平 成 ２２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２１年８月１０日（月）
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、日本語から母国語への辞書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）、プログラミング、論理的思考（クリティカルシンキング）の２６問である。このうち３問を選択して解答せよ。ただし、「情１」と「プログラミング」を同時に選択することはできない。なお、選択した問題名を解答用紙の指定欄に記入せよ。

６．ITスペシャリストコースへの履修を希望する者は、必ず、「プログラミング」を選択して解答すること。

７．解答用紙の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。

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ってよい。

数 1

[1] 正整数 n とする。n 次の正則な正方行列 $\boldsymbol{A} = \left(A_{ij}\right)$ を，下三角行列 $\boldsymbol{L}$ と上三角行列 $\boldsymbol{U}$ として，$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{LU}$ に変換することを考える。次の問いに答えよ。

1) $n = 3$ とする。次式を満たす $\alpha_{21}, \alpha_{31}, \alpha_{32}, \beta_{21}, \beta_{31}, \beta_{32}$ を答えよ。ただし，$A_{11} \neq 0, b_{22} \neq 0$ とする。

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \alpha_{21} & 1 & 0 \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ 0 & b_{22} & b_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \beta_{21} & 1 & 0 \\ \beta_{31} & \beta_{32} & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ 0 & b_{22} & b_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ 0 & b_{22} & b_{23} \\ 0 & 0 & c_{33} \end{pmatrix} = \boldsymbol{U}$$

2) $n = 3$ とする。1) の $\boldsymbol{U}$ に対して $\boldsymbol{A} = \boldsymbol{LU}$ が成り立つ $\boldsymbol{L}$ の要素を A_{ij} ($i = 1, 2, 3;\ j = 1, 2, 3$), b_{2j} ($j = 2, 3$) を用いて表せ。

3) 正整数 n とする。また，$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{LU}$ が成り立つ $\boldsymbol{L}, \boldsymbol{U}$ が計算されているとする。このとき，n 次元ベクトル $\boldsymbol{b}$ に対して，$\boldsymbol{Ax} = \boldsymbol{b}$ を満たす $\boldsymbol{x}$ を $\boldsymbol{L}, \boldsymbol{U}$ を用いて計算する方法を説明せよ。ただし，$\boldsymbol{U}$ の対角項はゼロではないとする。

[2] 正整数 n とする。n 次元正方行列 $\boldsymbol{Q} = \left(Q_{ij}\right)$ が $Q_{ij} \geq 0$ ($i = 1, 2, \cdots, n;\ j = 1, 2, \cdots, n$) で，かつ $\sum_{j=1}^{n} Q_{ij} = 1$ ($i = 1, 2, \cdots, n$) のとき，$\boldsymbol{Q}$ を確率行列という。また，n 次元ベクトル $\boldsymbol{p} = (p_i)$ が $p_i \geq 0$ ($i = 1, 2, \cdots, n$) で，かつ $\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$ のとき，$\boldsymbol{p}$ を確率ベクトルという。このとき，次の問いに答えよ。

1) $\boldsymbol{p}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{Q}$ は確率ベクトルとなることを証明せよ。ただし，$(\cdot)^{\mathrm{T}}$ は転置を表す。

2) $\boldsymbol{Q}^2 = \boldsymbol{QQ}$ は確率行列となることを証明せよ。

数2

実変数 x に対する関数 $f(x), g(x)$ は $0 \leq x$ において次の連立微分方程式を満足するものとする。

$$f''(x) = 0$$
$$g''(x) = a^2(g(x) - f(x))$$
$$f(0) = 0 \ , \ f'(0) = 1$$
$$g(0) = -1 \ , \ g'(0) = 2$$

ここで，$(\ )'$ は x についての微分を示す。a は実定数であり，$a \neq 0$ とする。以下の問いに答えよ。

[1] 連立微分方程式を解き，$f(x), g(x)$ を x の関数として求めよ。

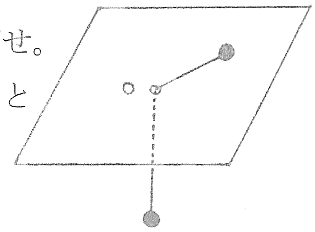
[2] $a = 1/2$ と $a = 2$ において関数 $h(x) = g(x) - f(x)$ の概略図を描け。

[3] $h(x) = 0$ を満たす x が存在するための a の範囲を示せ。

物1

一様重力加速度 g 中で, 水平な面上に点粒子がある。面内の小穴を通る糸 (長さ l) で連結されたもうひとつの点粒子があり, 小穴からぶら下がっているとする。この二粒子系 (いずれも質量 m) の運動を考える (図参照)。小穴の位置を原点とし, 平面上の粒子の位置を極座標 (r,θ) で与える。ぶら下がっている粒子は上下運動をするとする。但し $r<l$ とし, 摩擦の影響はないとする。$\dot{} = \frac{d}{dt}$ とする。

[1] この二粒子系の運動方程式を求めよう。



1) 平面上の粒子の運動エネルギー $T_1(r,\dot{r},\theta,\dot{\theta})$ を書き下せ。

2) ぶら下がっている粒子の運動エネルギー $T_2(r,\dot{r},\theta,\dot{\theta})$ とポテンシャルエネルギー $U(r)$ を書き下せ。

3) 系のラグランジアン $L(r,\dot{r},\theta,\dot{\theta})$ を書き下せ。

4) r,θ に対する一般化運動量 p_r, p_θ を求めよ。

5) p_θ は保存量であることを示せ。

6) r についてのオイラー・ラグランジュ方程式を求めよ。

7) 5) より保存量 $p_\theta = M$ として, 6) の結果より, 動径方向 r についての運動方程式を求めよ。

[2] この系の運動方程式を解くことを考えよう。

1) 平面上の粒子が半径一定 $(r(t)=r_0)$ の円運動をするための条件を求め, 保存量 M を求めよ。

2) 1) の円運動が実現するためには, 平面内の粒子の回転による遠心力とぶら下がっている粒子によって引っ張られている糸の張力とが釣り合っている必要がある。そのための平面内の粒子の回転角速度 $\dot{\theta}$ についての条件を求めよ。

[3] この円運動の安定性を調べよう。
そのために, $r(t)=r_0$ の解から僅かにずれた軌道 $r(t)=r_0+r'(t)$ を考える。これを運動方程式に代入し, $r'(t)$ についての運動方程式を r' の1次のオーダーまでで求める。

1) 準備として, $\dfrac{1}{r^3}$ について $r=r_0+r'$ を代入し, $\left|\dfrac{r'}{r_0}\right| \ll 1$ として Taylor 展開し, r' の1次のオーダーまで求めよ。

2) この結果を使って, r' についての運動方程式を r' の1次のオーダーまで求め, [2] の 1) で求めた円運動の解の条件を使って, 調和振動子の方程式 $\ddot{r}'+\omega^2 r'=0$, になることを示せ。

3) r' に関する調和振動の角振動数 ω を求めよ。

以上のことより, この円運動から微小にずれた場合でも半径 r_0 の付近での単振動を示すことがいえ, この意味で円運動が安定な形態であることがわかる。

物 2

空間の誘電率を ε として，次の問に解答せよ。

[1] 正四面体の三頂点の各々に正の点電荷 Q がある。四つ目の頂点の位置の電場を求めよ。正四面体の一辺の長さは L とする。

[2] 太さを無視できる線分状の物体に，単位長さあたり λ の電荷を与えた。この物体は充分に長く，線分の端点の影響は無視できるとする。まず積分形のガウスの法則を書き下せ。次に，この物体からの最短距離が L である場所の電場を，積分形のガウスの法則を用いて求めよ。

注意：二問とも，電場の向きは図を描いて明示すること。

物3

1次元 x 軸上を運動する粒子を考える。また，その状態を表す波動関数 $u(x)$ が，

$$u(x) = C\exp\left(ikx - \frac{x^2}{4a^2}\right) \qquad \text{で与えられるとする。}$$

ただし，粒子の質量を m，プランク定数を h とし，$\hbar = \dfrac{h}{2\pi}$ である。また，k，a と C は実定数であり，a と C は正とする。

[1] 上の $u(x)$ が規格化された波動関数になるように，定数 C の値を決めよ。

[2] x 軸方向の運動量 p の期待値 $\langle p \rangle$ を求めよ。

[3] 位置 x の期待値 $\langle x \rangle$ を求めよ。

[4] この粒子が，$-2a < x < 2a$ の範囲に見つかる確率を数値で求めよ。

＜注＞

波動関数を $\varphi(x)$，$\varphi^*(x)$ はその複素共役とすると規格化条件は $\displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} \varphi^*(x)\varphi(x)\mathrm{d}x = 1$ で与えられる。また，物理量 A の期待値は $\langle A \rangle = \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} \varphi^*(x)\hat{A}\varphi(x)\mathrm{d}x$ で求められる。なお，$\hat{A}$ は，物理量 A に対応する演算子である。

必要なら，以下の式や値は使用してよい。

$$\int_{-\infty}^{\infty} \exp(-\xi^2)\mathrm{d}\xi = \sqrt{\pi}, \quad \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^1 \exp(-\xi^2)\mathrm{d}\xi \simeq 0.42, \quad \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\sqrt{2}} \exp(-\xi^2)\mathrm{d}\xi \simeq 0.48$$

物 4

N 個の独立した振動子からなる系が，温度 T の熱浴に接している場合を考えよう。ただし，振動数 ν を持つ 1 つの振動子のエネルギー準位 ε_n はプランク定数を h として

$$\varepsilon_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)h\nu, \qquad n = 0, 1, 2, \dots$$

で表されるものとする。この系をカノニカル分布によって取り扱い，以下の問に答えよ。なお，ボルツマン定数を k_B として，$\beta = \dfrac{1}{k_B T}$ とする。

[1] 1 つの振動子の分配関数を求めよ。

[2] この系の分配関数を求めよ。

[3] この系の内部エネルギーを求めよ。

[4] この系のエネルギーが $\dfrac{N}{2}h\nu + Mh\nu$ となる状態数 W_M は

$$W_M = \frac{(M + N - 1)!}{M!(N - 1)!}$$

となることを説明せよ。

[5] この系でもっとも実現確率の高いエネルギーは，[3] で求めた内部エネルギーと等しいことを示せ。ただし，$M, N \gg 1$ とし，スターリングの公式 $\log N! = N\log N - N$ などを用いてよい。

化 1

次の文章を読み，以下の問に答えよ。

単純ヒュッケル法を用いてエチレンの分子軌道を求めよう。分子は xy 平面上にあるとし，i 番目の炭素の $2p_z$ 軌道をχ_i と書く。C_i を分子軌道係数とし，分子軌道を式(1)

$$\phi = C_1\chi_1 + C_2\chi_2 \tag{1}$$

で表す。分子軌道のエネルギーεは，式(1)を使いエチレンのハミルトニアン h の期待値を計算すると得られる。軌道係数 C_i，クーロン積分α，共鳴積分βを使うと

$$\varepsilon = \boxed{\text{（あ）}} \tag{2}$$

となる。ただし，$\int\chi_1 h\chi_1 d\tau = \int\chi_2 h\chi_2 d\tau = \alpha$，$\int\chi_1 h\chi_2 d\tau = \beta < 0$ とする。

このエネルギーが極小になる条件から，軌道係数を決める連立方程式が得られ，それが意味のある解を持つためには，εは次の永年方程式を満足しなければならない。

$$\boxed{\text{（い）}} \tag{3}$$

これを解くと，分子軌道のエネルギーεが分かり，それを用いると軌道係数の比 C_1/C_2 が分かる。軌道の規格化条件から，係数 C_i は関係式 $\boxed{\text{（う）}}$ を満たすので，軌道係数を決める事ができる。

さて，アニリンに対する求電子置換反応は，メタ位よりオルト位で起き易いが，この理由を考えよう。求電子剤 X^+によるオルト置換反応の遷移状態を図 1 のσ錯体で近似し，ヒュッケル法で求めた全π電子エネルギーが，遷移状態のエネルギーを近似すると仮定しよう。

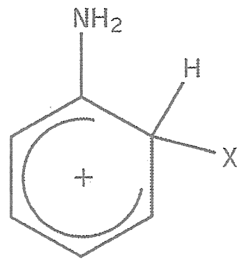


図 1：オルト置換反応のσ錯体

図 1 で X が結合した炭素は $_{(か)}$ (sp, sp^2, sp^3) 混成で，σ錯体のπ電子数は $\boxed{\text{（え）}}$ 個である。永年方程式を解くと，その軌道エネルギーは，安定な順に

α+1.76β，　α+1.14β，　α+0.50β，　α−0.19β，　α−1.07β，　…

となった。そこで遷移状態の全π電子エネルギーは $\boxed{\text{（お）}}$ となる。同様の計算をメタ置換反応で行うと，遷移状態の全π電子エネルギーは 6α+6.47βとなる。そこでこの近似では $_{(き)}$ (オルト，メタ) 置換反応が置き易いと言える。

［1］文章中の $\boxed{\text{（あ）}}$ ～ $\boxed{\text{（お）}}$ を適切な式で埋め，下線部（か）（き）から正しい選択肢を 1 つ選べ。

［2］エチレンの分子軌道係数 C_i と軌道エネルギーεを求めよ。

［3］メタ置換反応のσ錯体の分子軌道を展開するχ_i は，どの原子上のものを使えば良いか。図 2 の回答例を参考に，その原子を○で囲み，その○内にクーロン積分の値を書き込め。また非ゼロの共鳴積分を持つ結合を実線で表し，その上に共鳴積分の値を書き込め。ただし炭素と窒素のクーロン積分はそれぞれαとα+0.4β，炭素-炭素間と炭素-窒素間の共鳴積分はそれぞれβと 0.6βとせよ。

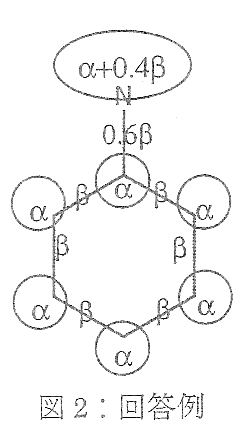


図 2：回答例

化２

次の文章を読んで，以下の問［１］から［４］に答えよ。

一定温度Tと一定体積Vの下で進む化学反応$\mathrm{A} \rightarrow \mathrm{B}$を考える。時間 t が経った後のAの濃度を$[\mathrm{A}]$と表わすと，Aの減少速度は，各時刻のAの濃度$[\mathrm{A}]$に比例する。すなわち，反応速度式

$$\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = -k[\mathrm{A}] \tag{1}$$

が成り立つ。このとき，化学反応$\mathrm{A} \rightarrow \mathrm{B}$は$[\mathrm{A}]$に関して$\boxed{（ア）}$次であるといい，この$k$を$\boxed{（ア）}$次反応速度定数とよぶ。また$[\mathrm{A}]$についての反応次数は$\boxed{（ア）}$であるという.

さて，五酸化二窒素N_2O_5の分解反応は化学量論式

$$2N_2O_5 = 4NO_2 + O_2 \tag{2}$$

で表わされるが，その反応次数を調べたところ，$[N_2O_5]$の反応速度は，

$$\frac{d[N_2O_5]}{dt} = -k_a[N_2O_5] \tag{3}$$

で与えられることがわかった。つまり，$[N_2O_5]$に関する$\boxed{（ア）}$次の反応速度式でうまく表わされるのである。

ところが，一般に，化学反応の化学量論式と反応次数の間には必然的なつながりがいつもあるわけではない。実際，上の化学反応(２)に対する反応機構は，今日，次のような素反応の連鎖反応として理解されている（R.A. Ogg, *J. Chem. Phys.*, **18**, 572 (1950)）。

$$N_2O_5 \xrightarrow{k_1} NO_2 + NO_3 \tag{4}$$

$$NO_2 + NO_3 \xrightarrow{k_2} N_2O_5 \tag{5}$$

$$NO_2 + NO_3 \xrightarrow{k_3} NO_2 + O_2 + NO \tag{6}$$

$$NO + N_2O_5 \xrightarrow{k_4} 3NO_2 \tag{7}$$

さて，$[N_2O_5]$に関する$\boxed{（ア）}$次反応速度式(３)に表れる速度定数k_aを素反応(４)～(７)の速度定数k_1～k_4で表わすことを考えたい。まず，$[\mathrm{NO}]$と$[NO_3]$の反応速度を表わすことから始めよう。不安定なNOとNO_3は，安定なO_2，NO_2，N_2O_5よりも，常に低濃度で存在することを仮定できるので，反応の初期と終期以外では，$\boxed{（イ）}$値をとると考えられる。こうした仮定に基づく近似を$\boxed{（イ）}$状態近似といい，その方法を$\boxed{（イ）}$状態法という。このとき，

$$\frac{d[\mathrm{NO}]}{dt} = k_3[NO_2][NO_3] - k_4[\mathrm{NO}][N_2O_5] = 0 \tag{8}$$

$$\frac{d[NO_3]}{dt} = k_1[N_2O_5] - k_2\Bigg(\qquad (あ) \qquad \Bigg) - k_3[NO_2][NO_3] = 0 \tag{9}$$

が成り立つので，

$$[\mathrm{NO}]=\Big(\quad (a) \quad\Big)\cdot\frac{[\mathrm{NO_2}][\mathrm{NO_3}]}{[\mathrm{N_2O_5}]} \tag{10}$$

$$[\mathrm{NO_3}]=\Big(\quad (b) \quad\Big)\cdot\frac{[\mathrm{N_2O_5}]}{[\mathrm{NO_2}]} \tag{11}$$

と与えられる。（１０）式を（９）式に代入すると，

$$[\mathrm{NO}]=\Big(\quad (c) \quad\Big) \tag{12}$$

と反応速度定数のみで表現できる。

ここで，

$$\frac{d[\mathrm{N_2O_5}]}{dt}=-k_1[\mathrm{N_2O_5}]+k_2\Big(\quad (い) \quad\Big)-k_4\Big(\quad (う) \quad\Big) \tag{13}$$

であるから，（１１）式の$[\mathrm{NO_3}]$と（１２）式の$[\mathrm{NO}]$を（１３）式に代入して整理すると，最終的に，$[\mathrm{N_2O_5}]$の反応速度は，

$$\frac{d[\mathrm{N_2O_5}]}{dt}=-\Big(\quad (d) \quad\Big)[\mathrm{N_2O_5}] \tag{14}$$

で表され，

$$k_a=\Big(\quad (d) \quad\Big) \tag{15}$$

とおくと，（１４）式は$\boxed{（ア）}$次反応速度式（３）に一致することが分かる。

［１］（１）式を解いて，時間 t が経った後のＢの濃度$[\mathrm{B}]$を，Ａの初濃度$[\mathrm{A}]_0$，Ｂの初濃度$[\mathrm{B}]_0$，k，tで表わせ。

［２］$\boxed{（ア）}$と$\boxed{（イ）}$に当てはまる語句を入れよ。

［３］（あ）から（う）に当てはまる濃度式を入れよ。

［４］(a)から(d)に当てはまる式をk_1～k_4で表わせ。

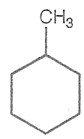
化３

［１］シクロアルカンが平面構造をとっているとすると，炭素数がそれぞれ３，４，５，６のシクロアルカンの結合角はそれぞれ 60°，90°，108°，120°と計算される。sp^3 混成軌道の結合角が 109.5° とすると，実際にシクロペンタンの結合角がこの値と最も近い。このことから過去に，シクロペンタンが上記４種のシクロアルカンのうちで最も安定であると予想した研究者がいる。しかし，実際にはそうでないことが現在では明らかになっている。

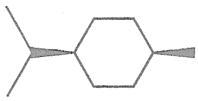
１）この予想はどこが間違っていたのか説明しなさい。

２）炭素数がそれぞれ３，４，５，６のシクロアルカンのうち，最も安定な化合物はどれか。ただし，安定性は CH_2 基ひとつあたりの燃焼熱の比較で表すものとする。

３）次の化合物の最安定コンフォメーションを書きなさい。



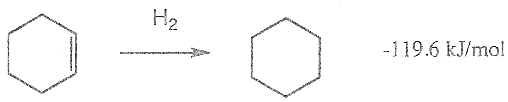
1



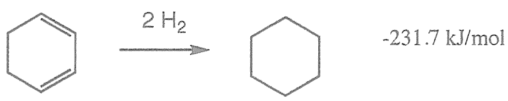
2

［２］化合物 **3, 5** および **6** を水素添加したときの水素化熱（水素化エンタルピー）が示してある。

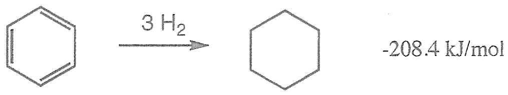
１）２つの二重結合を持つ **5** よりも３つの二重結合を持つ **6** の方が水素化熱が小さいのはなぜか。



3 **4**



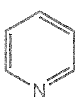
5 **4**



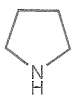
6 **4**

２）**6** の持つ性質を一般的に何というか。

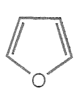
３）**6** と同様の性質を持つものを下から選び，その番号を記しなさい。



7

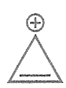


8

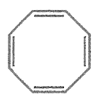


9

10



11



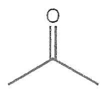
12

化４

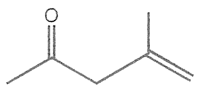
［１］エステルの加水分解は，酸性，塩基性のいずれの条件下でも可能であるが，一般に塩基性条件下で行う。その理由を酢酸メチルの反応機構を例にして説明しなさい。

［２］一般にケトンはエノール型互変異性体との平衡下にある。

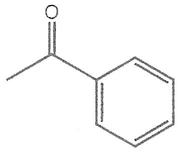
１）次の化合物について，それぞれのエノール型互変異性体を全て書きなさい。



1



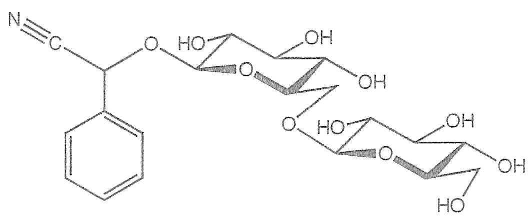
2



3

２）上の **1-3** について，平衡下でのエノール型の割合が多い順に番号を書き，その理由を説明しなさい。

［３］青梅にはアミグダリン (**4**) が含まれ，これを動物が食すると中毒が起きる。しかし，**4** そのものには毒性は無い。



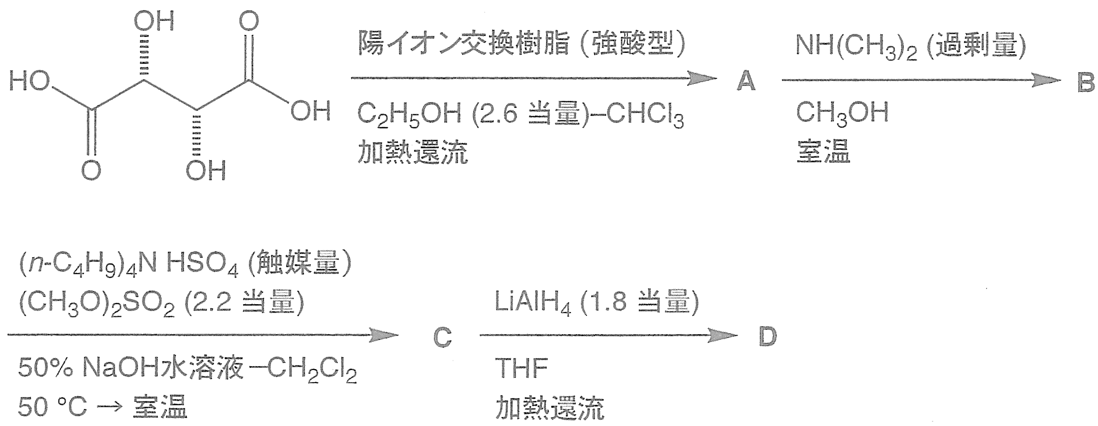
アミグダリン (**4**)

１） **4** を動物が食した場合に，どのような機構で毒性が生じると考えられるか，説明しなさい。

２） 梅が熟すにつれて **4** は減少していくことが知られている。これは，梅にとっていかなる理由によると考えられるか，説明しなさい。

化 5

［1］以下の式は，(*R*,*R*)-酒石酸を出発物質とする化合物 **D** の合成経路を示す。^{1}H NMR のデータを参考に各ステップの主生成物 **A**，**B**，**C** および **D** の構造を推測せよ。



^{1}H NMR ($CDCl_3$)のデータ

[**A**] δ 4.46 (br s, 2H), 4.22 (q, J = 7 Hz, 4H), 3.67 (br s, 2H), 1.25 (t, J = 7 Hz, 6H).

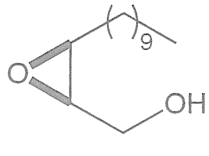
[**B**] δ 4.63 (s, 2H), 4.05 (m, 2H), 3.13 (s, 6H), 3.02 (s, 6H).

[**C**] δ 4.60 (s, 2H), 3.43 (s, 6H), 3.16 (s, 6H), 2.91 (s, 6H).

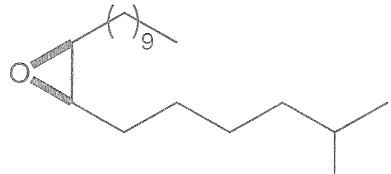
[**D**] δ 3.41 (s, 6H), 3.6–3.2 (m, 2H), 2.45 (m, 4H), 2.23 (s, 12H).

(s は一重線，d は二重線，t は三重線，q は四重線，m は多重線，br は幅広線を表す。)

［2］化合物 **E** を出発物質に用いて，化合物 **F** を合成する経路を示せ。使用する試薬および合成中間体を明記すること。



E



F

生 1

真核細胞におけるタンパク質合成の開始から終結を，下の語群の語をできるだけ多く適切に用い詳述せよ。なお，塩基配列からアミノ酸配列への変換の正確さを維持する仕組みを説明すること。必要に応じて図を用いても構わない。

［アミノアシル tRNA，開始 tRNA，開始因子，リボソーム，ペプチジル基転移酵素，P 部位，A 部位，E 部位，伸長因子，終止コドン，終結因子（または遊離因子）］

生 2

以下の（１）～（４）から２つを選び，それぞれについて，２つの方法の原理と手順を説明せよ。必要に応じて図を用いても構わない。

（１）特定 DNA 断片の同定・分離について：ゲノム DNA ライブラリの作製・スクリーニングによる方法と cDNA ライブラリの作製・スクリーニングによる方法

（２）特定 DNA 断片の大量調製について：大腸菌を用いた方法とポリメラーゼ連鎖反応（polymerase chain reaction，PCR）による方法

（３）タンパク質間の相互作用の解析について：酵母２ハイブリッド法（yeast two-hybrid system）と免疫共沈降法

（４）変異体（mutant）からの変異原因遺伝子の同定について：連鎖解析による方法と DNA 導入による方法

生３

動物細胞の図を描き，オルガネラ名を書き入れよ。４つのオルガネラを選択してそれらの役割について知るところを述べよ。

地１

岩石の分類について以下の問いに答えよ。

［１］　岩石は一般的に三種に大きく分類される（三分法）。それぞれの名称を記せ。

［２］　三分法のそれぞれの種類についてできるだけ詳しく説明せよ。

［３］　岩石をさらに詳しく分類するために，酸性（acidic）・中性（intermediate）・塩基性（basic）・超塩基性（ultrabasic）という指標が用いられることがある。この指標についてできるだけ詳しく説明せよ。

［４］　岩石に含まれる鉱物について，無色鉱物またはフェルシック（felsic）鉱物と，有色鉱物またはマフィック（mafic）鉱物とに分類する指標が用いられることがある。この指標についてできるだけ詳しく説明せよ。

地２

リモートセンシングのデータを評価する指標として，以下のような解像度（または分解能）が用いられることがある。それぞれについてできるだけ詳しく説明せよ。

［１］ 空間解像度（spatial resolution）

［２］ スペクトル解像度（spectral resolution）

［３］ ラジオメトリック解像度（radiometric resolution）

［４］ 時間解像度（temporal resolution）

情 1

[1] C言語で記述された以下のプログラムの画面出力結果を示せ。

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int a, b;
    a = 1.5; b=9.7;
    printf("%d\n", a++ );
    printf("%d\n", b%a );
    printf("%d\n", b>>2);
    return 0;
}
```

[2] 関数 maxswap は，サイズ m の整数型配列変数 a と整数型変数 $n(2 \leq n \leq m)$ を受け取り，a[0],a[1],$\cdots$,a[n-1] のうちで最大値を格納する要素の要素番号を整数型変数 imax に代入する。続いて，変数 a の imax 番目の要素と a[n-1] の値を交換する。下線部に記載するべき式，または式の一部を答えよ。

```
int maxswap( int a[], int n ) {
    int i, imax, max;
    _______(1)_______ ;
    for( _______(2)_______ ; i++)  if( _______(3)_______ ) imax = i;
    max = a[imax] ; _______(4)_______  a[n-1] = max ;
    return 0;
}
```

[3] 問題 [2] の関数 maxswap を用いて整数型配列変数 a の要素を昇順に並べかえるプログラムを作成した。下線部に記載するべき式，または式の一部を答えよ。

```
#include <stdio.h>
int maxswap(int a[], int n);
int main() {
    int a[]={1,20,-3,100,5,-6,8,-10}, n=8, i;
    for(i=0; _______(1)_______ )  maxswap( _______(2)_______ );
    for(i=0; i<n; i++) printf("%d  ", a[i]);
    return 0;
}
```

[4] 零ベクトルでない 2 つの n 次元ベクトルのなす角度を求めるプログラムを作成した。各ベクトルの値はサイズ n の倍精度型実数配列 a と b に格納されている。値 x の平方根と逆余弦は，それぞれ関数 sqrt(x) と acos(x) で与えられる。括弧内に入れるべき式，または式の一部を答えよ。

```
#include <stdio.h>
_______(1)_______
int main() {
    int i, n=3;
    double a[]={1,2,3}, b[]={2,-1,1}, _______(2)_______;
    for(i=0; i<n; i++){
        sa += a[i]*a[i];  sb += b[i]*b[i];  prod += a[i]*b[i];
    }
    printf("%lf  ",  acos(_______(3)_______) );
    return 0;
}
```

情２

以下の４問から３問を選び，それぞれ200字以内で答えよ。なお，一部の英単語については，出題文の文脈に即した典型的な意味を付記している。

[1] 次の文章は，分散型のシステムに対する一般の人々の反応における，どのような矛盾を表現しているか，分散型システムの実例も含めて説明せよ。

There is an apparent paradox in people's reactions to decentralized systems. On one hand is the allure of decentralization. People are intrigued and inspired by decentralized systems. They are fascinated by systems that are organized without an organizer, coordinated without a coordinator. On the other hand is the centralized mindset. When people see patterns in the world, they intuitively assume that the patterns are created either by lead or seed. And when they try to design patterns, they start with the same assumptions.

{allure（魅力），centralized （集中(制御)型），decentralize（分散化する），fascinate（魅惑する），inspire（ひらめきを与える），intrigue（興味をそそる），intuitively（直観的に），lead（先導，指示），mindset（物の見方），organize（組織する），seed（種）}

[2] 次の文章では，協調（C）または裏切り（D）のいずれかの手を繰り返し出し合う囚人のジレンマゲームにおいて，ノイズがある（出した手が小確率で変更される）条件下で，しっぺ返し戦略（TFT，前回の相手の手を真似る）は，２つの点において，パブロフ戦略（WSLS，前回の自分と相手の手が一致すればC，それ以外はD）に比べて協調関係を築きにくいとしている。一つめの弱点(i)はどういうことか，同じ戦略同士が対戦する状況を想定し，パブロフ戦略と比較して述べよ。

TFT does whatever the opponent has done in the previous round. It will cooperate if the opponent has cooperated, and it will defect if the opponent has defected. But TFT has two weaknesses: (i) it cannot correct mistakes (erroneous moves) and (ii) a population of TFT players is undermined by random drift when mutant strategies appear which play always-cooperate (ALLC). Another equally simple strategy called 'win-stay, lose-shift' (WSLS) has neither of these two disadvantages.

{cooperate（協調する），defect（裏切る），erroneous（ノイズで反転した），mutant（突然変異の），opponent（敵，対戦相手），random drift（ノイズによる手の変動），undermine（弱体化させる）}

[3] 次の文章では，進化論の考え方を用いて現在の人間，生活，環境を理解することの意義が一般に認知されていない点が指摘されている。進化論に基づく（現在の人間，生活，環境に関する）どのような理解が可能か自由に述べよ。

つい最近のハリス世論調査では，アメリカの成人の５４パーセントが人間は前の段階の種から発展したのではないと思っており，しかもこの数字は１９９４年の４６パーセントから増加している。さらに困ったことに，進化論を認めはしても，たいていの人が，周囲の世界を理解するときに進化論を利用しない。進化論は，恐竜と化石の話，人間がサルから進化する話で，現在の環境や人間のありさまの話ではないと言うのだ。世論調査では進化論を毎日の生活と結びつけている人の数を調べていないが，その数は知れている。

[4] 次の文章では，人工生命研究における「現実を軽視」する面を指摘している。「現実を軽視」することを肯定的にとらえる立場とはどういうものであろうか。人工生命研究に留まらずに一般的な科学の方法論として述べてもよい。

一般的な生きものの見方を追求する枠組としてすでに人工生命（artificial life AL）というプログラムがある．現象論を基軸とするわれわれの立場から見ると人工生命には現実を軽視する傾向があるように見える．

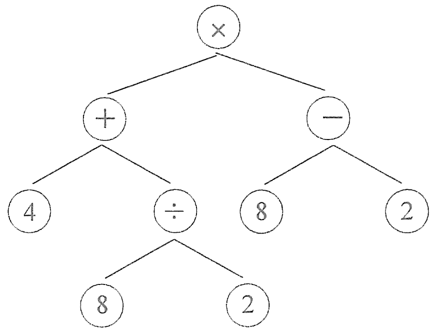
出典：[1] Mitchel Resnick, "*Turtles, Termites, and Traffic Jams: Explorations in Massively Parallel Microworlds*", The MIT Press, 1994, [2] L. A. Imhofa, D. Fudenbergb, M. A. Nowak, "Tit-for-tat or win-stay, lose-shift?", *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 247, pp. 74–580, 2007, [3] デイヴィッド・スローン・ウィルソン（中尾ゆかり訳），みんなの進化論，NHK 出版，2009, [4] 大野克嗣，非線形な世界，東京大学出版会，2009.

情３

［１］　節点の集合Vと，無向辺の集合Eからなる，木　$T=(V,\ E)$の，主なトラバース（なぞり，たどり）には，前順，中順，後順が提案されている。下の木を計算木としてみる。

１）計算木を中順でトラバースしたときの式と，その式を，乗除演算が加減演算に優先する中間置記法の式として，計算を行った結果の値を求めよ。

２）計算木を後順でトラバースしたときの式と，その式を，後置記法の式として，計算を行った結果の値を求めよ。



［２］　節点の集合V，非負のコストをラベルとして持つ無向辺の集合Eからなる，グラフ　$G=(V,\ E)$を取り上げ，節点xとyを結び，コストcを持つ辺を（x，y，c），もしくは，（y，x，c）と表す。経路とは，出発点から，節点を介してつながった，０本以上の辺の列であるとする。また，総和コストとは，経路に含まれる辺のコストの総和とする。

１）全部でn個の節点に，１からnの番号が付けられているとしよう。１番の節点を，経路に関する総和コストがゼロの出発点とする。出発点から順に，総和コスト最小の経路を通り到達できる節点を選択して木を構成しながら，出発点から任意の節点に至る総和コストが最小となる経路（各経路は，必ずしも全節点を経由する必要はない）を求めるための，ダイクストラのアルゴリズムの概要を示せ。

２）$V=\{\ a,\ b,\ c,\ d,\ e,\ f,\ g\ \}$，

$E=\{\ (a,\ b,\ 4),\ (a,\ c,\ 2),\ (b,\ c,\ 1),\ (b,\ d,\ 2),\ (c,\ f,\ 2),$
$(d,\ e,\ 1),\ (d,\ g,\ 2),\ (e,\ f,\ 4),\ (e,\ g,\ 4)\ \}$

とする。

節点aを出発点として，総和コスト最小の経路を求める過程を，到達した節点が増えていく状態と，その状態での出発点から各節点への総和コストを示しながら，記述せよ。また，この過程から決定される，節点aから節点eへの経路の最小総和コストを示せ。

人1

日本列島では縄文時代以来イヌが家畜として飼育されてきた。このイヌについて,以下の点がどうであったかを述べなさい。

[1] 縄文時代のイヌの形質の特徴
[2] 縄文時代におけるイヌとヒトの関係とそれを推定した根拠
[3] 弥生時代のイヌの形質の特徴
[4] 弥生時代におけるイヌとヒトの関係とそれを推定した根拠

人２

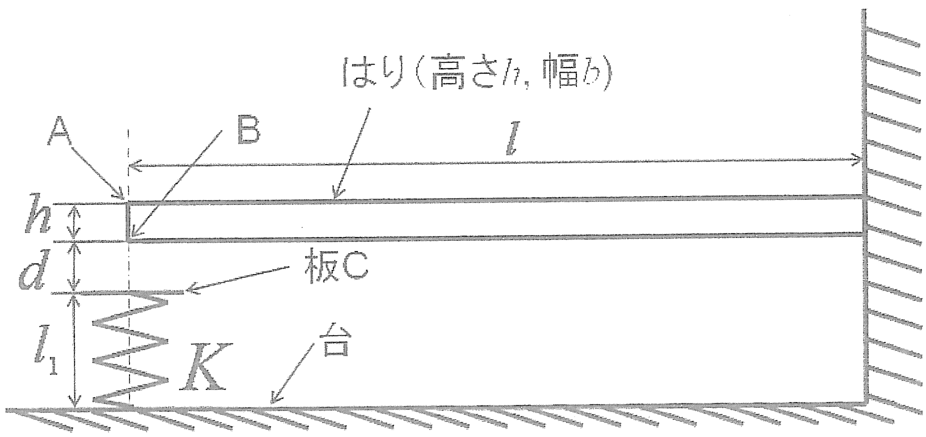
下記の２つの分析方法について,日本考古学における具体的な分析例を挙げて,その研究内容と研究史における意義を述べよ。

[1] AMS による年代測定
[2] 出土哺乳類の死亡時期査定

工1

図のような片持ちはりとばねで構成される装置がある。はりの上面の点 A を下向きに押すと，点 B と板 C が接触する。ばねの一端は台に固定され，もう一端には平らな板 C が接続されている。なお，点 B は板 C に接触しても水平方向の拘束は受けないものとする。また，ばねは鉛直方向の力に対してのみ変形し，その他の方向の力・モーメントを受けても変形しないものとする。はりのヤング率とばねのばね定数をそれぞれ E と K として，以下の問に答えよ。

[1]はりの断面は幅 b と高さ h の長方形とする。断面の図心を通り紙面に垂直な軸周りの断面二次モーメント I を b と h で表せ。
[2]点 A に力 F を下向きに作用させる。その力を受けてはりは変形をするものの，点 B が板 C に接触していない状態であるとする。このとき，はりの上面に発生する引っ張り応力の最大値はいくらか。また，それはどこで発生するか示せ。
[3]点 A に下向きに作用する力 F を 0 から次第に増加させて，点 B が板 C に接触した後も F を増加させるものとする。点 A の下方への移動量を u とするとき u と F の関係をグラフで示せ。なお，ばねは長さ l_2 より縮むことはできないものとする。



図

工2

[1] 三次元非粘性・非圧縮性流れはオイラーの運動方程式で記述されるが，定常流の場合には次式で表される。

$$
\left.
\begin{aligned}
u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}=X-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}\\
u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}=Y-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}\\
u\frac{\partial w}{\partial x}+v\frac{\partial w}{\partial y}+w\frac{\partial w}{\partial z}=Z-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}
\end{aligned}
\right\} \qquad \text{(A)}
$$

ここで，(x,y,z)は直交座標系，(u,v,w)は速度，(X,Y,Z)は単位質量あたりに作用する体積力，ρは密度，pは圧力である。

(1) 式(A)からベルヌイの式を導きなさい。

(2) ベルヌイの式を利用した流速測定法について述べなさい。ただし，数式や図を用いてもよい。

[2] 三次元非圧縮性流れについて，以下の問いに答えなさい。

(1) 渦度の定義を示しなさい。

(2) 速度ポテンシャルϕが存在する場合には，流れは非回転であることを示しなさい。

(3) 速度ポテンシャルϕはラプラス方程式を満たすことを示しなさい。

工 3

図１のように，ばね定数Kのばねと粘性係数Cのダンパが接続され，ダンパの一端が固定されている。ばねの右と左の端をそれぞれ点Ａと点Ｂとし，時刻０から時刻tの間で計測される点 Ａ と点 Ｂ の変位をそれぞれ$x(t)$と$y(t)$で表す（すなわち，$x(0)=0$および$y(0)=0$）。なお，ばねの質量，ダンパの質量および空気抵抗は無視できるものとする。

［１］ダンパに加わる力fをx，yおよびKで表せ。

［２］ダンパに加わる力fは次式から計算される。

$$f=C\frac{dy}{dt} \tag{1}$$

式(1)に[1]の結果を代入して，図１のばね-ダンパ系の微分方程式を完成せよ。

［３］xとyをそれぞれ入力と出力とするとき，このばね-ダンパ系の伝達関数$G(s)$を求めよ。

［４］入力を$x=\sin\omega t$とするとき，出力$y(t)$を求めよ。

［５］次式で表される要素$P(s)$を加えて，図２示すようなフィードバック制御系を構成した。

$$P(s)=\frac{3}{2s(s+1)} \tag{2}$$

$K=2$および$C=1$とするとき，この制御系のゲイン余有を求めよ。

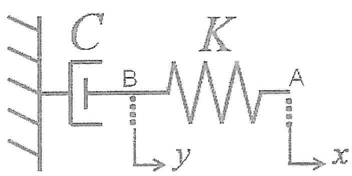


図１

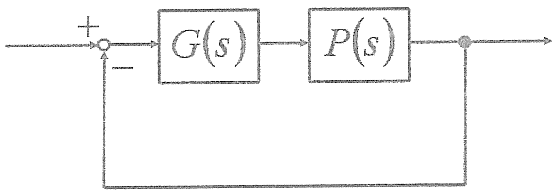


図２

（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	$sF(s)-f(0)$	$\int f(t)dt$	$\frac{F(s)}{s}+\frac{f^{(-1)}(0)}{s}$
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積分を表す。

プログラミング

最小値N、最大値Mのn個（n > 0）の整数を昇順に整列して格納した一次元配列がある。N≦k≦M を満たす整数kがこの配列の中に存在するかどうかを探索するC言語の関数searchを以下のように書いた。この関数はkが存在する場合は1、そうでない場合は0を返す。また、そのテストのためのmain関数を以下のように書いた。なお左端の番号は行番号を示すものでプログラムの一部ではない。

```
 1  #include <stdio.h>
 2
 3  int search( [ (a) ] n, [ (b) ] , [ (c) ] k ){
 4     int i,j,p;
 5     i = [ (d) ] ;
 6     j = [ (e) ] ;
 7     while( i <= j ){
 8        p = (i + j) / 2;
 9        if ( b[p] <= k ){
10           i = p + 1;
11        } else {
12           j = p - 1;
13        }
14     }
15     if( [ (f) ] ){
16        return 1;
17     } else {
18        return 0;
19     }
20  }
21
22  int main(){
23     int a[]={ 3,6,7,10,13,15,19 };
24     if( search( 7, a, 14 )){
25        printf( "14 is found in array a[].\n" );
26     } else {
27        printf( "14 is not found in array a[].\n" );
28     }
29     return 0;
30  }
```

このプログラムについて以下の問いに答えよ。

（1）$\boxed{\text{(a)}}$ から $\boxed{\text{(f)}}$ を埋めてプログラムを完成せよ。

（2）この探索法はどのような名前で呼ばれるか。

（3）このプログラムの実行において、行番号 8 は複数回実行される。それぞれ実行した後の i, j, p はどのような値になるか示せ。

（4）行番号 7 の while 文の b, i, j, k に関するループ不変式(loop invariants)を示せ。
（ヒント：最小値 N の左隣に-∞、最大値 M の右隣に+∞が存在するものと考える。）

（5）k が配列要素中の最小値から最大値の間の値であるという前提がない場合にはどのような問題が生じるか。また、それに対処するには $\boxed{\text{(f)}}$ をどのように変更すれば良いかを示せ。

（6）この探索法の計算量のオーダーを示せ。

（7）高速な探索法としてハッシュ探索がある。これはどのようなものか 300 文字以内 (or in 100 English words)で説明せよ。

論理的思考（クリティカルシンキング）

問 1. あるライブハウスのオーナーが，ある週に自分の店で行われるライブのスケジュールを組もうとしている．営業日は月，火，水，金，土曜日の５日であり，木曜日と日曜日は定休日である．このライブハウスはエスニック音楽を売り物にしており，ボサノバ，サンバ，ポルカ，シャンソンのミュージシャンと契約している．それぞれの営業日には前半，後半２つの演奏時間帯が設定されており，それぞれの演奏時間帯には上記４種類のうち１種類の音楽だけを演奏することにしていた．オーナーは，その週のスケジュールについて次のような方針を立てた．

a) 土曜日にはボサノバもサンバもやめておこう
b) １回だけシャンソンをやろう．それは前半にしよう．
c) ４回ポルカをやろう．そのうち１回は前半，３回は後半でやろう
d) ２回ボサノバをやろう．それは，２日続けて，どちらも後半にやることにしよう（ただし、たとえば水曜日と金曜日のように定休日を挟んだ場合は２日連続とはみなさないものとする）
e) もし月曜日にサンバをやるなら，火曜日にサンバをやるのはやめておこう
f) サンバを３回やろう．それらはすべて前半にやろう．

(1) 次の選択肢ア）ー オ）のうちには，以上の a) ー f) の６つの情報から，正しいと結論することのできるものが含まれている．それらはどれか選びなさい．また，どのように考えれば正解に達しうるかを，ア）ー オ）のすべてについてできるだけ体系的，かつ筋の通った仕方で記述しなさい．

ア）前半と後半ともにポルカをやる日が１日だけある
イ）サンバをやる日のうち少なくとも１日はボサノバも演奏される
ウ）ポルカをやる日のうち少なくとも１日はボサノバも演奏される
エ）ポルカをやる日のうち少なくとも１日はシャンソンも演奏される
オ）ボサノバをやる日のうち少なくとも１日はシャンソンも演奏される

(2) ボサノバが確実に演奏されると推論できるのは何曜日か．どのように考えれば正解に達しうるかも，できるだけ体系的，かつ筋の通った仕方で記述しなさい．

問 2. 心理学科の学部学生マイケル君は次のような実験を行った．被験者に，架空の人物の氏名と性別，得意科目の三点が書かれたカード計 36 枚を一枚当たり数秒間，次々と見せる．カードの内訳は次のようであった．また，順番の効果が影響しないように，カードを見せる順番は被験者によってまったくランダムに異なるように工夫した．

・性別が男性で得意科目が理系科目であるカード　18 枚
・性別が男性で得意科目が文系科目であるカード　6 枚
・性別が女性で得意科目が理系科目であるカード　9 枚
・性別が女性で得意科目が文系科目であるカード　3 枚

すべてのカードを見せ終わったのち，しばらくしてから，被験者に，男性，女性のそれぞれについてどのくらいの割合のカードに文系科目が得意と書かれていたかをたずねた．多数の被験者のほとんどすべてが，女性かつ得意科目が文系であるようなカードの割合を，男性かつ得意科目が文系であるようなカードの割合より有意に多めに見積もる傾向があることがわかった（実際はともに 25%であるにもかかわらず）．マイケル君

は，実験で見いだしたこの事実を，被験者はみな女性は文系が得意だという先入観をもっており，それに影響されて女性における文系が得意な者の割合を高く見積もってしまったのではないかという仮説を立てることで説明した．

（1）この実験結果を説明することのできる，マイケル君の仮説とは異なる仮説を１つ提案しなさい．

（2）あなたが（1）で提案した仮説と，マイケル君の仮説とどちらがより確からしいかを確かめるには上記の実験に加えてどのような実験を行えばよいか提案しなさい．また，その実験でどのような結果が出れば，あなたの仮説の方がより確からしいと言えるのかを解説しなさい．

問 3.　Crosby，Stills，Nash，Young の４人の生物学教師がいる．遺伝学，進化学，発生学，生化学の４科目について，誰がどれを担当できるかについて，次のことが分かっている．

a）誰もが何らかの科目を担当できるが４科目すべてを担当できる人はいない
b）遺伝学を担当できる人は１人しかいない
c）進化学を担当できるのはちょうど２人である
d）発生学を担当できるのはちょうど２人である
e）生化学を担当できるのはちょうど３人である
f）Crosby が担当できる科目はどれも，Nash にも Young にも担当できない
g）Crosby が担当できるのに Stills が担当できない科目はない

（1）さて，以下の命題のうち成り立ちうるものはどれか？どのように考えれば正解に達しうるかについてもできるだけ分かりやすく体系的に記述しなさい．

(i)　Nash は遺伝学，進化学，発生学を担当できるが生化学はできない
(ii)　Stills は進化学，発生学，生化学を担当できるが遺伝学はできない
(iii)　Young は進化学，発生学，生化学を担当できるが遺伝学はできない

（2）さらに，Nash が担当できないのは１科目だということが分かったとしよう．このとき，Nash が担当できると確実に結論できる科目があるのだが，それはどれか（ただし１つとは限らない）．どのように考えれば正解に達しうるかについてもできるだけ分かりやすく体系的に記述しなさい．