

平成24年10月入学

平成25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
博士前期課程（修士）

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。ただし、答えを導く過程も示すこと。

$$(1) \frac{d^2y}{dx^2} + 3\frac{dy}{dx} + \frac{9}{4}y = 0$$

$$(2) \frac{d^2y}{dx^2} + 4\frac{dy}{dx} - 12y = e^{3x}$$

$$(3) 2\frac{d^2y}{dx^2} + 5\frac{dy}{dx} - 3y = \cos x + 2x + 1$$

2. (線形代数学)

次の2次形式 f について以下の問いに答えよ。ただし、答えを導く過程も示すこと。

$$f = 4x_1^2 + 5x_2^2 + 4x_3^2 + 2x_1x_2 + 2x_2x_3$$

- (1) $\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$ とするとき、 $f = \mathbf{x}^T A \mathbf{x}$ を満たす対称行列 A を求めよ。
- (2) (1)で求めた行列 A の固有値を求めよ。
- (3) (2)で求めたそれぞれの固有値に対応する固有ベクトルを求めよ。
- (4) 2次形式 f の標準形を求めよ。

3. (フーリエ及びラプラス変換)

周期 T の周期関数 $f(t)$ を、繰返しの単位で切り出した関数を

$$g(t) = \begin{cases} f(t) & |t| \leq T/2 \\ 0 & |t| > T/2 \end{cases}$$

と定義する。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、答えを導出する過程を記すこと。

- (1) $f(t)$ の複素フーリエ級数を、 $g(t)$ のフーリエ変換 $G(\omega)$ を用いて表せ。
- (2) $f(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ が、繰返し単位を切り出した関数 $g(t)$ のフーリエ変換 $G(\omega)$ を基本角周波数 $\omega_0 = 2\pi/T$ の間隔で標本化した関数になっていることを示せ。
- (3) 矩形関数を繰返し単位とする周期関数 $f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{rect}\left(t - \frac{3}{2}n\right)$ のフーリエ変換を求めよ。ここで、 $\text{rect}(t/d)$ は矩形関数を表し次式で定義される。

$$\text{rect}(t/d) = \begin{cases} 1 & |t| \leq d/2 \\ 0 & |t| > d/2 \end{cases}$$

4. (確率及び統計学)

- (1) いかさまサイコロがあり、2, 4, 6の目の出る確率はそれぞれ $1/4$ 、1, 3, 5の目の出る確率はそれぞれ $1/12$ である。このとき、2が少なくとも2回出る確率が $1/3$ 以上となるには、このサイコロを少なくとも何回以上投げなければならぬかを答えよ。ただし、

$$\log_e 2 = 0.69, \log_e 3 = 1.10, \log_e 5 = 1.61, \log_e 6 = 1.79, \log_e 7 = 1.95$$

とせよ。

- (2) 平均 m 、分散 σ^2 の正規分布を $N(m, \sigma^2)$ と書くとき、

(i) $N(m, \sigma^2)$ の確率密度関数 $f(x)$ を式で表せ。

(ii) 標本 X が $N(1, 4)$ に従うとき、表1の正規分布表を用いて確率 $P(-2 < X < 3)$ を求めよ。

表 1: 正規分布表: 確率 $P(x > t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$

t	.00
0.5	0.3085
0.6	0.2743
0.7	0.2420
0.8	0.2119
0.9	0.1841
1.0	0.1587
1.1	0.1357
1.2	0.1151
1.3	0.0968
1.4	0.0808
1.5	0.0668

5. (力学)

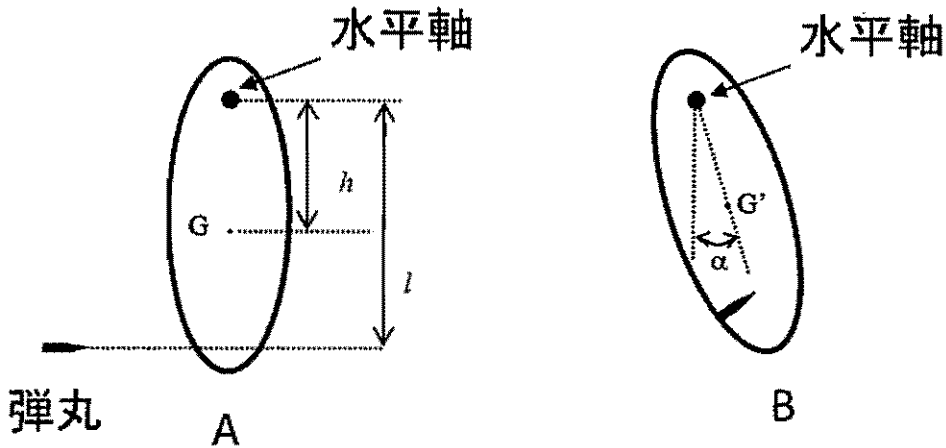
下図に示すように、水平軸を持つ剛体振り子 A が静止している。A の質量は M で、軸から A の重心 G までの距離は h である。軸から距離 l (下方) の位置に水平に質量 m の弾丸を振り子に打ち込んだら、弾丸は振り子内にとどまった。振り子 A と弾丸でできた剛体を振り子 B とすると、振り子 B は鉛直方向から角度 α だけ振れ、のちに周期 T の微小振動をした。打ち込まれる直前の弾丸の速度 v を求めることについて、以下の設問に答えよ。ただし、振り子 A の重心位置 G と振り子 B の重心位置 G' の差は無視するものとする。また、振り子 B の慣性モーメントを I 、衝突直後の B の角速度を ω_0 とし、重力加速度を g とする。また、微小振動であるため、必要であれば $\sin\alpha \approx \alpha$ を用いてよい。

- (1) 弾丸が打ち込まれる前後での角運動量の保存に関する式を書け。
- (2) 弾丸が打ち込まれた後の、エネルギー保存に関する式を書け。
- (3) 剛体 B に関する運動方程式を書き、微小振動の周期 T を求めよ。

(4) 速度 v が

$$v = \frac{M+m}{\pi ml} ghT \frac{\alpha}{2}$$

となることを示せ。



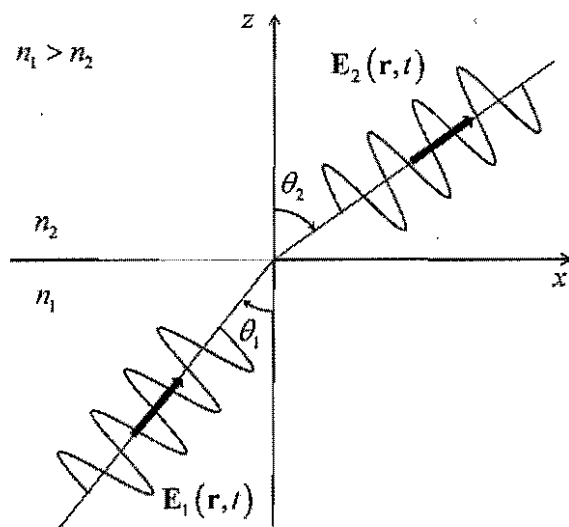
6. (電磁気学)

量子力学によると、水素原子が最も低いエネルギー状態にあるとき、水素原子の中心から距離 r の位置を P とすると、この位置における電荷密度は $\rho(r) = A \exp(-2r/a_0)$ と書ける。ただし、 A と a_0 はともに定数である。

- (1) 全空間にわたって $\rho(r)$ を積分したら、その結果が電子 1 個の電荷量 $-e$ に等しいという条件を用いて A を求めよ。
- (2) (1) の結果を利用して、水素原子の中心にある陽子と電子によって発生させられる位置 P における電場の強さを求めよ。なお、原子中心にある陽子は点電荷とみなせ、その電荷量は $+e$ とする。また、真空中の誘電率は ϵ_0 とする。

7. (光学及び波動)

下図に示すように屈折率の大きな物質(n_1)から小さな物質(n_2)へp偏光の光が伝搬するとき、境界付近の電場について以下の問いに答えよ。ただし、答えを導出する過程を記すこと。



- (1) 全反射が発生している状態、すなわち入射角 θ_1 が臨界角より大きいとき屈折角 θ_2 の余弦を入射角 θ_1 を用いて表せ。
- (2) 全反射が発生しているとき、屈折率 n_2 の物質側の領域($z > 0$)の境界面の近傍にエバネッセント場が生じる。この領域を伝搬するp偏光の光の電場 $E_2 = A_2 \exp[j(k \cdot r - \omega t)]$ を入射角 θ_1 を用いて表せ。
- (3) エバネッセント場が $z > 0$ の領域に入り込む深さ Δ_2 を、電場が e^{-1} に減衰するまでの境界面からの距離と定義する。 Δ_2 を求めよ。

8. (情報基礎)

系列

$S = \{\text{ねこ, ねこ, きつね, ねこ, たぬき, ねこ, こぶた, たぬき, こぶた, こぶた, ねこ, ねこ}\}$

を考える. $\log_2 3 = 8/5$ として以下の問いに答えよ. なお, 系列は無記憶情報源とする.

- (1) S のエントロピー $H(S)$ を求めよ.
- (2) S をハフマン符号化し, 各シンボルに与える符号を示した後に, S の平均符号長を示せ.
- (3) JPEG 2000 や H.264/AVC などの比較的新しい映像符号化標準では, ハフマン符号化の代わりに算術符号化が用いられている. 理由を簡潔に示せ.

9. (物理化学)

(1) ファンデルワールスの状態方程式
$$\left(P + \frac{a}{\left(\frac{V}{n}\right)^2} \right) \left(\frac{V}{n} - b \right) = RT$$
 について、以下

の問いに答えよ。ただし、 V , P , T , n , R は体積, 圧力, 温度, 物質質量 (モル数), 気体定数である。

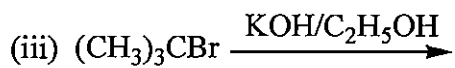
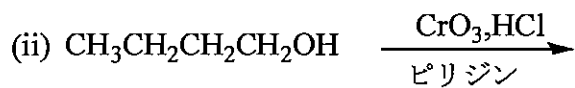
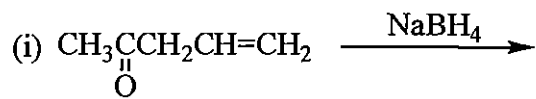
- (i) 定数 a の単位を書け。また、アンモニアとメタンを比べると、どちらの定数 a が大きいか、その理由も書け。
- (ii) 定数 b の単位を書け。また、アルゴンとクリプトンを比べると、どちらの定数 b が大きいか、その理由も書け。
- (iii) 温度一定で二酸化炭素の気体を圧縮したときに、平衡状態を経て液体になったとする。体積を横軸にとり、圧力を縦軸にとり、体積と圧力の関係をグラフで描け。ただし、グラフの軸目盛は入れなくてよい。
- (iv) 温度が臨界温度 (T_c) のときに、体積と圧力の関係を表すグラフを、(iii) のグラフに点線で追加して描け。また、臨界点 (V_c, P_c) を \circ で示せ。
- (v) (iv) のグラフで、臨界点は変曲点である。 V_c, P_c, T_c を定数 a, b, R で表せ。計算の途中の過程も書け。ただし、物質質量 n は 1 モルとしてよい。

10. (有機化学)

(1) 次の項目(i)~(iv)について、不斉炭素原子を2個含む化合物の例を書いて説明せよ (フィッシャー投影式でもよい)。また、例にあげた化合物の IUPAC 名 (英語) を書け。

- (i) 鏡像異性体
- (ii) メソ化合物
- (iii) ジアステレオマー
- (iv) 幾何異性体

(2) 次の反応の主な生成物を書け。また、その生成物の IUPAC 名 (英語) を書け。



1 1. (無機化学)

次の問(1)~(3)に答えよ。

- (1) s, p, d等の原子軌道を用いて, 下記の原子やイオンの基底状態の電子配置を書け. また, それぞれの最外殻に配置された電子の主量子数(n) および方位量子数 (l) を書け.

(i) Mg

(ii) Ba^{2+}

(iii) Cu

必要があれば, 次の原子番号を用いてもよい.

Mg : 12, Ba : 56, Cu : 29

- (2) 第一イオン化エネルギーの定義を書け. また, 次の元素を第一イオン化エネルギーの大きいほうから順に並べよ. さらに, その理由を簡単に説明せよ.

Na, B, N, F, K, Mg

- (3) 次の分子やイオンのルイス構造 (点電子式) を書け. また, 原子価殻電子対反発 (VSEPR) 理論に基づいて, それぞれの分子やイオンの形を予測し, その理由を簡単に説明せよ.

(i) CO_2

(ii) BF_3

(iii) NO_3^-

12. (分析化学)

次の問(1)~(2)に答えよ。

(1) パラジウムイオン (Pd^{2+}) はある種のケトン型有機配位子と色のついた1:4錯体をつくる。 Pd^{2+} を0.80 ppm含む水溶液を発色させ、厚さ1.00 cmのセルを用いて520 nmの光で吸光度 A を測定したところ、0.780 となった。

(i) この錯体のモル吸光係数 ϵ ($\text{dm}^3 \text{mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$)を求めよ。

(ii) 前述の溶液10.0 mLを分取し、100 mLのメスフラスコに入れ、蒸留水で100 mLまで希釈した。前述と同様な操作で希釈後の溶液の吸光度を測定した。この溶液の吸光度を求めよ。

(iii) 吸光度と透過率の関係を書け。

ただし、前述のすべての溶液の密度を 1.00 g mL^{-1} とする。また、答えを導く過程も記述せよ。なお、有効数字2桁で答えよ。必要があれば、Pdの原子量は106.4である。

(2) 次の分析項目(A)の(i)~(iv)について、最適な分析機器あるいは分析法(B)の(i)~(iv)の中から1つを選び(重複しないこと)、それぞれの分析原理を簡単に説明せよ。

A: 分析項目

(i) ガソリン中の既知成分の定量分析 (沸点範囲: $40\sim 190^\circ\text{C}$)

(ii) プラント排水中の微量の金属元素の定性と定量

(iii) プラント排水中の微量のNiの定量

(iv) 結晶構造の同定

B: 分析機器 (法)

(i) X線回折分析 (XRD)

(ii) 原子吸光分析法

(iii) プラズマ発光分析 (ICP)

(iv) ガスクロマトグラフィー

13. (分子生物学)

(1) 大腸菌のゲノム DNA の複製に関する次の問いに答えよ。

- (i) DNA の合成は RNA ポリメラーゼの 1 種に分類される酵素によって開始される。その酵素の名前を答えよ。
- (ii) 娘鎖 DNA の合成においては、それぞれ DNA ポリメラーゼ I および DNA ポリメラーゼ III と呼ばれる 2 種類の DNA ポリメラーゼが必要とされる。まず、ラギング鎖合成における DNA ポリメラーゼ I の役割を簡潔に説明せよ。また、そこで見られる DNA ポリメラーゼ I にあり DNA ポリメラーゼ III にはない活性の名称を答えよ。
- (iii) DNA の複製の場においては、DNA の合成や連結といった DNA の伸長反応に直接関わらない因子もいくつか関与している。ヘリカーゼはそんな酵素の一つである。ヘリカーゼの DNA 複製における役割を簡潔に説明せよ。
- (iv) ヘリカーゼの他にも DNA の伸長反応に直接関わらずに DNA の複製に重要な役割を果たす因子が存在する。そのような例に当てはまる因子の名称を 2 つ挙げよ。

(2) 次の用語をそれぞれ 100 字程度で説明せよ。

- (i) メタゲノム解析
- (ii) レポーター遺伝子

14. (細胞生物学)

(1) 次の文章を読んで、(i) ~ (iii) の問いに答えよ。

真核生物の細胞は様々な要素から構成される。比較的大きな構成要素として、細胞内小器官（オルガネラ）がある。動植物共通の小器官として、核、ミトコンドリア、ゴルジ体、小胞体、リソソーム等があり、植物特有のオルガネラには、液胞、葉緑体などがある。これらは細胞内を区画しており、それ以外の部分は細胞質で満たされている。これらの細胞内構成要素は（ A ）で覆われて外界から隔離されている。さらに、植物では細胞全体が（ B ）によって覆われている。

核の中にはDNAの形で遺伝情報が格納されており、核ゲノムを構成する。一方、ミトコンドリアや葉緑体もDNAを持っており、これらを総称して（ C ）という。核ゲノムから転写・翻訳されてできたタンパク質の一部は、他の細胞内小器官の構成要素として利用されるなど、核とオルガネラは密接に関係しながら生命活動が維持されている。

(i) (A) ~ (C) に合うもっとも適切な語句を答えよ。

(ii) ミトコンドリアの機能について、以下の語句を用いて説明せよ。

[化学エネルギー, 解糖系, ATP]

(iii) 葉緑体の機能について、以下の語句を用いて説明せよ。

[二酸化炭素, カルビン回路]

(2) 次の(D) ~ (F)の語句について、それぞれ50字程度で説明せよ。

(D) クロマチン構造

(E) 転写因子

(F) 活性酸素

15. (生理・生化学)

(1) 次の文章を読んで、(i) ~ (iii) の問いに答えよ。

酵素は生体内の反応を触媒する働きを持ち、生命活動になくてはならないものである。酵素の多くはタンパク質であり、複雑な立体構造をとる。さらに、酵素は複数のタンパク質で構成される場合があり、この場合一つ一つのタンパク質を (A) という。酵素による反応では、反応物は基質と呼ばれる。反応が始まるためには、基質が酵素分子上に適切に配置されて、(B) を形成する必要がある。基質が結合する部分をその酵素の活性部位という。酵素の中には、その機能を発揮するために、⁽¹⁾他の非タンパク質分子を必要とするものもある。他にも、酵素の活性は様々なメカニズムによって調節されている。たとえば、活性部位以外のところに他の分子が結合して酵素の活性が調節される現象を (C) という。あるいは、酵素分子そのものの分解や翻訳後修飾による活性調節機構もよく知られている。

(i) (A) ~ (C) に合うもっとも適当な語句を答えよ。

(ii) 酵素反応について以下の語句を用いて説明せよ。

[活性化エネルギー, 化学平衡, 反応速度]

(iii) 下線部(1)「他の非タンパク質分子」とはどのようなものか説明せよ。

(2) 次の (D) ~ (F) の語句について、それぞれ 50 字程度で説明せよ。

(D) プロテインキナーゼ

(E) ユビキチン

(F) インターフェロン

16. (生態学)

下記の文章を読み、(i)～(iv)の問いに答えなさい。

生態系⁽¹⁾は、緑色植物や植物プランクトンからなる(A)系、昆虫やほ乳類などの(B)系、カビやバクテリアなどの(C)系の3つのサブシステムとそれらの生物が利用する資源系から成り立つシステムである。生態系の構造や機能の特性は、エネルギーや有機物といった共通の尺度を用いて、物質の蓄積量やその循環速度⁽²⁾などから比較できる。陸地生態系は、熱帯多雨林、北方針葉樹林、ツンドラ、耕地、沼沢と湿地など14種類に分けられる。

- (i) 下線部(1)：生態系の生産を表す言葉に一次生産と二次生産がある。両者について説明しなさい。
- (ii) (A), (B), (C) それぞれに適切な語句を入れなさい。
- (iii) 下線部(2)：物質循環とは生態系の生物要素間とそれを取り巻く無生物空間を物質が循環することをいう。具体的にどういった元素が循環するのか、植物の成長に不可欠なものの中から5種類挙げなさい。
- (iv) 下記の表には本文中で述べた陸地生態系のどれかが入る。(D)～(H)に適切なものを入れなさい。

生態系の種類	地球上の占有面積 10 ⁶ km ²	純一次生産速度 g/m ² /年	一次生産量 10 ⁹ トン/年	植物生物体量 10 ⁹ トン
(D)	14.0	650	9.1	14
(E)	2.0	2000	4.0	30
(F)	17.0	2200	37.4	765
(G)	12.0	800	9.6	240
(H)	15.0	900	13.5	60
陸地の合計	149.0	773	115.0	1837

Whittaker (1975) より