

平成29年10月入学

平成30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)

$\tan \theta = 1$ とするとき、以下の問いに答えよ。解の導出過程も示すこと。

(1) $\cos^2 \theta$ を t の式で表せ。

(2) $\int \frac{d\theta}{\sin 2\theta}$ を t の積分に帰着させて求め、 θ の式で表せ。

(3) 微分方程式 $\frac{dx}{d\theta} = \frac{\cos^2 x}{\sin^2 \theta}$ の一般解を求めよ。

2. (線形代数学)

4項間漸化式 $a_{n+3} - 6a_{n+2} + 11a_{n+1} - 6a_n = 0$, $a_1 = 1$, $a_2 = 3$, $a_3 = 5$ について一般項 a_n を求めたい. 以下の問いに答えよ. なお, 答えの導出過程も記述すること.

(1) 与えられた漸化式は, $\mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$ の写像 $\begin{pmatrix} a_{n+2} \\ a_{n+1} \\ a_n \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} a_{n+3} \\ a_{n+2} \\ a_{n+1} \end{pmatrix}$ を考え, 3次元正方行

列 A を用いて $\begin{pmatrix} a_{n+3} \\ a_{n+2} \\ a_{n+1} \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} a_{n+2} \\ a_{n+1} \\ a_n \end{pmatrix}$ と表すことができる. 行列 A を求めよ. 答えの

みでよい.

(2) 行列 A の固有値, 固有ベクトルをすべて求めよ.

(3) 行列 $P^{-1}AP$ が対角行列 D となるような変換行列 P を一つ求めよ. また, このときの対角行列 D を求めよ.

(4) A^n を P , P^{-1} , D を用いて表せ.

(5) $\begin{pmatrix} a_n \\ a_{n-1} \\ a_{n-2} \end{pmatrix} = A^{n-3} \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \end{pmatrix}$ より一般項 a_n を求めることができる. 一般項 a_n を求め

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、答えを導く過程も記すこと。

- (1) 次の $f(x)$ をフーリエ級数に展開せよ。

$$f(x) = \pi^2 - x^2 \quad (-\pi \leq x < \pi)$$

- (2) ラプラス変換を利用して、次の連立微分方程式の解を求めよ。

$$\begin{cases} \frac{dy(t)}{dt} - y(t) + z(t) = 0 \\ y(t) - \frac{dz(t)}{dt} + 3z(t) = 0 \end{cases} \quad (\text{ただし, } y(0) = 0, z(0) = 1)$$

4. (確率及び統計学)

(1) 連続確率変数 X の確率密度関数 $f(x)$ が以下の式で与えられている。

$$f(x) = \begin{cases} ae^{-x/2} & (x > 0) \\ 0 & (x \leq 0) \end{cases}$$

このとき,

(i) $f(x)$ が確率密度関数となるような定数 a を求めよ.

(ii) X の平均と分散を求めよ.

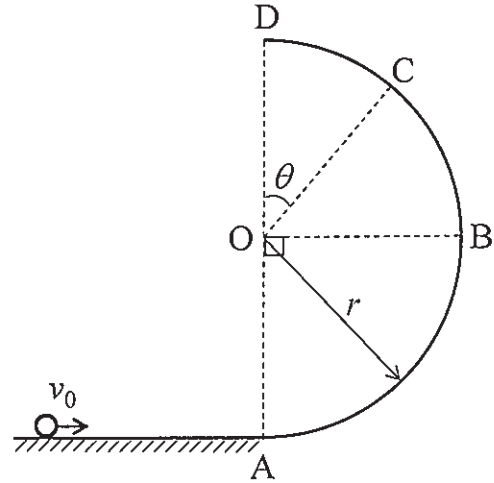
(2) X と Y を二つの連続確率変数とする. X と Y の同時確率密度関数 $f(x, y)$ が,

$$f(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{47}(x+y)(x+2) & (0 \leq x \leq 2, 0 \leq y \leq 3) \\ 0 & (\text{その他の範囲}) \end{cases}$$

で与えられているとき, X と Y の共分散を求めよ.

5. (力学)

図に示すような断面を持つ、半径 r [m] の半円筒 ABCD が、水平な床に接している。ここで、 O は半円筒の中心点、 A は円筒内面の最下点、 B は点 O と同じ高さの円筒内面の点、 C は角度 θ [rad] (θ は $\angle DOC$ の角度) の円筒内面の点、 D は円筒内面の最上点である。質量 m [kg] の小球を水平右向きに初速度 v_0 [m/s] で水平面から点 A に向かって入射させる。ただし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。また、小球の大きさ、小球と床および円筒面との摩擦、および空気抵抗は無視できるものとする。このとき、以下の問いに答えよ。



- (1) 小球が点 B まで到達し再び半円筒をすべり床に戻った。その時の初速度 v_0 を g, r を用いて表せ。
- (2) 小球が点 C に達し、円筒面から離れた。その時の初速度 v_0 を g, r, θ を用いて表せ。また、点 C における小球の速さ v_c [m/s] を g, r, θ を用いて表せ。
- (3) 小球が点 D に到達するためには、初速度 v_0 をいくら以上にすればよいか。その条件を g, r を用いて表せ。
- (4) 上記(3)の条件を満足する初速度 v_0 を与えられた小球が点 D に到達した後、円筒面を離れて空中を放物運動し、最後に床に落下した。落下点の点 A からの距離を、 g, r, v_0 を用いて表せ。

6. (電磁気学)

図1に示すように、永久磁石による磁束密度 B [T] の一様な磁場中に、辺の長さが a [m] と b [m] の一巻きの長方形コイルが置かれている。コイルは B に直交する水平軸 OO' の回りに回転できるようになっている。

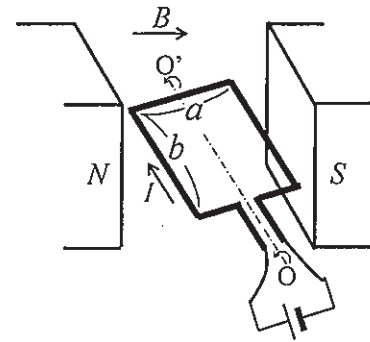


図1 立体図

- (1) 最初に、コイルの両端をそのまま電池に接続して直流電流 I [A] を流す。コイルの回転角が θ [rad] のときの、コイル辺に働く力 F [N] と磁束密度 B 、コイルに流れる電流 I の関係は、図2の側面図に示すとおりである。長さ b の各々のコイル辺に働く力 F の大きさを、与えられた記号を用いて表せ。

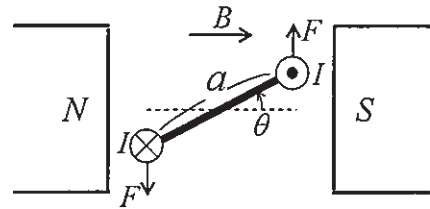


図2 側面図

- (2) コイルに発生する回転軸まわりのトルクの大きさ T [N m] を、与えられた記号を用いて表せ。また、 θ を $-\pi/2$ rad から $3\pi/2$ rad の範囲で変えたときの T の変化をグラフに示せ。
- (3) 電池を接続する前に $\theta=0$ rad の角度に静止していたコイルに、電池を接続して電流を流し始めた。その後、時間とともにコイルがどのような動きをするか、その理由を含めて説明せよ。

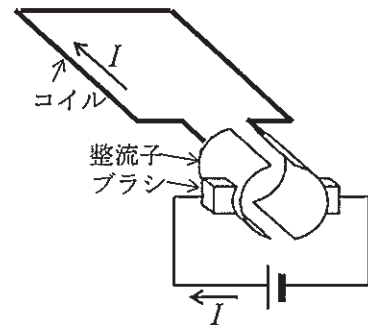


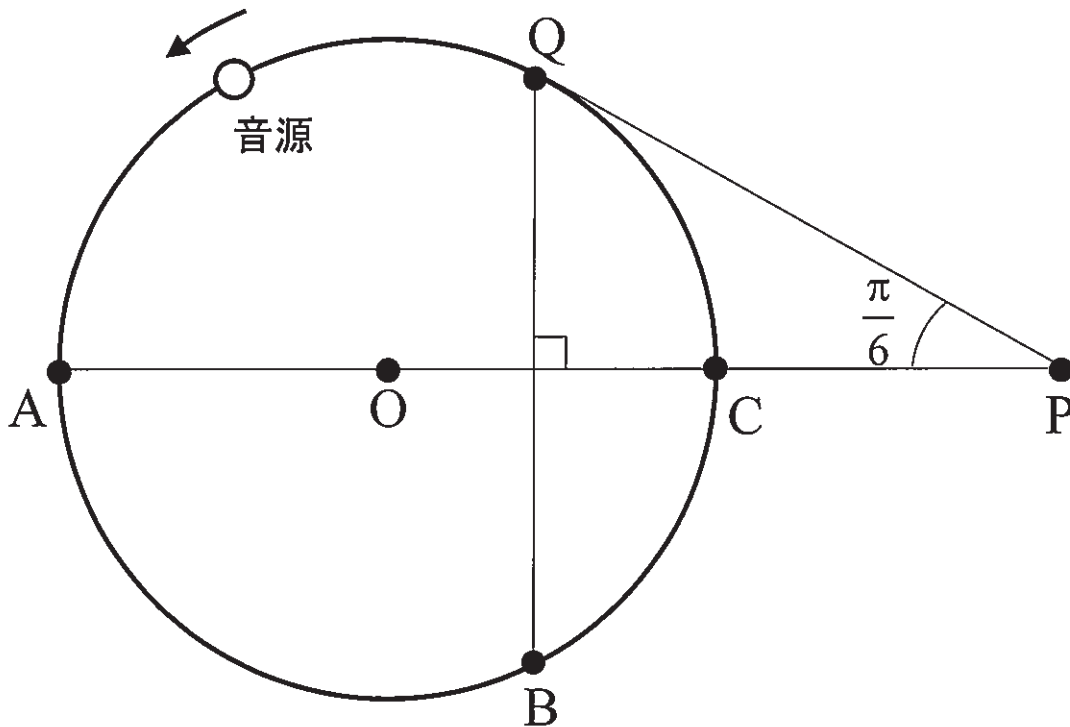
図3 整流子・ブラシの機構

- (4) 電池とコイルの間に、図3に示すような整流子とブラシの機構を取り付けところ、コイルが一方向に回転し始めた。このときのトルクの大きさ T を与えられた記号を用いて表せ。また、 θ に対する T の変化のグラフを示しながら、コイルが回転する原理を説明せよ。

7. (光学及び波動)

図に示すように、周波数 f [Hz] の音を発する音源が、点 O を中心に水平面内で速さ v_s [m/s] の等速円運動をしている。この円運動の外側の点 P の位置で音を観測したところ、周波数は周期的に変化した。最大周波数 f_{\max} [Hz] が観測されてから最小周波数 f_{\min} [Hz] が観測されるまでに要した時間は t [s] であり、 f_{\min} は直線 OP とのなす角度が $\pi/6$ rad の位置 Q で観測された。点 O から音源までの距離を r [m]、音速を v [m/s] とし、以下の問いに答えよ。答えを導く過程も示せ。

- (1) 最大周波数 f_{\max} が観測される点として正しいのは、図中の A , B , C のどれか答えよ。また、その理由についても説明せよ。
- (2) 最小周波数 f_{\min} が観測されてから、最大周波数 f_{\max} が観測されるまでの時間を、 t を用いて表せ。
- (3) 音源の速さ v_s [m/s] を、 f_{\max} , f_{\min} と v を用いて表せ。
- (4) OP 間の距離 x [m] を、 f_{\max} , f_{\min} , v , t と π を用いて表せ。



8. (情報基礎)

情報源の記号が {こぶた, たぬき, きつね, ねこ} で表され, それぞれの生起確率が以下の表に従うとする. このとき, 表に示す3種類の符号化器 A, B, C を考える.

表: 情報源の生起確率と符号化器

情報源記号	生起確率	符号化器 A	符号化器 B	符号化器 C
こぶた	1/16	00	111	0
たぬき	1/8	01	110	10
きつね	5/16	10	10	110
ねこ	1/2	11	0	1110

以下の問いに答えよ. ただし, $\log_2 5 = 23/10$ としてよい.

- (1) それぞれの符号化器に対応する符号木を図で表わせ.
- (2) 情報源の平均情報量を求めよ.
- (3) 最も符号化効率の良い符号化器はどれか. それぞれの符号化器の平均符号長を求め, 比較することで答えよ.

9. (物理化学)

(1) 温度が一定に保たれた環境で、気相中の分子 A が基板に単層吸着する現象について、以下の問いに答えよ。分子 A の分圧 p_A は一定であるとする。

(i) 気相中の分子 A のうち、一部は基板表面に吸着する。単位時間あたりに新たに吸着する分子 A の数が、 p_A と空いている吸着サイトの総数に比例する場合、吸着による被覆率の変化の速度 v_a を求めよ。ただし、速度定数を k_a 、分子 A による基板表面の被覆率を θ 、基板表面の吸着サイトの総数を N とする。

(ii) 基板に吸着している分子 A のうち、一部は基板から脱離する。単位時間あたり脱離する分子 A の数が、吸着している分子 A の総数に比例する場合、脱離による被覆率の変化の速度 v_d を求めよ。ただし、速度定数を k_d とする。

(iii) 吸着と脱離が平衡にある場合の被覆率 θ_{eq} を求めよ。

(iv) θ_{eq} を縦軸に、 p_A を横軸にしたグラフの概略を示せ。

(2) ある純物質の相 1 と相 2 が平衡状態(圧力 p_1 、温度 T_1)で接している。相 1 と相 2 の化学ポテンシャルをそれぞれ μ_1, μ_2 とすると、2 相が平衡にあるとき両者は等しく、 $\mu_1 = \mu_2$ である。以下の問いに答えよ。

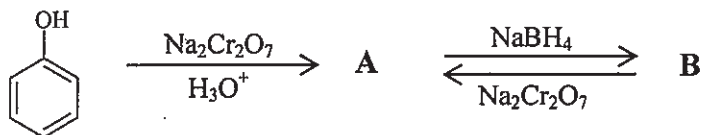
(i) 相図で、相平衡にある二つの相の境界に沿って温度と圧力を dT と dp だけ変化させた場合、 μ_1 と μ_2 のそれぞれの変化 $d\mu_1, d\mu_2$ を示せ。ただし、相 1、相 2 のモルエントロピーをそれぞれ S_{m1}, S_{m2} 、モル体積をそれぞれ V_{m1}, V_{m2} とする。

(ii) 前問(i)の結果を用いて、相図での二つの相の境界の傾き dp/dT を表す関係式(クラペイロンの式)を導出せよ。

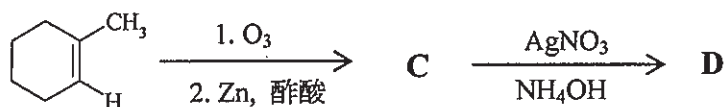
10. (有機化学)

(1) 次に示す反応の主たる生成物である有機化合物 A~E の構造を描け. 立体構造を区別する必要がある場合には, その違いがわかるような形式で解答すること.

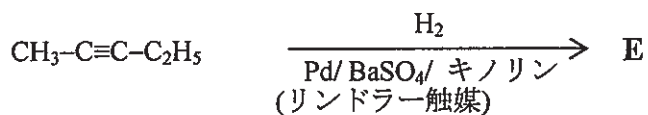
(i)



(ii)



(iii)



(2) 次に示す化合物 (a)~(l) の中から, 芳香族化合物である分子をすべて選び記号で示せ. また, 選んだ分子それぞれの構造を描け.

- (a) *p*-Xylene
- (b) Cyclobutadiene
- (c) Cyclooctatetraene
- (d) 2-Methylazulene
- (e) 1,5-Dimethylcyclopentane
- (f) Furan
- (g) 2-Methylimidazole
- (h) 1,3,5-Hexatriene
- (i) 1,4-Dioxin
- (j) 8-Quinolinol
- (k) 7,7,8,8-Tetracyanoquinodimethane
- (l) 2*H*-Azirine

1 1. (無機化学)

次の問い(1)～(3)に答えよ。

(1) 硫酸銅(II)は青色, 硫酸ニッケル(II)は緑色などと遷移元素のイオンや錯体は特有な色をしている。なぜ色がつくのか, なぜ色が変わるのか, 100字以内で説明せよ。

(2) ルイス酸およびルイス塩基の定義を示せ。また, 三フッ化ホウ素(BF_3)とジメチルエーテル(CH_3OCH_3)との反応式を示し, 三フッ化ホウ素がルイス酸かルイス塩基であるかを説明せよ。

(3) 配位数について(i)～(ii)に答えよ。

(i) 金属固体とイオン固体の剛体球モデルにおいて, 六方最密充填構造と体心立方格子構造の最近接原子数(配位数)の違いについて説明せよ。図を使って説明してもよい。

(ii) 次の(a)～(c)の錯体内の中心金属の配位数と酸化数を求めよ。



12. (分析化学)

- (1) 酢酸ナトリウム (分子量 82) を 36.9 mg 秤量し, 純水に完全に溶解後, 希釈して酢酸ナトリウム水溶液 (A) 250 cm^3 とした.
酢酸の酸解離定数 K_a を 1.8×10^{-5} , 水のイオン積 K_w を 1.0×10^{-14} とするとき, 以下の問いに答えよ.
- (i) 水溶液 (A) の水素イオン濃度を答えよ.
- (ii) 0.10 M (0.10 mol/L) 塩酸標準液をホールピペットで 2.0 cm^3 採取し, メスフラスコを用いて純水で 0.100 dm^3 に希釈して塩酸水溶液 (B) を作成した.
水溶液 (A) 10.0 cm^3 を塩酸水溶液 (B) で中和滴定を行った. 当量点に達するまでに必要な塩酸水溶液 (B) の滴下量を答えよ.
- (2) 以下の語句をそれぞれ 100 字程度で説明せよ.
- (i) Lambert-Beer の法則
- (ii) Zeeman 効果

13. (分子生物学)

(1) 次の文章を読んで、(i) ~ (iii) の問いに答えよ。

生物のゲノムには、DNAの塩基配列という形で様々な情報が格納されている。DNA上の一部の領域はmRNAに転写されるが、この過程は様々なレベルで調節を受ける。真核生物における転写後調節の例として、(A)や3'ポリアダニル化、(B)などが挙げられる。(B)とは、同一の初期転写RNAから(C)やイントロンの選択によって、異なるmRNA分子が生産されることをいう。また、(a)RNA干渉などの遺伝子発現抑制機構によって、最終的なmRNA量が調節される場合もある。

(i) 空欄(A) ~ (C)に最も適した語句をそれぞれ答えよ。

(ii) RNAの転写について、以下の語句を用いて説明せよ。

[プロモーター, 転写因子, RNAポリメラーゼ]

(iii) 下線部(a)「RNA干渉」について、以下の語句を用いて説明せよ。

[マイクロRNA, ダイサー]

(2) 次の語句について、それぞれ50字程度で説明せよ。

(i) トランスクリプトーム

(ii) DNAヘリカーゼ

(iii) アミノアシルtRNA

14. (細胞生物学)

(1) 次の文章を読んで、(i) ~ (iii) の問いに答えよ。

遺伝子発現は様々な段階で調節されるが、その初期段階において(a)クロマチン構造の変化を伴う。通常、DNAはクロマチン構造の中でコンパクトに収納されており、この状態を(A)と呼ぶ。(A)の状態では、一般的にmRNAは転写されない。クロマチン構造が緩むと(B)と呼ばれる状態になり、転写を制御するタンパク質群がDNAに結合しやすくなることで、転写が開始される。クロマチン構造に影響を与える要因として、DNAの修飾の一つである(C)や、(b)ヒストンの修飾が重要である。

(i) 空欄(A) ~ (C)に最も適した語句をそれぞれ答えよ。

(ii) 下線部(a)「クロマチン構造」について、以下の語句を用いて説明せよ。[ヌクレオソーム, 染色体]

(iii) 下線部(b)「ヒストンの修飾」について、以下の語句を用いて説明せよ。
[ヒストンテール, アセチル化, 転写]

(2) 次の語句について、それぞれ50字程度で説明せよ。

(i) 紡錘体

(ii) 原形質分離

(iii) 葉緑体

15. (生理・生化学)

次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

脂肪酸は炭化水素鎖にカルボキシ基がついたもので、ほとんどの生体内の脂肪酸は偶数個の炭素原子からなる。脂肪酸は2つに大別され、炭素原子間に二重結合を持たないものを(A)脂肪酸、1つあるいはそれ以上の二重結合を持つものを(B)脂肪酸と呼ぶ。(a)脂肪酸の融点は鎖の長さと二重結合の数に関係する。

(b)脂肪酸の分解は、原核生物では細胞内の(C)、真核生物では細胞内の(D)で起こる。(c)1モルのパルミチン酸($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$)の完全分解により129分子のATPが得られる。

- (1) 脂肪酸の生物学的役割について説明せよ。
- (2) (A)～(D)に最も適した語句を答えよ。
- (3) 下線部(a)の関係について説明せよ。
- (4) 下線部(b)が起きる経路を何と呼ぶか答え、その経路について説明せよ。
- (5) 下線部(c)について、1モルのグルコース($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)と比較したパルミチン酸の優位性をATP生産の観点から説明せよ。

16. (生態学)

次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

異種の生物個体間の相互作用を媒介する情報化学物質は (A) と呼ばれ、このうち、放出者が利益を受ける情報化学物質はアロモン、受容者が利益を受ける情報化学物質はカイロモン、放出者と受容者双方が利益を受ける情報化学物質はシノモンと呼ばれる。一方、(B) の生物個体間の相互作用 (例えば、配偶行動や (a)集団の形成など) を媒介する情報化学物質は (C) と呼ばれ、その構成成分 (化合物の種類や混合比) の違いにより、種に特異的な作用を示す。例えば、ハマキガ科に属するチャノコカクモンハマキとリンゴコカクモンハマキは近縁で同所的に生息することが多いが、配偶行動に作用する (C) の構成成分が異なり、(b)両種間での生殖は隔離されている。

- (1) 空欄 (A)～(C) に適した語句を答えよ。
- (2) 一般的に、花粉媒介昆虫を誘引する花の香りは、アロモン、カイロモンおよびシノモンのうち、どれに該当するか。最も適切なものを選び、その理由も含めて答えよ。
- (3) 下線部 (a) について、集団に属することの有利な点と不利な点を、それぞれ答えよ。
- (4) 下線部 (b) のように、同所的に生息する近縁種間で生殖隔離が成立する要因を、化学的な要因以外で1つ挙げ、説明せよ。