

平成 21 年度  
名古屋大学大学院情報科学研究所  
複 雜 系 科 学 専攻  
入 学 試 験 問 題  
専 門

平成 20 年 8 月 11 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 間である。  
このうち3科目を選択して解答せよ。なお、選択した科目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配属を希望する者は、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。
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

$n$ は2以上の自然数として以下の問[1]と[2]に答えよ。

[1]線形空間  $V$  に 1 次独立な元,  $v_1, v_2, \dots, v_n$  がある.  $v_i$  と  $v_j$  の内積を計算すると,

$$v_i \cdot v_j = \delta_{ij} = \begin{cases} 1 & (i=j) \\ 0 & (i \neq j) \end{cases} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \text{ となるとする。}$$

(1) 任意のベクトル  $V$  を次式のように  $v_1, v_2, \dots, v_n$  の線形結合で表すとき,

$$V = c_1 v_1 + c_2 v_2 + \dots + c_n v_n$$

係数  $c_i$  を求めるには,  $V$  と  $v_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) の内積を計算すればよいことを示せ。

(2)  $v_1, v_2, \dots, v_n$  から,  $n$  個の元  $v_1 + v_2, v_2 + v_3, \dots, v_n + v_1$  をつくるとき, 新しくつくられた  $n$  個の元が 1 次独立となるためには  $n$  が奇数と偶数のどちらになるべきか判定せよ。なお, その答えに至った根拠も示せ。

[2]  $n \times n$  直交行列  $A$  と  $B$  がある。

(1)  $AB$  が直交行列であることを示せ。

(2)  $A$  の行列式が 1 となることを示せ。

(3)  $A$  は  $n(n-1)/2$  個の独立なパラメータを持つことを示せ。

## 数2

変数  $x$  ( $0 \leq x \leq 2$ ) の関数  $f_1(x), f_2(x)$  が次の連立微分方程式を満足するものとする。

$$\begin{aligned}f_1''(x) + f_2'''(x) + f_1(x) - af_2'(x) &= 0 \\f_1''(x) - 2f_2'(x) + f_1(x) + 2af_2(x) &= 0 \\f_1'(0) = f_2(0) &= 1 \\f_1(0) &= 0 \\f_2'(0) &= a\end{aligned}$$

ここで、 $(\cdot)'$  は  $x$  についての微分を示す。また、 $a$  は実定数である。以下の問いに答えよ。

【1】連立微分方程式を解き、 $f_1(x), f_2(x)$  を  $x$  の関数として求めよ。

【2】関数  $g(x) = \max(f_1(x), f_2(x))$  の概略図を描け。ここで、関数  $\max(c_1, c_2)$  は  $c_1, c_2$  の大きい方を与える関数である。

【3】関数  $g(x)$  の最大値と、そのときの  $x$  の値を求めよ。

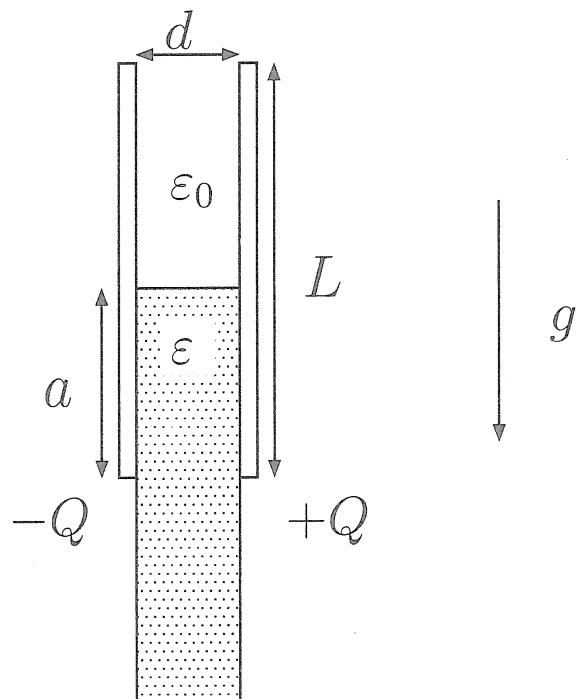
# 物 1

片方の端点を固定したバネ定数  $k$  のバネに付けられた質量  $m$  の質点が、自然長  $l_0$  から  $l$  まで、バネに抗する力で移動されて放された。「バネの張力は、自然長からわずかに移動する時、その変位に比例する」とする。

- [1] 自然長  $l_0$  から  $l$  までバネに抗する力でわずかに移動したときに、系にした仕事  $W$  を求めよ。
- [2] 時刻  $t$  における自然長  $l_0$  からの変位を  $x$  として、系のポテンシャルエネルギー  $U$  を求めよ。
- [3] 系の運動エネルギー  $T$  を求めよ。
- [4] 系のラグランジアン  $L(x, \dot{x}) = T - U$  を書き下し、  
オイラー・ラグランジュ方程式  $\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial x} = 0$   
により、この系の運動方程式を求めよ。
- [5] 長さ  $l$  で放したときを時刻  $t = 0$  とする初期条件で運動方程式を解いて、質点の運動  $x(t)$  を求めよ。
- [6] 質点の運動をグラフ（横軸  $t$ , 縦軸  $x$ ）に図示せよ。
- [7] ラグランジアン  $L(x, \dot{x})$  より、一般化運動量  $p \equiv \frac{\partial L}{\partial \dot{x}}$  を定義し、  
 $H(x, p) \equiv p\dot{x} - L(x, \dot{x})$  によってハミルトニアン  $H(x, p)$  を定義する。ハミルトニアンを求めよ。
- [8] [4] で求めたオイラー・ラグランジュ方程式（運動方程式）が、  
ハミルトン方程式  $\dot{p} = -\frac{\partial H}{\partial x}, \quad \dot{x} = \frac{\partial H}{\partial p}$   
と同等であることを示せ。
- [9] ハミルトニアン  $H$  は、運動方程式にしたがって系が変化するとき、保存量であることを示せ。
- [10] このときに、ハミルトニアン  $H$  は系の全エネルギー ( $T+U$ ) であることを示せ。
- [11] 系の全エネルギー  $E$  を求めよ。
- [12] この系の運動は位相空間  $(x, p)$  上でどう表されるか、その軌道を描き、時間変化の様子を矢印で図示せよ。

## 物 2

誘電率  $\epsilon_0$  の真空中に、一辺の長さが  $L$  の正方形の形をした平板コンデンサを距離  $d$  だけ離して平行に設置した。コンデンサの辺は重力に対して平行になっており、重力加速度の大きさを  $g$  とする。長さ  $d$  に対して  $L$  は十分長く、電場の漏れは無視できるものとする。



[1] コンデンサに電荷  $+Q$ ,  $-Q$  を与えた。この時、以下の間に答えよ。

- 1) コンデンサの電気容量  $C$  を求めよ。
- 2) コンデンサ内の電場の強さ  $E$  を求めよ。
- 3) コンデンサに蓄えられたエネルギー  $U$  を求めよ。

[2] 電荷を与えたコンデンサに誘電体を挿入する。誘電体は高さと奥行きが  $L$ 、幅が  $d$  であるような直方体の形をしており、誘電率が  $\epsilon$ 、質量は  $m$  である。コンデンサと誘電体の間の摩擦は無視できるとして、以下の間に答えよ。

- 1) 誘電体を下から長さ  $a$  だけ挿入した状態での電気容量を求めよ。
- 2) 手を離したとき、この誘電体は落ちずに止まっていた。この時  $a$  を求めよ。
- 3) 止まった状態の誘電体に上向きに小さい初速を与えると、この誘電体は振動をはじめた。振幅が小さく、運動が単振動とみなせるとして、この振動の振動数を求めよ。

## 物3

水素原子核が十分重く動かないとして、しかも電子は円運動をしていると考える。原子核からの動径距離を  $r$ , 電子の質量を  $m$ , 電子の電荷を  $-e$ (ただし  $e > 0$ ), 真空の誘電率を  $\epsilon_0$ , プランク定数を  $h$ ,  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$  とする。

[1] ボーアはエネルギーが高い極限では、対応原理により古典力学の法則が成立していると考えた。円運動での量子化条件は回転半径を  $a$ , 電子の運動量を  $p$  とすると,  $2\pi a p = nh$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) で与えられる。

その  $a$  の値を  $n$  の関数として求めなさい。

また,  $n = 1$  の場合の  $a$  の値はボーア半径  $a_0$  と呼ばれている。 $a_0$  の値と, そのときの電子の全エネルギー  $E_0$  を求めよ。

[2] 次に, 電子の球対称の波動関数を  $u(r)$  とする。それが満たすシュレディンガーファンクションは次式で表される。

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left\{ \frac{d^2 u(r)}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{du(r)}{dr} \right\} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} u(r) = Eu(r)$$

もし必要なら, 規格化条件  $4\pi \int_0^\infty u^*(r)u(r)r^2 dr = 1$  を用いてもよい。ただし,  $u^*(r)$  は  $u(r)$  の複素共役を表している。

- 1) 固有関数  $u(r)$  が,  $u(r) = Ne^{-Ar}$  で与えられる場合について, この固有関数のもう一つ固有エネルギー  $E$  と係数  $A$  を求めよ。
- 2) [2] の 1) で得られた  $E$  や  $A$  と, [1] で得られた  $E_0$  や  $a_0$  と比較してみなさい。

## 物 4

一様な磁場中に置かれている,  $\mu_i = \pm 1$  ( $i = 1, \dots, N$ ) の 2 つの状態をとる独立なスピン  $N$  個からなる系を考える。各スピンのエネルギーは  $-\mu_i H$  であるとし, スピン間に相互作用はなく, 系のエネルギーは  $E = -H \sum_{i=1}^N \mu_i$  で与えられる。この系が温度  $T$  の熱浴に接している時の, 平衡状態について議論しよう。なお,  $H > 0$  であり, ボルツマン定数を  $k_B$  とする。

[1] カノニカル分布によってこの系を取り扱い, 以下の間に答えよ。

- 1) この系の分配関数  $Z$  を計算せよ。
- 2) この系の内部エネルギー  $U$  を計算せよ。
- 3)  $M \equiv \left\langle \sum_{i=1}^N \mu_i \right\rangle$  で定義される, この系の磁化  $M$  を計算せよ。ただし,  $\langle \dots \rangle$  は熱平均(カノニカル平均)を表すものとする。

[2] 次のような操作により, 系が平衡状態に至ることが知られている。

- (a) スピンを  $\mu_i \rightarrow -\mu_i$  のように反転させるとし, この操作に伴う系のエネルギーの変化を  $\Delta E$  とする。 $\Delta E \leq 0$  の場合は反転を採用し,  $\Delta E > 0$  の場合は確率  $e^{-\Delta E/k_B T}$  で反転させるものとする。ただし, 1 回の操作で, ただ 1 つのスピンのみが操作の対象となる。
- (b) (a) で定義された操作を, 全てのスピンについて順番に 1 回ずつ行ったとき,これを「1ステップ」と定義する。以後, 1ステップを時間の単位とする。
- (c) この操作を無限ステップ繰り返す。

以下の間に答えよ。

- 1) 初期ステップ( $t = 0$ )で, 全てのスピンの状態が  $\mu_i = 1$  ( $i = 1, \dots, N$ ) であったとする。時刻  $t = 1$  における,  $\mu_i = 1$  の状態のスピン数の期待値と, 系のエネルギーの期待値を計算せよ。
- 2) 時刻  $t = n$  における  $\mu_i = 1$  の状態のスピン数の期待値を  $N_n^+$  とする。 $N_{n+1}^+$  を  $N_n^+$  を用いて表せ。
- 3)  $N_n^+$  は次のように表されることを証明せよ。

$$N_n^+ = N \left[ 1 + \sum_{l=1}^n \left( -e^{-2H/k_B T} \right)^l \right]$$

- 4) 無限ステップ後の系のエネルギーの期待値を計算し, [1] の  $U$  と一致することを示せ。

# 化 1

水素分子の分子軌道を求める。 $i$ 番目の水素原子の規格化された 1s軌道を $\chi_i$  とし、分子軌道が式(1)で表されるとする。ここで $C_i$ は軌道係数である。またそれらのクーロン積分、共鳴積分、重なり積分が式(2), (3), (4)で表されるとする。

$$\phi = C_1 \chi_1 + C_2 \chi_2 \quad (1)$$

$$\int \chi_1 h \chi_1 d\tau = \int \chi_2 h \chi_2 d\tau = \alpha < 0 \quad (2)$$

$$\int \chi_1 h \chi_2 d\tau = \beta < 0 \quad (3)$$

$$\int \chi_1 \chi_2 d\tau = S > 0 \quad (4)$$

[ 1 ] エネルギー期待値  $\varepsilon = \int \phi h \phi d\tau / \int \phi \phi d\tau$  を軌道係数、クーロン積分、共鳴積分、重なり積分を用いて表せ。

[ 2 ] 変分原理によると軌道係数は  $\partial \varepsilon / \partial C_1 = \partial \varepsilon / \partial C_2 = 0$  を満たす。この条件を整理し、分子軌道を求めるための永年方程式を導け。

[ 3 ] 2つの水素原子は等価なので、軌道係数は  $C_1^2 = C_2^2$  を満たす。これを用いて、結合性軌道と反結合性軌道の分子軌道のエネルギー、 $\varepsilon_1$  と  $\varepsilon_2$  を求めよ。

[ 4 ]  $H_2$  の電子が持つエネルギーは合計いくらか、分子軌道のエネルギーを用いて表せ。

[ 5 ] 下のグラフは、結合性軌道のエネルギーの逆符号 $-\varepsilon_1$ 、反結合性軌道のエネルギー $\varepsilon_2$ 、水素原子核間の反発エネルギー $U$ を、原子間距離 $R$ の関数として示したものである。分子の全エネルギーは、上で求めた電子のエネルギーと、核間反発エネルギーの和である。

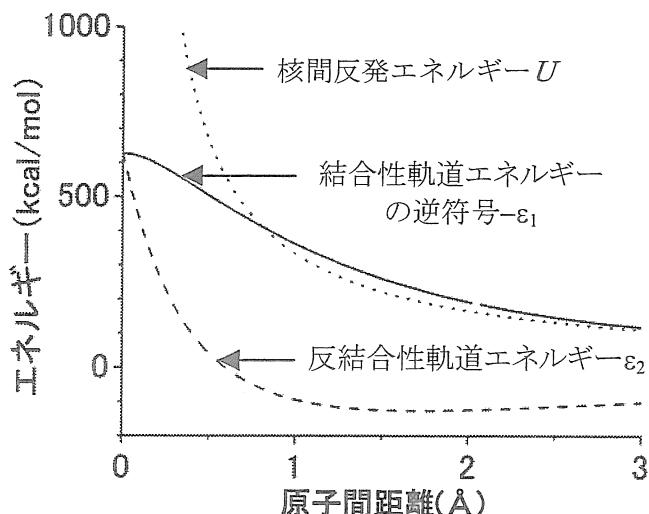
原子間距離が変わると、 $H_2^+$ と $H_2$ の全エネルギーはどう変わるか予想し、それぞれグラフを書け。また全エネルギーがゼロになる結合長をそれぞれ記せ。

但し次の事実を用いても良い。

$R < 0.29\text{\AA}$  では  $U > -2\varepsilon_1$

$0.29\text{\AA} < R < 0.80\text{\AA}$  では  $-2\varepsilon_1 > U > -\varepsilon_1$

$R > 0.80\text{\AA}$  では  $-\varepsilon_1 > U$



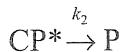
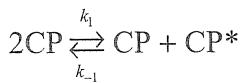
## 化2

次の文章を読んで設問[1]から[3]に答えよ。

シクロプロパン(CP)を初期圧力 700 / mmHg で時間  $t / \text{s}$  だけ放置すると、プロピレン(P)への異性化反応が起こり、シクロプロパンの分圧  $p / \text{mmHg}$  は次のように変化した。

$t / \text{s}$	80	100
$p / \text{mmHg}$	691	689

この異性化反応は、以下の (ア) 機構で進むと考えられる。



ここで  $\text{CP}^*$  は活性化された中間体である。プロピレンの生成速度は、中間体と二段目の反応速度定数  $k_2$  を用いて

$$\frac{d[\text{P}]}{dt} = k_2[\text{CP}^*]$$

と表わされる。同様に、中間体に関する反応速度式は、

$$\frac{d[\text{CP}^*]}{dt} = ( -A )$$

で与えられる。反応で一定濃度の中間体が形成されていると仮定する (イ) 近似を用いると以下である。

$$( -A ) \approx 0$$

中間体からプロピレンを生成する速度が非常に小さい時、この異性化はシクロプロパンの濃度に比例した (ウ) 反応のように振る舞い、その見かけの反応速度は素反応速度定数を用いて

$$\frac{d[\text{P}]}{dt} = ( -B )[ \text{CP} ]$$

で与えられる。

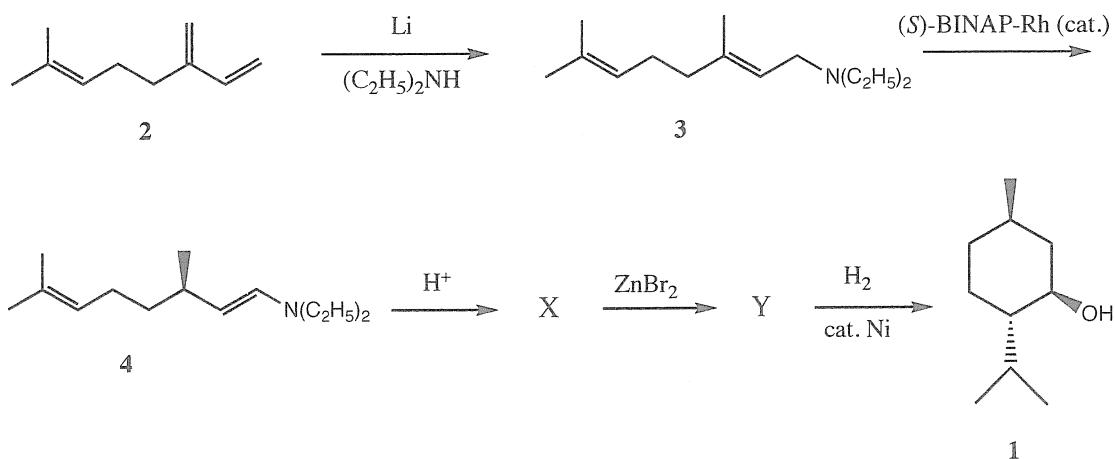
設問

- [1] (ア) から (ウ) に適切な語句を入れよ。
- [2] (A) と (B) に適切な数式を入れよ。
- [3] 反応はごく初期であると仮定して、実験結果から見かけの反応速度定数を有効数字2桁で求めよ。

## 化3

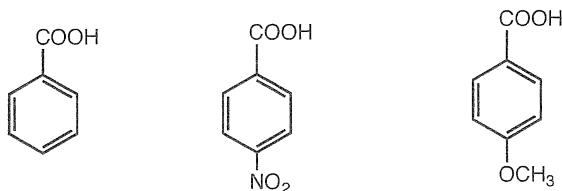
[1] *L*-メントール (**1**) は下記のスキームで工業的に合成されている。これについて以下の問い合わせに答えなさい。

- 1) **1** の不斉炭素について、その絶対立体配置を IUPAC 表示法で示しなさい。
- 2) 理論的には、メントールにはいくつの異性体が存在するか。
- 3) *L*-メントールの最安定コンフォメーションを書いて、この立体配座を取る理由を説明しなさい。
- 4) *L*-メントール以外の異性体はハッカのにおいを持たない。この理由を説明しなさい。
- 5) *L*-メントールは下記の経路で工業的に合成されている。化合物 **X** および **Y** の構造を書いて、**4** から **X**、および **X** から **Y** への反応経路についてそれぞれ説明しなさい。



[2] 有機酸について以下の問い合わせに答えなさい。

- 1) 下の有機酸を酸性が強い順に並べなさい。
- 2) その順になる理由を説明しなさい。



## 化4

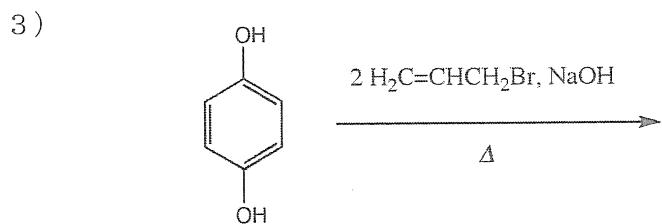
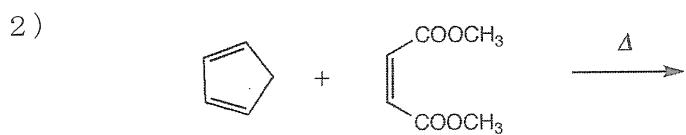
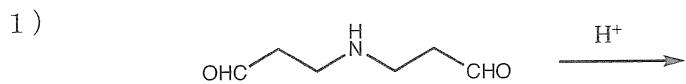
[1]  $\alpha$ -D-グルコピラノースの結晶を水に溶解させると、時間とともに旋光度が変わり一定の値になる変旋光という現象を示す。なぜこのようなことが起きるのかを説明しなさい。

[2] メタンの塩素化反応においては、最初メタンと塩素ガスの混合物を 300°C以上に加熱するか、紫外線を照射する必要がある。しかし、いったん反応が開始されるとジクロロメタン、トリクロロメタン、四塩化炭素が生成する。また、ごくわずかであるがエタンが得られる。これらの実験結果と下記の表のデータから、この反応がどのような経路で進み、また終了するのかについて熱力学的な面から考察し説明しなさい。

表. 種々の結合 (X-Y) における結合解離エネルギー (kcal/mol)

X	Y		
	-H	-CH <sub>3</sub>	-Cl
H-	104	105	103
CH <sub>3</sub> -	-	90	85
Cl-	-	-	58

[3] 次の反応の生成物を書きなさい。

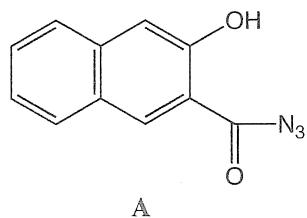


## 化5

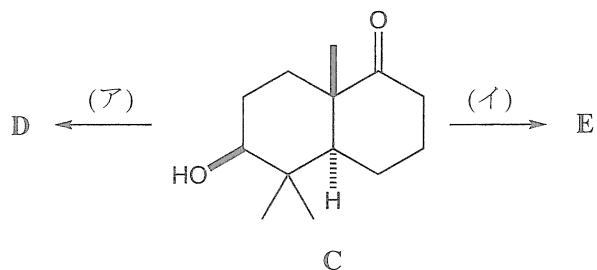
[1] アミノ酸に関する下記の問い合わせに答えよ。

- 1) アミノ酸の等電点について、グリシンを例にとって説明せよ。
- 2)  $\alpha$ -アミノ酸の合成法を、反応式とともに1つあげよ。必要に応じて、置換基としてRを用いてよい。

[2] 化合物Aを無水ベンゼン中で加熱したところ、分子式C<sub>11</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub>の結晶性化合物Bが主生成物として得られた。Bの構造式を、反応機構とともに示せ。



[3] 化合物Cをジクロロメタン中、(ア)mCPBA(*m*-クロロ過安息香酸)で処理したところ、Dが、(イ)CF<sub>3</sub>CO<sub>3</sub>H-CF<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>Hで処理したところ、Eが、それぞれ主生成物として得られた。DおよびEの構造式を、反応機構とともに示せ。



# 生1

細菌における転写開始についての下記の文を読み、問い合わせに答えよ。

転写の開始に先立ち（ア）と（イ）が結合する。こうして出来たRNAポリメラーゼの（ウ）は、（イ）が（エ）と呼ばれる塩基配列を認識することにより、プロモーター領域に安定に結合する。この（エ）は（オ）との位置関係に基づいて名付けられた配列で、コンセンサス配列とも呼ばれる。次に（オ）付近の二重鎖DNAが、やはり（イ）の働きにより二本の一重鎖DNAへと開裂する。この状態（ク）で、錆型鎖の（オ）の塩基に最初の（カ）が、一つ隣の塩基に二番目の（カ）が結合し、さらに、これら二つの（カ）の間で（キ）が形成されることにより、RNA合成が始まる。

[1] (ア)～(キ)に次の語群から適切な語を選んで入れよ。

[コア酵素、ホロ酵素、 $\rho$ (ロー)因子、 $\sigma$ (シグマ)因子、-10配列と-35配列、-100配列と-350配列、-1000配列と-3500配列、翻訳開始点、転写開始点、シャイン・ダルガーノ配列、リボヌクレオチド、デオキシリボヌクレオチド、ペプチド結合、ホスホジエステル結合、水素結合]

[2] 下線（ク）の状態を、次の三つの点がわかるように図に表せ。

- DNAと（ア）、（イ）、（エ）、（オ）、（カ）の位置関係。ただし、（カ）は錆型鎖の塩基に結合した状態で示すこと。
- それぞれの一重鎖DNAの方向性。
- この後のRNAポリメラーゼの移動方向。

[3] (イ)は、細胞の内外の状態に応じて特定の遺伝子群を選択的に発現させるための制御において中心的な役割を果たす。この制御の仕組みを簡潔に説明せよ。

[4] RNAポリメラーゼ以外のタンパク質が特定の塩基配列に結合し、RNAポリメラーゼの転写活性に働きかけることによって遺伝子発現が制御される例が知られる。転写活性化因子(transcriptional activator)と転写抑制因子(transcriptional repressor)とが関与する例をそれぞれ一つずつ説明せよ。

## 生2

以下の (a) ~ (c) の手法から 2つ選び、それぞれの目的、手順、原理を詳述せよ。図を用いても良い。

- (a) プラスミドをベクターとして用いた DNA クローニング
- (b) *in situ* ハイブリッド形成法による遺伝子発現解析
- (c) サザンブロッティング解析とノーザンブロッティング解析

## 生3

[1] 生体内でタンパク質が立体構造を形成する過程について、以下の単語を適切に用いて知るところを簡潔に述べよ。

シャペロニン、GroEL、mRNA、プロリン、リボソーム、ストレス、疎水性、システイン結合、GroES、熱ショック

[2] ユビキチンープロテアソーム系について、以下の単語を適切に用いて知るところを簡潔に述べよ。

ユビキチン、認識、プロテアソーム、ミスフォールド、リジン、ユビキチン化、ポリユビキチン化、脱ユビキチン化

# 地 1

偏光顕微鏡は地質試料に含まれる鉱物を鑑定する時によく用いられるが、偏光顕微鏡を用いた鉱物の観察について以下の間に答えよ。説明には図を用いてもよい。

- [ 1 ] 偏光顕微鏡の構造について、通常の実体顕微鏡と異なる点を中心にできるだけ詳しく説明せよ。
- [ 2 ] 鉱物は不透明鉱物を除き、光学的等方体と光学的異方体に大別できる。両者の違いについてできるだけ詳しく説明せよ。
- [ 3 ] 多色性と干渉色はいずれも鉱物像の色に着目する観察項目であるが、両者の違いについてできるだけ詳しく説明せよ。

## 地 2

G I S (地理情報システム) などで地図情報を取り扱う場合、地図データはベクトルデータとラスターデータに大別できる。両者の違いについて、以下の観点からできるだけ詳しく説明せよ。説明には図を用いてもよい。

- [ 1 ] データの構造はどのようにになっているか。
- [ 2 ] データの容量を最も左右する要因は何か。
- [ 3 ] 表示した地図を拡大・縮小する時の見栄えはどのように変化するか。
- [ 4 ] どのような用途に向いているか。

# 情 1

[1] C言語における、以下の用語またはプログラムの一部について説明せよ。

- 1) 条件演算子
- 2) `printf("%5i--->%+14.7e", a, b)`
- 3) プリプロセッサ

[2] 再帰的プログラミングを用いて、2つのベクトルの内積を計算する関数 `inprod` をC言語で作成した。2つのベクトルとそれらの要素数は、それぞれ配列変数 `a`, `b` と変数 `i` に代入される。関数 `inprod` と、それを用いる関数 `main` からなるプログラムを以下に示す。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 a[]={1,2,3}, b[]={100,10,1}, n=3;
    printf("%d\n", inprod( ____(2)____ ));
    return 0;
}
int inprod(int a[], int b[], int i){
    if( ____(3)____ ){
        return a[i-1]*b[i-1] ____(4)____ ;
    }else{
        return 0;
    }
}
```

[3] 素数判定を行う関数 `prim` をC言語で作成した。変数 `x` に値を受け取り、その変数の値が素数ならば1を、素数でなければ0を返す。ただし、変数 `x` は1より大きな整数とする。括弧内に入れるべき式、または式の一部を答えよ。

```
int prim( int x){
    int i, ____(1)____ ;
    for(i=2; i<x; i++){
        if( ____(2)____ ){
            label=0;
            return label;
        }
    }
    return label;
}
```

[4] 問[3]のプログラムの処理速度を向上するためには、どの箇所をどのように修正すればよいか論述せよ。

[5] 問[3]のプログラムを利用するための関数 `main` を作成せよ。この関数ではキーボードより変数 `y` へ1より大きな整数を読み込む。それを関数 `prim` に引き渡して、関数 `prim` の結果に応じて、変数 `y` が素数であれば”素数です。”、素数でなければ”素数ではありません。”と表示するようにせよ。

## 情 2

以下の4問から3問を選び、それぞれ、自分の言葉を用いて200字以内で答えよ。なお、参考までに、一部の英単語の典型的な意味を末尾に記す。

- [1] S. Wolfram は、セルオートマトンなどの単純なモデルを用いた、科学の新しい方法論を提唱している。それが従来の科学と決定的に違うところを次の文章に基づいて述べよ。

*In the existing sciences whenever a phenomenon is encountered that seems complex it is taken almost for granted that the phenomenon must be the result of some underlying mechanism that is itself complex. But my discovery that simple programs can produce great complexity makes it clear that this is not in fact correct.*

(S. Wolfram, "A New Kind of Science". Wolfram Press, 2002 より)

- [2] M. A. Nowak は、次の文章において、進化の根本的原理として、自然選択、突然変異に加えて、「(自然)協力」を加えるべきだと主張している。この文章に基づいて、その根拠を述べよ。

*The two fundamental principles of evolution are mutation and natural selection. But evolution is constructive because of cooperation. New levels of organization evolve when the competing units on the lower level begin to cooperate. Cooperation allows specialization and thereby promotes biological diversity. (中略) Thus, we might add "natural cooperation" as a third fundamental principle of evolution beside mutation and natural selection.*

(M. A. Nowak, "Five Rules for the Evolution of Cooperation", *Science*, Vol. 314. No. 5805, pp. 1560 - 1563, 2006 より)

- [3] S. Kirby は、次の文章において、言語がその言葉で表される（狭義の）「意味」だけではなく、言語のシステムそのものも伝えると指摘している。この指摘をわかりやすく言い換えた上で、言語のこのような特質が言語（システム）の進化につながる理由を述べよ。

*Language not only transmits semantic information, it also encodes information about its own construction. In other words, the linguistic system itself is, at least in part, transmitted culturally.*

(S. Kirby, "Major Transitions in the Evolution of Language", in "Evolution of Language", World Scientific, 2006 より)

- [4] 複雑系科学の方法論として構成論的アプローチがある。池上高志は、特に生命に対する構成論的アプローチの特徴が（力学系における）ある解軌道自体への注目にあることを次のように指摘している。まず、「創って理解する」という構成論的アプローチを簡単に説明した上で、ここでの池上の生命観や方法論的な特徴等について自由に述べよ。

構成論的なアプローチは一本の興味深い軌道を問題にすることが多いゆえに、すべてのパラメーターを調べて軌道の全体が作り出す性質、あるいは「ある振る舞い」がどのくらい可能かをみる、といった鳥瞰図的な態度と正反対なものを構成する。

(池上高志, 「動きが生命をつくる」, 青土社, 2007 より)

compete: 競合する, construction: 構文, 構造, constructive: 建設的, culturally: 文化的に, diversity: 多様性, encode: 記号化, 符号化する, encounter: 直面する, for granted: 当然のように, organization: 組織, 構成, promote: 促進する, semantic: 意味の, specialization: 特殊化, 特化, underlying: 基礎をなす

## 情 3

[ 1 ] 次の漸化式を用いて、重複を許さない組み合わせ、 $C(n, r) = n!/(r!(n-r)!)$ ，を考  
える。

$$\text{漸化式 1 : } C(n, r) = (n - r + 1)C(n, r - 1)/r$$

$$\text{漸化式 2 : } C(n, r) = C(n - 1, r) + C(n - 1, r - 1)$$

- 1) 漸化式 1 を用いて、組み合わせ  $C(n, r)$  を、再帰的に求める関数  $C1(n, r)$  のアル  
ゴリズムを示せ。
- 2) 上の 1) のアルゴリズムに従い、 $C(7, 3)$  の値を求める、計算過程を示せ。
- 3) 漸化式 2 を用いて、組み合わせ  $C(n, r)$  を、再帰的に求める関数  $C2(n, r)$  のアル  
ゴリズムを示せ。
- 4) 上の 3) のアルゴリズムに従い、 $C(7, 3)$  の値を求める、計算過程を示せ。

[ 2 ] 互いに異なる  $n$  個の数値を、小さい順に並べるために、単純なクイックソートを  
考える。

- 1) 整列対象の先頭にある要素をピボット（枢軸）として、クイックソートの考え方、もしくは、アルゴリズムを示せ。
- 2) クイックソートの計算量は、一般に、 $n \log(n)$  とされるが、場合によっては、  
異なるオーダの計算量となる。すでに小さい順に並べられている  $n$  個の数値列  
に、上の 1) の方法を適用するとき、数値の比較を行う回数のオーダを見積も  
れ。

# 人 1

縄文時代に見られる北方からの影響を示す遺物を 2 種類あげて、それらの分布状況および縄文文化の中で持っている意味について述べなさい。

## 人2

遺跡から出土した貝類の採集季節推定方法について説明し、日本においては具体的にどのような種でどのような分析・研究が行われているか述べなさい。

# 工 1

内圧  $p$  を受ける容器に作用する応力に関する以下の設問に答えよ。いずれの設問においても  $p=2 \text{ MPa}$  とせよ。

(注) 寸法単位は mm とし、内圧は正圧を正、応力は引張りを正、圧縮を負とし、大気圧は無視できるものとせよ。

[1] 図 1 に示すように鋼製容器の寸法は内径  $2r_1=200 \text{ mm}$ , 内部高さ  $h=200 \text{ mm}$ , 壁厚  $t_1=5 \text{ mm}$  とする。また、上下は鋼製剛体円板で蓋をされている。

(1-1) 内圧  $p$  による外力と周方向応力  $\sigma_{\theta,1}$  の内力の間のつりあい式を書け。

(1-2) 具体的な数値を代入して  $\sigma_{\theta,1}$  の値を求めよ。

(1-3) 内圧  $p$  による外力と軸方向応力  $\sigma_{z,1}$  の内力の間のつりあい式を書け。

(1-4) 具体的な数値を代入して  $\sigma_{z,1}$  の値を求めよ。

[2] 図 2 に示すように図 1 の鋼円管の中にさらに銅円管がある二重円管の間で内圧  $p$  を受けている。銅円管の寸法は外径  $2r_2=100 \text{ mm}$ , 壁厚  $t_2=10 \text{ mm}$  とする。また、鋼、銅の縦弾性係数  $E_1, E_2$  を  $200 \text{ GPa}, 100 \text{ GPa}$  とせよ。

(2-1) 内圧  $p$  による外力と銅円管の周方向応力  $\sigma_{\theta,2}$  の内力の間のつりあい式を書け。

(2-2) 具体的な数値を代入して  $\sigma_{\theta,2}$  の値を求めよ。

(2-3) 内圧  $p$  による外力と鋼管の軸方向応力  $\sigma_{z,2}$  および銅円管の軸方向応力  $\sigma_{z,3}$  の内力の間のつりあい式を書け。

(2-4) 二重円管の軸方向の変形量  $\lambda$  を  $\sigma_{z,2}$  および  $\sigma_{z,3}$  で与える式を書け。

(2-5) 上の(2-3), (2-4)の連立方程式を解き、 $\sigma_{z,2}$  および  $\sigma_{z,3}$  を求めよ。

(2-6) 具体的な数値を代入して  $\sigma_{z,2}$  および  $\sigma_{z,3}$  の値を求めよ。

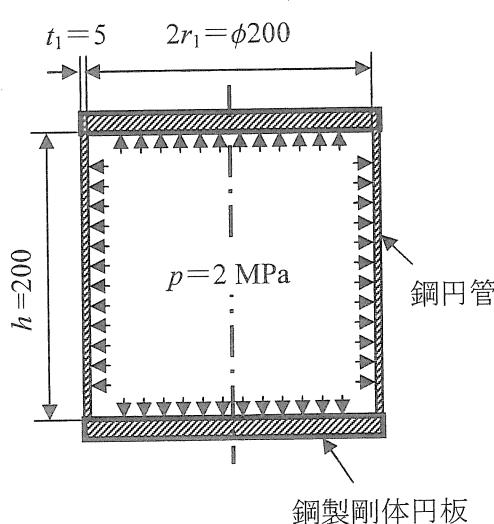


図 1

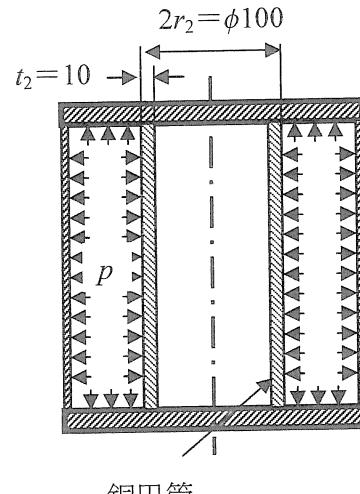


図 2

## 工 2

[1] 二次元非圧縮性流れについて、以下の問い合わせに答えなさい。

- (1) 連続の式を導きなさい。
- (2) 渦度の定義を示したのち、流れが渦なしの場合には、流れ関数  $\psi$  はラプラス方程式を満たすことを示しなさい。

[2] 以下の用語について、それぞれ 100 字以内で説明しなさい。

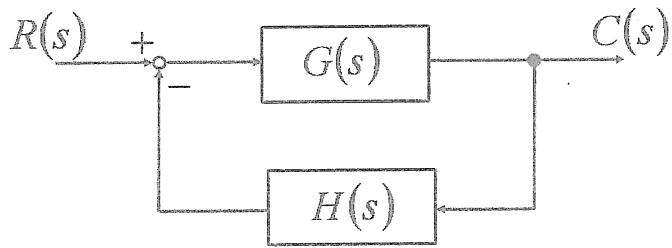
ただし、数式や図を用いてもよい。

- (1) レイノルズ数
- (2) 循環
- (3) 速度ポテンシャル
- (4) ベルヌイの式
- (5) ピト一管

## 工3

[1]伝達関数  $\frac{3s^3 + 7s^2 + 9s + 6}{s^4 + 3s^3 + 2s^2}$  にインパルス入力が与えられるとき、出力を時間  $t$  の関数で表せ。

[2]以下の図に示すフィードバック制御系について考える。下の図中で  $G(s) = \frac{1}{s(s+1)}$  および  $H(s) = \frac{k}{s+2}$  とするとき、以下の設問に答えよ。



(1) 開ループ伝達関数を求めよ。

(2) 開ループ伝達関数のベクトル軌跡の略図を描け。

(3) ナイキストの安定判別法を用いて、フィードバック制御系が安定となるための  $k$  の範囲を求めよ。

(4)  $k=1$  のときのゲイン余有を求めよ。

(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

以下に示す C 言語プログラム中の関数 quick\_sort は、クイックソートアルゴリズムにより、ポインタの配列 a の left 番目から right 番目までの要素を、比較関数 compare が定める順序によりソートする関数である。(行頭の数字は行番号を表し、プログラムには含まれない。)

ここで、配列の添字 (index) は 0 から始まるものとし、配列の最初の要素を 0 番目の要素と呼ぶ。

### quick\_sort.h

```
1     typedef int BOOL;
2
3     #define TRUE 1
4     #define FALSE 0
5
6     extern void quick_sort(void *a[], int left, int right,
7                           BOOL compare(void *, void *));
```

### quick\_sort.c

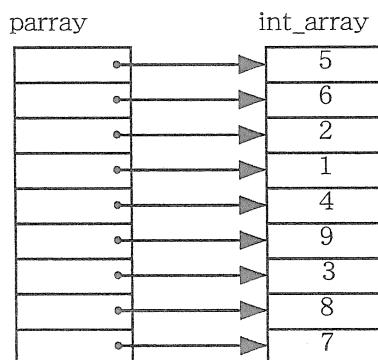
```
8     #include "quick_sort.h"
9
10    void quick_sort(void *a[], int left, int right,
11                      BOOL compare(void *, void *))
12    {
13        void *p, *t;
14        int i, j;
15
16        p = a[(left + right) / 2];
17        i = left;
18        j = right;
19        while (i <= j) {
20            while (compare(a[i], p)) i = i + 1;
21            while (compare(p, a[j])) j = j - 1;
22            if (i >= j) break;
23            t = a[i];
24            a[i] = a[j];
25            a[j] = t;
26            i = i + 1;
27            j = j - 1;
28        }
29        if (left < i - 1) quick_sort(a, left, i - 1, compare);
30        if (j + 1 < right) quick_sort(a, j + 1, right, compare);
31    }
```

関数 quick\_sort を用いて、9つの整数値をソートして表示するプログラムを、次のように作成した。

main.c

```
32 #include <stdio.h>
33 #include "quick_sort.h"
34
35 BOOL int_compare(int *a, int *b)
36 {
37     if (*a < *b) return(TRUE);
38     else return(FALSE);
39 }
40
41 int int_array[9] = { 5, 6, 2, 1, 4, 9, 3, 8, 7 };
42 int *parray[9];
43
44 main()
45 {
46     int i;
47
48     for (i = 0; i < 9; i++) {
49         pararray[i] = &int_array[i];
50     }
51     quick_sort(parray, 0, 8, int_compare);
52     for (i = 0; i < 9; i++) {
53         printf("%d\n", *(parray[i]));
54     }
55 }
```

- (1) このプログラムは、与えられた整数値をどのような順序にソートするか。また、ソートする順序を逆にするには、main.c をどのように修正すればよいか。
- (2) このプログラム（前問で修正する前のプログラム）が最初に関数 quick\_sort を呼ぶ時の配列 parray および配列 int\_array を図示したものを下に示す。これを参考に、プログラムが最初に 29 行目を実行する直前および最初に 30 行目を実行する直前の配列 parray および配列 int\_array を下に示す形式で図示せよ。



- (3) 学生の学籍番号 (id フィールド), 氏名 (name フィールド), 成績 (score フィールド) を管理するための構造体型 student を下のように定義した. 関数 quick\_sort を用いて, 構造体型 student の値を, 成績の高い順 (成績が同じ学生の間では, 学籍番号の小さい順) にソートするために用いる比較関数 student\_compare を完成させよ.

```
56     typedef struct {
57         int      id;
58         char    *name;
59         int      score;
60     } student;
61
62     BOOL student_compare(student *a, student *b)
63     {
64
65         . . .
66
67     }
```

- (4) 関数 quick\_sort の問題点として, 型の整合性 (consistency) がチェックできないことが挙げられる. この問題により不具合が生じるのは, 関数 quick\_sort をどのように呼び出した場合か述べよ.

また, 関数 quick\_sort を型の整合性がとれていない状況で呼び出した結果, 関数 quick\_sort 中で不正なメモリアドレスに対するアクセスが発生し, プログラムの実行が中断される可能性がある. 不正なメモリアドレスに対するアクセスが発生する理由を具体的に説明せよ.

# 論理的思考 (Critical Thinking)

次のすべての問題に解答しなさい。

問1. パーティの余興で、次のようなゲームを行った。3つの箱、A, B, Cを用意して、どれか1つの箱にチョコレート、もう1つの箱には山盛りのワサビ、3つめの箱には山盛りのカラシを入れておく。もちろん、箱の中身は見えない。その上で、それぞれの箱のふたの上に、中身を推測する手がかりになるような張り紙をしておく。箱A, B, Cのふたにはそれぞれ、次のような張り紙がなされた。

- 箱A) 箱Bにはチョコレートが入っている
- 箱B) 箱Cにはカラシが入っている
- 箱C) この箱にはワサビは入っていない

さらに、ヒントとして次が参加者に伝えられた。

【ヒント】チョコレートの入っている箱にはウソの張り紙がしてある。ワサビの入っている箱の張り紙には正しいことが書いてある。カラシが入っている箱に張ってある紙には本当のこと書かれているかも知れないし、ウソが書かれているかも知れない。

ゲームの参加者は1つの箱を選んで、その中身を食べなければならぬ。

- (1) 参加者に伝えられた【ヒント】は正しいものとしよう。このとき、箱A, B, Cの中身はそれぞれ何と推測できるか。
- (2) 問題(1)において、自分がどのような思考過程を経て解に達したかを、できるだけ詳細、かつ筋の通った仕方で記述しなさい。

問2. 以下の記述を読み問題に答えよ。

生物学の歴史においては、「自然発生説」という学説があった。これは、現在の地球上に通常見られる条件の下でも、無生物から自然に生物が発生することがありうるとする説である。すでに17世紀には、肉眼で見える生物の自然発生は否定されていたが、顕微鏡の発明とともにあって微生物の存在が発見されると、微生物に関しては自然発生がありうるのではなかろうか、という具合に自然発生説が再び勢いを取り戻した。1748年に、イギリスのニーダムとフランスのビュフォンは、羊肉からとったスープをフ拉斯コに入れ煮沸消毒したのち、外から微生物の胞子が入ってこないように栓をして放置したところ、数日後にはスープの中に多数の微生物が確認された。このことから両者は、微生物については自然発生がありうると結論した。

これに対しイタリアのスパランツァーニは、ニーダムとビュフォンの実験を批判し、次のような追試を行った。フラスコに羊肉汁を入れニーダムとビュフォンの実験よりもはるかに長時間煮沸し、しっかりと栓をした。これを数日間放置後に観察しても微生物は生じていなかつた。この実験により、スパランツァーニは自然発生を否定した。

しかし、自然発生肯定派も負けてはいなかつた。彼らはいくつかの点でスパランツァーニの実験は決定的なものではないと批判した。さて、ここでパスツールの出番である。パスツールは、スパランツァーニと同様のやり方で煮沸消毒し、固く栓をした羊肉汁入りフラスコを、空気のきれいなモンブラン山の山頂付近までもっていき、そこで栓を抜いて経過を観察するという実験を行つた。

(1) スパランツァーニは、ニーダムとビュフォンの実験のどういう点に欠点があると考えて追試を行つたのか。スパランツァーニが行つた実験の記述から推定して答えよ。

(2) 自然発生説肯定派はスパランツァーニの実験結果に納得しなかつたとあるが、自然発生説肯定派ならばどのような可能性を挙げて、スパランツァーニの実験は決定的なものではないと主張できるだろうか。考えられるだけ挙げよ。

(3) パスツールは、何を確かめようとして、はるばるモンブラン山までフラスコをもつていつて実験をしたと考えられるだろうか。自然発生説肯定派によるスパランツァーニの批判を踏まえて答えよ。

問3. ある輸入食料品店では、ジャム、紅茶、ビスケット、オリーブ油の4品目の通信販売を始めたこととした。ウェブサイトを通じて複数の常連客に注文を募つたところ、次の4つのことわかった。

- a) ジャムもビスケットも注文しなかつた客はいない
- b) ビスケットを注文した客はみなオリーブ油も注文している
- c) ジャムを注文した客はみな紅茶も注文している
- d) 4品目のうちどの商品にも、注文した客と注文しなかつた客がいる

(1) 次の選択肢のうちには、以上のa) ~d) の情報から、正しいと結論することのできないものが含まれている。それらはどれか。すべてを選びなさい。

- ア) オリーブ油と紅茶を注文した客がいる
- イ) 3品目以上を注文した客がいる
- ウ) ジャムと紅茶だけを注文した客がいる
- エ) 紅茶・ビスケットの両方を注文した客は、みなオリーブ油も注文している
- オ) 紅茶を注文した客はみなジャムも注文している

(2) 問題(1)において、自分がどのような思考過程を経て解に達したかを、ア) ~ オ) のすべてについてできるだけ詳細、かつ筋の通った仕方で記述しなさい。