

2021年10月入学

2022年 4月入学

東京農工大学大学院

生物システム応用科学府

生物機能システム科学専攻博士前期課程（修士）

食料エネルギーシステム科学専攻一貫制博士課程

入学試験問題（基礎）

- | | | |
|------------|-----------|-----------------|
| 1. 解析学 | 2. 線形代数学 | 3. フーリエ及びラプラス変換 |
| 4. 確率及び統計学 | 5. 力学 | 6. 電磁気学 |
| 7. 光学及び波動 | 8. 情報基礎 | 9. 物理化学 |
| 10. 有機化学 | 11. 無機化学 | 12. 分析化学 |
| 13. 分子生物学 | 14. 細胞生物学 | 15. 生理・生化学 |
| 16. 生態学 | | |

（注意事項）

1. 以上16題の中から任意の4題を選択し，解答すること。
2. 解答は問題ごとに別々の解答用紙に記入すること。
3. 受験番号と問題番号を解答用紙の所定欄に必ず記入すること。

1. (解析学)

次の微分方程式の一般解を求めよ。なお、解の導出過程も記述すること。

$$(1) \frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = \frac{3x^2}{y^3} \quad (x > 0)$$

$$(2) \frac{d^3y}{dx^3} - 5 \frac{d^2y}{dx^2} + 8 \frac{dy}{dx} - 4y = x + e^x$$

2. (線形代数学)

3 次の正方行列

$$A = \begin{pmatrix} 4 & -1 & 1 \\ -1 & 4 & -1 \\ 1 & -1 & 4 \end{pmatrix}$$

について、以下の問いに答えよ。ただし、答えを導く過程も記すこと。

- (1) 行列 A の固有値を求めよ。
- (2) (1)で求めた固有値に対する固有ベクトルを求めよ。
- (3) 行列 A を対角化する変換行列 P を、ひとつ求めよ。
- (4) (3)で求めた変換行列 P を用いて、行列 A を対角化せよ。

3. (フーリエ及びラプラス変換)

以下の問いに答えよ。ただし、答えを導く過程も示すこと。

(1) 次の関数をフーリエ級数に展開せよ。

$$f(x) = \begin{cases} 0 & (-\pi \leq x \leq 0) \\ \sin x & (0 < x \leq \pi) \end{cases}$$

(2) ラプラス変換を利用して、次の微分方程式の解を求めよ。

$$\frac{d^2y}{dx^2} + 2\frac{dy}{dx} + y = \sin x$$

(ただし、 $y(0) = 0, \frac{dy}{dx}|_{x=0} = 1$)

4. (確率及び統計学)

以下の問いに答えよ. 答えだけでなく答えを導く過程も示すこと.

- (1) 2人で1から6までの数字が書かれた6面体サイコロを1回ずつ投げ, 出た数が大きい方を勝者とするゲームを考える. 同じ数が出た場合には再び1回ずつ投げる. 以下の問いに答えよ.
- (i) 1回で勝敗が決まらない確率を求めよ.
 - (ii) 3回以内で勝敗が決する確率を求めよ.
 - (iii) 勝敗が決まるまでに投げる回数の期待値を求めよ.

ただし, $\frac{1}{(1-x)^2} = \sum_{k=1}^{\infty} kx^{k-1}$ ($|x| < 1$) という性質を用いてよい.

- (2) X と Y がそれぞれ連続確率変数である場合の同時確率密度関数 $f_{X,Y}(x,y)$ が次式で表されるとき, 以下の問いに答えよ.

$$f_{X,Y}(x,y) = \begin{cases} 2xy + x & (0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1) \\ 0 & (\text{上記以外}) \end{cases}$$

- (i) X と Y それぞれの周辺確率密度関数 $f_X(x)$ および $f_Y(y)$ を求めよ.
- (ii) X と Y それぞれの期待値 $E(X)$ および $E(Y)$ を求めよ.
- (iii) X と Y の共分散 $Cov(X,Y)$ を求めよ.

5. (力学)

長さ l 、質量 M で太さが無視できる一様な細い剛体棒が図1のように水平面上に鉛直に静止している。水平面と接している点を O とし、 x 軸と y 軸を図のように定義する。 x 軸の正の方向に無視できる微小な速度を与えたところ、接する点が O から動くことなく、棒は倒れた。重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。ただし、空気抵抗は無視してよい。なお、答えを導く過程を記すこと。

- (1) 点 O を通り、 xy 平面に直交する軸に対する、棒の慣性モーメント I が $I = \frac{1}{3}Ml^2$ となることを示せ。

- (2) 図2のように角度 θ を定義した時、はじめ θ はゼロであり、徐々に増加した。点 O 周りの回転に関する運動方程式を角加速度 $\ddot{\theta}$ および θ, M, g, l を用いて示せ。

- (3) 角速度 $\dot{\theta}$ の時、エネルギー保存則より

$$\dot{\theta}^2 = \frac{3g}{l}(1 - \cos \theta)$$

が成り立つことを示せ。

- (4) 剛体の重心 (x, y) に対する x 軸方向および y 軸方向の運動方程式を重心の加速度 \ddot{x}, \ddot{y} 、剛体に働く水平面からの垂直抗力の大きさ N 、摩擦力の大きさ F 、および g, M を用いてそれぞれ示せ。(それぞれの力の向きと x 軸、 y 軸の正の方向に注意せよ。)
- (5) \ddot{x}, \ddot{y} を $l, \theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}$ を用いて、それぞれ示せ。
- (6) 垂直抗力の大きさ N および摩擦力の大きさ F を θ, M, g を用いて示せ。

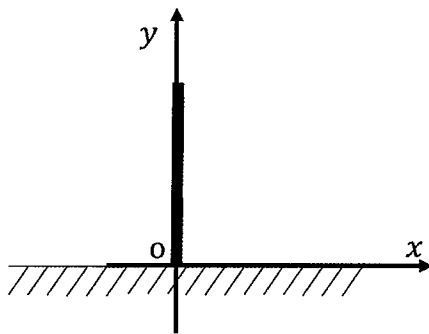


図1

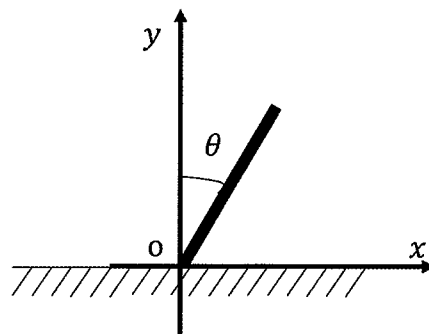


図2

6. (電磁気学)

真空中に置かれた面積 S [m^2], 抵抗 R [Ω]の N 回巻コイルが, 空間的に一様な磁界の中で, 磁界と直交する軸のまわりに角速度 ω [rad/s]で回転している (図 1, 2). 磁界の強さ H [A/m]が $H = H_0 \sin(\omega t + \varphi)$ と時間変化するとき, 磁気定数 (真空の透磁率) を μ_0 [H/m], ある時刻 t [s]においてコイルの面の法線が磁界の方向となす角を $\theta = \omega t$ [rad]として, 以下の問いに答えよ. ただし, H_0 と φ は定数である. 答えには, 数字と, $\mu_0, H_0, S, R, N, \omega, t, \varphi$ だけを用いること. 必要であれば, 以下の公式を用いてよい.

$$\sin \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \{ \sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta) \}$$

- (1) 鎖交磁束 Φ [Wb]を求めよ.
- (2) 誘導電流 I [A]を求めよ.
- (3) $\varphi = 0$ として, コイルが $\theta = 0$ から $\theta = \pi/2$ まで回転したときに正味移動する電気量 Q [C]を求めよ. 答えを導出する過程も示すこと.

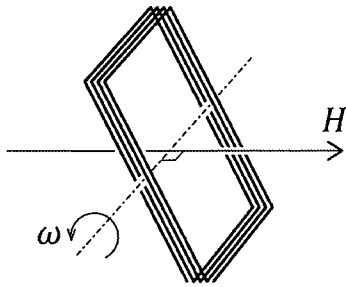


図 1

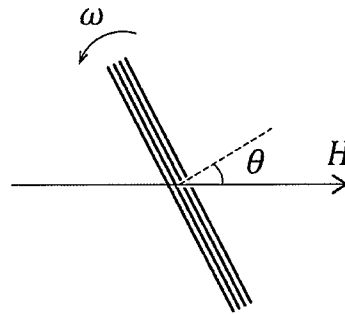
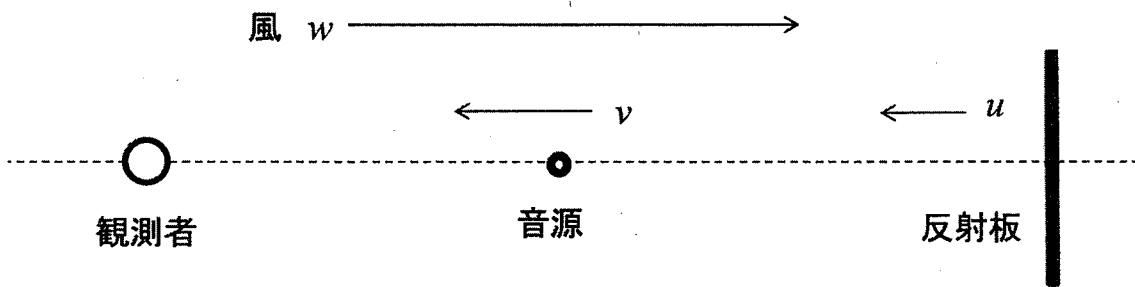


図 2

7. (光学及び波動)

図のように静止している観測者に対し、振動数 f [Hz] の音波を発する点音源が直線に沿って左方に速度 v [m/s] で移動している。音源の右方には反射板があり、音源と同じ方向に速度 u [m/s] で移動している。反射板は、その移動方向に対して垂直を維持している。また、音源と反射板の移動方向と逆方向に一定の風速 w [m/s] で風が吹いている。音速を c [m/s] とし ($c > v, c > u$ とする)、観測者、音源、反射板はそれぞれお互いに衝突しないとする。



- (1) 音源から左方へ出た音波が観測者に達したとき、観測者が受ける音波（直接音）の振動数 f_1 [Hz] を、 f, c, u, v, w を用いて求めよ。
- (2) 音源から右方へ出た音波が反射板に達したとき、反射板が受ける音波の振動数 f_2 [Hz] を、 f, c, u, v, w を用いて求めよ。
- (3) この反射板を新しい音源と見なす。反射板で反射した音波が観測者に達したとき、観測者が受ける音波（反射音）の振動数 f_3 [Hz] を、 f, c, u, v, w を用いて求めよ。
- (4) 観測者に達する直接音と反射音が、うなりを生じないための条件を求めよ。

8. (情報基礎)

以下の問いに答えよ。

- (1) 図1のように遷移する単純マルコフ情報源 X がある。分数は既約分数で表し、対数に関しては最も簡単な形 (例: $\log_2 15$ を $\log_2 3 + \log_2 5$ とする) に変形せよ。答えだけでなく答えを導く過程も示すこと。
- (i) 状態 0, 1, 2 それぞれの定常確率を求めよ。
- (ii) 情報源 X のエントロピー $H_1(X)$ を求めよ。

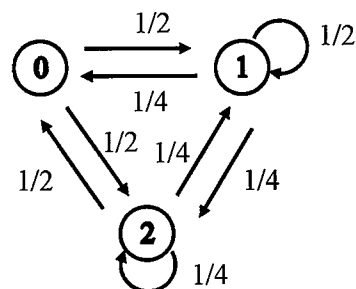


図1 単純マルコフ情報源 X

- (2) ユークリッドの互除法により、キーボードから入力された2つの自然数の最大公約数(GCD)を求めるC言語プログラムを考える。図2中の関数 `gcd` を再帰関数により実現してプログラムを完成せよ。

ユークリッドの互除法

2つの自然数を a, b ($a \geq b$) としたとき、

a を b で割った余りが0ならば最大公約数は b となり、

そうでなければ、最大公約数は a を b で割った余りと b の最大公約数に等しくなる。

```
#include <stdio.h>

int gcd(int i, int j);

int main(void) {
    int x, y;
    printf("Enter two number: e.g., X Y\n");
    scanf("%d %d", &x, &y);
    printf("GCD = %d\n", gcd(x, y));
    return 0;
}
```

図2 ユークリッドの互除法により2つの自然数の最大公約数を求めるプログラム

9. (物理化学)

(1) 以下の問いに答えよ。ただし、気体定数 R とする。必要であれば指数・対数はそのまま用いてよい。また答えを導く過程も記せ。

(i) 膨脹以外の仕事をしない閉鎖系について、以下の問いに答えよ。

(a) $dG = Vdp - SdT$ が成り立つことを示せ。ただし、 T , V , p , S , G はそれぞれ、温度、体積、圧力、エントロピー、ギブスエネルギーである。

(b) 物質量 n の理想気体が温度 T で圧力 p_1 から p_2 まで等温可逆変化した。このときギブスエネルギー変化 ΔG を求めよ。

(c) 温度 T が一定の条件では、圧力 p の単一成分の理想気体の化学ポテンシャル μ は標準圧力 p° 、標準化学ポテンシャル μ° を用いてどのように表されるか。問(i)(b)の ΔG の式を用いて μ の式を求めよ。

(ii) ある容器は隔壁で二つの同じ体積 V の室に区切られている。一方の室には物質量 n の理想気体 A が、他方の室には物質量 $3n$ の理想気体 B が、それぞれ入っている。隔壁を外した後、平衡状態となった。ただし、この過程で温度 T は一定とする。このときの以下の問いに答えよ。答えは n , T , R , V から必要なものを用いて答えよ。

(a) 混合ギブスエネルギー変化 $\Delta_{mix}G$ を求めよ。

(b) 混合エンタルピー変化 $\Delta_{mix}H$ を求めよ。

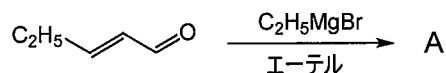
(c) 混合エントロピー変化 $\Delta_{mix}S$ を求めよ。

(2) 25°C におけるクロロホルムと四塩化炭素の蒸気圧はそれぞれ $2.7 \times 10^4 \text{ Pa}$, $1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ である。クロロホルムと四塩化炭素のモル比 1:2 の混合液体を理想溶液と仮定し、 25°C において、この理想溶液と平衡にある蒸気中のクロロホルムのモル分率を有効数字 2 桁で答えよ。

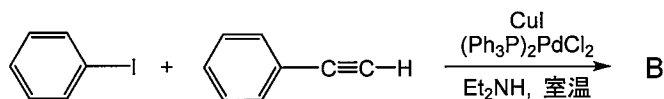
10. (有機化学)

(1) 次に示す反応の主な生成物 A から D の構造を書け (ただし水は除く)。また、それらの名称 (日本語でも可) を答えよ。

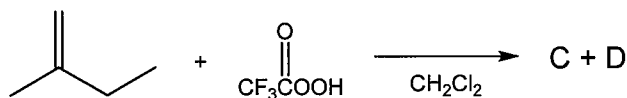
(i)



(ii)



(iii)



(2) 下記はある化合物の分子式および ^1H NMR スペクトルから得られた情報である。該当する化合物の構造をそれぞれ書け。また答えを導いた過程も説明せよ。

(i) 分子式: C_5H_8

^1H NMR スペクトルから得られた情報:

化学シフト (δ in ppm)	ピークの分裂	積分値
0.85	トリプレット (3重線)	3H
1.50	セクステット (6重線)	2H
1.80	シングレット (1重線)	1H
2.20	トリプレット (3重線)	2H

(ii) 分子式: $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$

^1H NMR スペクトルから得られた情報:

化学シフト (δ in ppm)	ピークの分裂	積分値
1.00	トリプレット (3重線)	3H
1.86	シングレット (1重線)	3H
2.05	クインテット (5重線)	2H
6.09	ダブルット (2重線)	1H
6.82	カルテット (4重線)	1H

1 1. (無機化学)

- (1) 第一イオン化エネルギーについて以下の問いに答えよ.
- (i) 第一イオン化エネルギーの定義を簡潔に答えよ.
 - (ii) 周期表で同一周期では右にいくに従って、第一イオン化エネルギーは増加する傾向がある理由を簡潔に答えよ.
 - (iii) (ii) に示した傾向に反して、 ${}_5\text{B}$ の方が ${}_4\text{Be}$ よりも第一イオン化エネルギーが小さくなる理由を簡潔に答えよ.
- (2) 錯体 $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]^+$ について以下の問いに答えよ.
- (i) この錯体のすべての幾何異性体の立体構造を図示せよ.
 - (ii) これらの錯体の名称をすべて答えよ.
- (3) 次の問いに答えよ.
- (i) 三塩化リン、フッ化ホウ素のルイス構造をそれぞれ描け.
 - (ii) VSEPR (Valence Shell Electron Pair Repulsion) モデルに基づき、三塩化リン、フッ化ホウ素の分子の形を決定せよ. 答えだけではなく決定の過程を、図などを用いて説明せよ.
 - (iii) フッ化ホウ素に使われている混成軌道の名称を答えよ.

1 2. (分析化学)

(1) 高速液体クロマトグラフィー (HPLC) を用いて a, b 二つの物質の混合試料を分離した. クロマトグラムにおける a, b のピークの保持時間はそれぞれ 8.58 分, 9.68 分であり, ピーク幅は 0.85 分, 0.60 分であった. 以下の問いに答えよ. なお, すべての解答は有効数字 2 桁で答え, 計算過程も記せ.

(i) a, b に対するそれぞれの理論段数を求めよ.

(ii) HPLC に用いたカラムの長さを 30 cm とした時の a, b の理論段高さをそれぞれ求めよ.

(iii) a と b のピークの分離度を求めよ.

(2) (i), (ii) に示す気体 CO_2 分子の基準振動は, 赤外分光法, またはラマン分光法のどちらによって観測できるかをそれぞれ答えよ. またその理由も示せ.

(i) 対称伸縮振動

(ii) 非対称伸縮振動

13. (分子生物学)

次の文章を読んで、(1)～(3)の問いに答えよ。

細菌は、細胞内の^(a)さまざまな調節によって環境変化に対応する仕組みを持っている。たとえば、大腸菌の生育中にアミノ酸のトリプトファンが欠乏すると、トリプトファンの合成量が(A)し、トリプトファンが過剰になると、トリプトファンの合成が(B)する。トリプトファンの合成経路は、複数の酵素によって構成されている。一連の酵素をコードする5つの遺伝子が大腸菌の染色体上に連なっており、それらの上流に位置する単一の(C)によって発現が制御される。このようなDNA領域のことを^(b)オペロンと呼ぶ。trp オペロンから mRNA が転写されるとトリプトファン合成に関わる一連の酵素が生産される。一方、トリプトファンが過剰に存在し、(D)と呼ばれるタンパク質に結合すると、(D)が(E)型に変わり、これがDNA上の(F)領域に結合する。その結果、(G)が転写を開始することができず、mRNA の生産が抑制される。つまり、トリプトファンはこの系の中では(H)として機能する。

- (1) 空欄 (A)～(H)に入る最も適切な語句をそれぞれ答えよ。
- (2) 下線部 (a) に関連して、mRNA の転写調節以外にトリプトファン合成経路を調節する仕組みについて、以下の語句をすべて用いて説明せよ。
[酵素活性, フィードバック阻害]
- (3) 下線部 (b) 「オペロン」の性質について、以下の語句をすべて用いて説明せよ。
[抑制性オペロン, 誘導性オペロン, アロステリック, lac オペロン, ラクトース]

14. (細胞生物学)

次の文章を読んで、(1)～(3)の問いに答えよ。

細胞膜は、ある物質を他の物質よりも容易に浸透させる選択的透過性を示す。たとえば、^(a)疎水性と親水性の物質があるとき、細胞膜を透過しやすいのは (A) の物質である。通常、物質は濃度勾配に従って濃度の (B) 方へ拡散する。細胞膜においても、拡散によって多くの物質が輸送される。このような輸送を (C) 輸送という。一方、細胞膜では濃度勾配に逆らった輸送も存在する。このような輸送を (D) 輸送という。

細胞膜は、(E) とさまざまなタンパク質の流動モザイクになっており、これらのタンパク質の中には物質の輸送に関連するものが含まれている。このような輸送タンパク質は、(F) タンパク質と (G) タンパク質に分けられる。前者は濃度勾配に従って選択的に物質を透過させるタンパク質で、水の拡散を促進する (H) などが該当する。一方、後者は^(b)エネルギーを使い濃度勾配に逆らって物質を輸送する。

- (1) 空欄 (A)～(H) に入る最も適切な語句をそれぞれ答えよ。
- (2) 下線部 (a) に関連して、タンパク質を構成するアミノ酸には側鎖が疎水性のものと親水性のものが存在する。以下の中から、疎水性の側鎖を持つアミノ酸と親水性の側鎖を持つアミノ酸をそれぞれ3つずつ選べ。
[フェニルアラニン、セリン、アスパラギン、ロイシン、イソロイシン、システイン]
- (3) 下線部 (b) に関連して、生体反応に用いられるエネルギーについて、以下の語句をすべて用いて説明せよ。
[エネルギー通貨、解糖、光合成]

15. (生理・生化学)

次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

生物は内部時計をもち、環境の時間的变化に適応している。例えば概日時計は、地球の(A)に伴い、(a)24時間周期で変化する環境に適した生理的状态や行動様式を指示する内部時計である。概日時計の周期は、外界の24時間よりも少し短いか少し長い、主に(B)の刺激によって外界のそれと同調する。哺乳類の概日時計は、視床下部の(C)が中心的役割を果たしている。(C)は外界の周期に同調して1日のうちの時間情報を松果体に伝える。松果体はその時間情報に応じて(D)というホルモンを分泌する。(D)は、(b)Gタンパク質共役型の受容体を介して、様々な生理作用を発揮する。また哺乳類では、(D)は松果体のほか、桿体と(E)の二種類の視細胞が存在する網膜でも合成され、網膜の局所ホルモンとしても機能することが知られている。

- (1) 空欄(A)～(E)に入る最も適当な語句をそれぞれ答えよ。
- (2) 概日時計の特徴の1つである「温度補償性」について、次の語句をすべて用いて説明せよ。
(一定, 周期, 温度)
- (3) 下線部(a)に該当するものを次の①～⑥から3つ選択せよ。
 - ①ヒトのREM睡眠
 - ②アカパンカビの分生子形成
 - ③ヒトの体温
 - ④マメ科植物の葉就眠運動
 - ⑤心筋細胞の電気活動
 - ⑥モンシロチョウの蛹休眠
- (4) 下線部(b)の特徴について、次の語句をすべて用いて説明せよ。
(7回貫通, 細胞膜, 細胞内, 細胞外, Gタンパク質, シグナル伝達)

16. (生態学)

次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

産業革命以降、地球の平均気温は約1℃上昇した。この要因として、地球を取り巻く大気のうち、大気層に熱を捕捉しやすい^(a)二酸化炭素やメタンのような (A) ガスの濃度が上昇していることが挙げられる。生物と温度の関係に関するもっとも明確な分類法は、^(b)外温生物と内温生物に区分することである。温度は生物の種の分布にも影響している。例えば動物では、温暖な気候下に生息する内温生物と比較して、^(c)寒冷な気候下に生息する内温生物の突出物 (耳・首・肢・尾など) の長さは短く (アレンの法則)、体サイズは大きい (ベルクマンの法則)。一方、植物には太陽光による葉温の過上昇を防ぐ^(d)蒸散という仕組みがある。蒸散速度は、主に水蒸気拡散における気孔抵抗と、大気の水蒸気圧と同じ大気の温度における (B) の差である飽差の影響を受ける。気孔抵抗が (C) なるにつれて、また飽差が大きくなるにつれて、蒸散速度は大きくなる。植物体内の水の移動は、水ポテンシャルの勾配を原動力とする。蒸散によって植物体の水ポテンシャルが土壌の水ポテンシャルよりも (D) になると、植物は根から水を吸い上げる。

- (1) 空欄 (A)～(D)に入る最も適当な語句をそれぞれ答えよ。
- (2) 下線部 (a) について、2015年から現在までの大気中の二酸化炭素濃度にもっとも近いものを次から選択せよ。
(300 ppm, 400 ppm, 500 ppm, 600 ppm, 700 ppm)
- (3) 下線部 (b) について、外温動物と内温動物についてそれぞれ説明せよ。
- (4) 下線部 (c) について、アレンの法則やベルクマンの法則を参照し、寒冷な気候に対する内温生物の形態的適応について、次のキーワードをすべて用いて説明せよ。
(熱, 体表面積, 体積, 放散)
- (5) 下線部 (d) について、次の語句をすべて用いて説明せよ。
(水蒸気, 気孔, 光, 気化熱, 葉温)