K の値を調整した。以下の問いに答えよ。

(1) このときの K の値を求めよ。

(2) 図2の制御系の感度関数 $S(s)$ を求めよ。

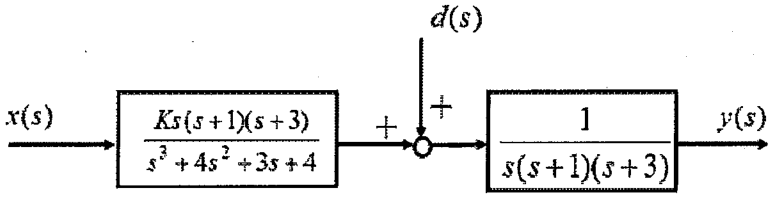


図1

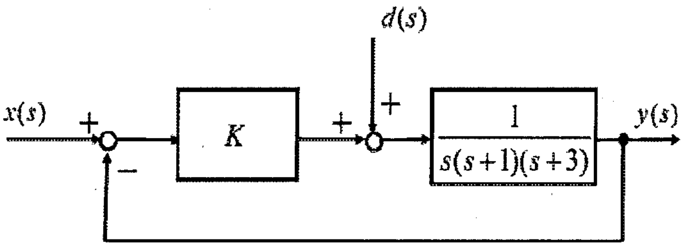


図2

（参考）ラプラス変換表

時間関数	ラプラス変換された関数	時間関数	ラプラス変換された関数
デルタ関数 $\delta(t)$	1	te^{-at}	$1/(s+a)^2$
ステップ関数 $u(t)$	$1/s$	$\sin\omega t$	$\omega/(s^2+\omega^2)$
t	$1/s^2$	$\cos\omega t$	$s/(s^2+\omega^2)$
$(1/2)\,t^2$	$1/s^3$	$e^{-at}\sin\omega t$	$\omega/\{(s+a)^2+\omega^2\}$
e^{-at}	$1/(s+a)$	$e^{-at}\cos\omega t$	$(s+a)/\{(s+a)^2+\omega^2\}$
df/dt	$sF(s)-f(0)$	$\int f(t)dt$	$\dfrac{F(s)}{s}+\dfrac{f^{(-1)}(0)}{s}$
d^2f/dt^2	$s^2F(s)-sf(0)-f'(0)$		

注）f に付した「'」と「(−1)」は，それぞれ一階微分と一重積分を表す。

クリティカル・シンキング

以下の問いのすべてに答えなさい。

問1

赤田、金田、坂田、高田、中田、羽田の６人は同期の新入社員である。新入社員歓迎会で６人は生まれた町を互いに自己紹介しあった。上司があとで聞いてみると、６人はそれぞれ他の３人の生まれた町を思い出して、次のように答えた。

赤田「高田は大阪、中田は東京、羽田は名古屋の生まれです」
金田「赤田は大阪、坂田は京都、羽田は札幌の生まれです」
坂田「赤田は名古屋、金田は大阪、中田は札幌の生まれです」
高田「金田は仙台、坂田は東京、羽田は大阪の生まれです」
中田「赤田は仙台、金田は京都、坂田は名古屋の生まれです」
羽田「金田は札幌、高田は東京、中田は仙台の生まれです」

６人の記憶は矛盾している。上司は、酒を飲んでいたとはいえ今年の新入社員はちょっと記憶力に問題があるのではないかと疑い、さらに調べてみたところ、６人とも、同僚１人についての記憶は正しく２人についての記憶が間違っていることが分かった。以上の情報から、６名の生まれた町を推定せよ。ただし、６人の生まれた町はそれぞれ異なるものとする。解答を記すとともに、自分がどのような思考過程を経て解に達したかを詳細、かつ筋の通った仕方で説明せよ。

問2

次のエピソードとそれについての意見を読み、問いに答えよ。

【エピソード】A、B、Cの３名の囚人がいる。彼らのうち２人が死刑になることが決まっている。このことを３人は知っているが、それが誰と誰なのかは３人の誰も知らない。でも、実は誰と誰が死刑になるかはもう決まっている。

さて、Aにとって、自分が死刑になる確率は2/3である。Aは看守に賄賂を渡して「BとCのうち少なくとも１人は必ず死刑になるはずだ、死刑になる奴の名前を１人だけ教えてくれ」と頼んだ。看守は「Bだ」と答えた。この答えを聞いてAは次のように考えた。「看守の答えを聞く前は、俺が死刑になる確率は2/3だった。Bが確実に死刑になるなら、もう１人は俺かCだから、俺が死刑になる確率は1/2だ。うひひ、死刑になる確率が減ったぞ。嬉しいな。」

【意見】Aの考えはおかしい。なぜなら、BとCの少なくともどちらかは死刑になることは確実で、そのことはAも分かっていたはずだ。その死刑になる者の名前を聞いただけで、Aが死刑を免れやすくなるというのはありえない。看守の答えの前後でAが死刑になる確率は変わらないはずだ。

【問い】エピソード中のAの考えとこの意見とは食い違っている。どこがどのように食い

違っているのかを説明し、このエピソードと意見とについてどのように考えるのが最も適切かについてのあなたの見解を述べよ。

問3

あるピアニストがリサイタルのプランを立てている。全部で7曲を演奏する予定だ。7曲はすべて現代曲で、シェーンベルク、メシアン、武満徹がそれぞれ2曲ずつ、ウェーベルンが1曲である。リサイタルの演奏順を決めようと悩んでいたとき、マネージャーが次のようなアドバイスを与えた。

【アドバイス】3曲目は重要だから君の得意なシェーンベルクにしておこう。シェーンベルクの2曲は続けて演奏しよう。それから、武満の2曲も続けて演奏するのがよいだろう。メシアンの2曲は雰囲気が似ているから、続くのは避けたいな。シェーンベルクとウェーベルンも続けて演奏しない方がいいだろう。あ、それから 武満の2曲の前か後にはシェーンベルクを置こう。

(1) このピアニストはマネージャーのアドバイスがもっともだと考えた。そこで、アドバイスに従って曲順を決めた。すると、4曲目はシェーンベルクになった。このとき、次の命題のそれぞれについて、①必ず正しいと言える、②正しいことがありうるがつねにそうであるとは言えない、③必ず間違っていると言える、のいずれであるかを判定せよ。解答を記すとともに、自分がどのような思考過程を経て解に達したかを詳細、かつ筋の通った仕方で説明せよ。

a) 武満徹の曲が最初に演奏される
b) ウェーベルンの曲が最初に演奏される
c) ウェーベルンと武満徹の曲が連続して演奏される
d) 最後から3番目の曲はメシアンである
e) 最後の曲はメシアンの曲である

(2) じつは、マネージャーのアドバイスに従う仕方は何通りもある。しかし、マネージャーがさらに以下のアドバイスから1つをつけ加えたとすると、リサイタルの曲順はただ一通りに定まる。その条件はどれか（答えは一つとは限らない）。ただし、同じ作曲家の曲を入れ替えてもリサイタルの曲順はもとと同じとみなす。解答を記すとともに、自分がどのような思考過程を経て解に達したかを筋の通った仕方で説明せよ。

1) やっぱ、最初は武満でいこう
2) 真ん中にメシアンをガツンとかまして盛り上げよう
3) 最後から2曲目はメシアンで決まりだな
4) 最後から2曲目はウェーベルンでしょ、当然
5) 1曲目はメシアンでお客さんの様子を見よう