

平成31年度  
東京大学大学院総合文化研究科  
広域科学専攻修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

(平成30年7月21日 13:00~16:00)

試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。開始の合図があるまで、下記の注意事項をよく読んでください。

1. 本冊子は、生命環境科学系を志望する受験者のためのものである。
2. 本冊子の本文は29ページである。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があった場合には、手を挙げて申し出ること。
3. 第1問~第26問から3問を選択して解答すること。
4. 配付された3枚の解答用紙（両面使用可）は、問題ごとに1枚を使用すること。
5. 解答用紙の上の欄に、解答した問題の番号、科目名、氏名及び受験番号を、次の記入例のように記入すること。なお、氏名、受験番号を記入していない答案は無効である。

記入例

問題番号	科目名	氏名	受験番号
第12問	生物学(4)	○ ○ ○ ○	No.○○○○

6. 日本語または英語で解答すること。
7. 本冊子の最後の3枚は草稿用紙である。切り離して使用してもよい。
8. 試験の開始後は、中途退場を認めない。
9. 本冊子、解答用紙及び草稿用紙は持ち帰ってはならない。
10. 次の欄に受験番号と氏名を記入せよ。

受験番号	
氏名	

# 生命環境科学系 総合科目

## 目次

第1問	物理学 (1)	1 ~ 2
第2問	物理学 (2)	3
第3問	物理学 (3)	4 ~ 5
第4問	物理学 (4)	6 ~ 7
第5問	化学・生化学 (1)	8
第6問	化学・生化学 (2)	9
第7問	化学・生化学 (3)	10
第8問	化学・生化学 (4)	11
第9問	生物学 (1)	12
第10問	生物学 (2)	13
第11問	生物学 (3)	14
第12問	生物学 (4)	15
第13問	身体運動科学 (1)	16
第14問	身体運動科学 (2)	17
第15問	身体運動科学 (3)	18
第16問	身体運動科学 (4)	19
第17問	身体運動科学 (5)	20
第18問	身体運動科学 (6)	21
第19問	認知行動科学 (1)	22
第20問	認知行動科学 (2)	23
第21問	認知行動科学 (3)	24
第22問	認知行動科学 (4)	25
第23問	認知行動科学 (5)	26
第24問	認知脳科学 (1)	27
第25問	認知脳科学 (2)	28
第26問	認知脳科学 (3)	29

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 1 問 物理学 (1) (その 1)

以下の I, II すべてについて解答せよ。

I. 一様な重力 (重力加速度  $g$ ) のもとで、鉛直上方に進むロケットがある。このロケットは、鉛直下方に、一定の相対速度  $u$  で、単位時間に一定の質量  $m$  のガスを噴射している。以下では、ロケットがガスを噴射し続けているあいだの時間  $t$  における運動を考える。このときのロケットの質量を  $M(t)$ 、ロケットの速度を  $v(t)$ 、ロケットの上昇高度を  $x(t)$  とする。ただし、 $v(t)$ 、 $x(t)$  ともに鉛直上向きを正とする。また、ロケットがガスを噴射し始めた時間 ( $t=0$ ) におけるロケットの質量を  $M_0$ 、速度を 0、上昇高度を 0 とする。空気抵抗は無視できるものとする。次の設問(1)~(4)に答えよ。

(1) 時間  $t$  におけるロケットの質量  $M(t)$  を求めよ。

(2) このロケットの運動方程式は、

$$M \frac{dv}{dt} = -Mg + mu$$

で与えられる。この式を導け。

(3) 時間  $t$  におけるロケットの速度  $v(t)$  を求めよ。

(4) 時間  $t$  におけるロケットの上昇高度  $x(t)$  を求めよ。ただし、必要ならば、

$$\int \log y \, dy = y \log y - y + C \quad (C \text{ は任意定数})$$

となることを用いてもよい。

次のページにつづく

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 1 問 物理学 (1) (その 2)

II. 図 1 のように、長さ  $2L$  の細い一様な棒が、滑らかな床の上で静止している。棒の質量を  $M$  とする。いま、棒の重心  $G$  から距離  $h$  の点  $A$  において、床と平行で、かつ、棒と垂直な方向に力積  $P$  の撃力が働いた。これによって重心  $G$  は撃力の向きに速度  $v_0$  を獲得し、また棒は重心  $G$  のまわりに角速度  $\omega_0$  で回転を始めたとする。ただし、床と棒の間の摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。次の設問(5)~(7)に答えよ。

(5) 棒の重心まわりの慣性モーメントが  $\frac{1}{3}ML^2$  であることを導け。

(6)  $v_0$  と  $\omega_0$  を求めよ。

(7) 重心  $G$  から見て点  $A$  とは反対側、かつ、 $G$  から  $x$  だけ離れた所にある点  $B$  を考える。棒に撃力が働いた直後の点  $B$  における速度は 0 であった。 $x$  を求めよ。

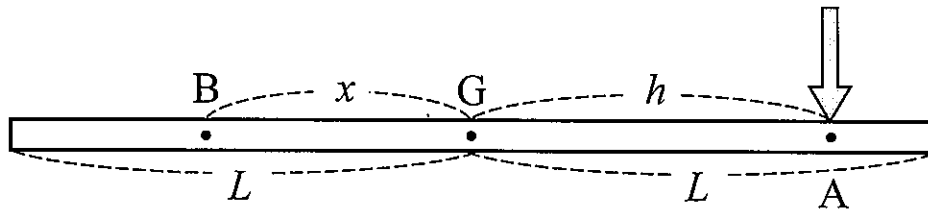


図 1. 床の上に置かれた棒を上から見た図

次に、図 2 のように、この棒の点  $A$  を水平な軸に通し、棒が軸のまわりに自由に回転できる場合を考える。軸を通る鉛直線と棒のなす角を  $\theta$  とし、 $\theta$  は十分に小さく、棒は一つの鉛直面内を、軸のまわりに微小振動をするものと仮定する。また、重力加速度を  $g$  とする。次の設問(8)~(10)に答えよ。

(8) この棒の微小振動の周期  $T_A$  を求めよ。

(9) 同様に、今度は点  $A$  ではなく、棒の点  $B$  を水平な軸に通し、棒が軸のまわりに微小振動するときの周期  $T_B$  を求めよ。

(10) この棒を水平な軸から外し、点  $B$  を手で持つとき、点  $A$  において棒と垂直にボール等を当てれば、手にかかる衝撃を最小にできる。それでは、野球のバット等において、手で握る位置 (点  $B$  に相当する位置) を決めるとき、点  $A$  に相当する位置を探すにはどのようにすればよいだろうか? 設問(8)(9)の結果を用いて答えよ。

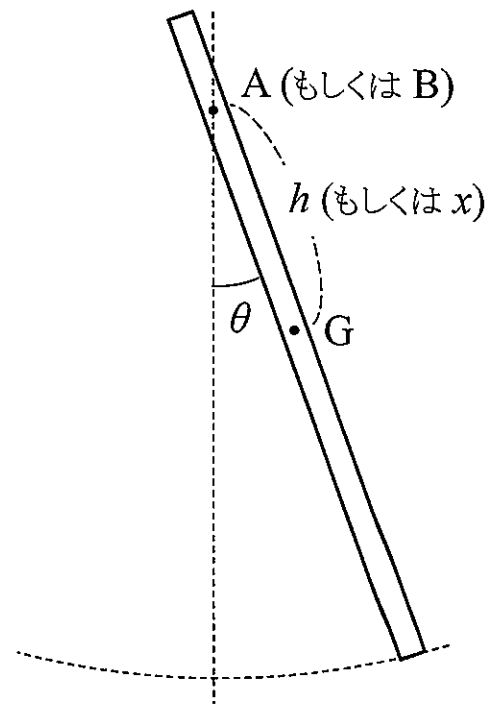


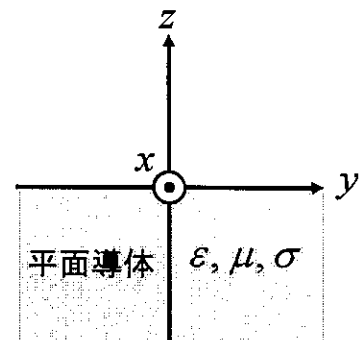
図 2. 棒が微小振動をする鉛直面内を表した図

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
 生命環境科学系 総合科目

第 2 問 物理学 (2)

導体を流れる交流は導体の表面付近を流れる. この現象を, 表面が無限大の広さをもつ平面である平面導体の場合について考える. 図のように,  $z=0$  の平面が導体表面,  $z<0$  の領域が導体内部になるように  $x, y, z$  軸をとる. 導体の表面付近では,  $y$  軸の正方向に, 角周波数  $\omega$  の交流が, 電流密度  $\mathbf{i}$  で流れている.  $\mathbf{i}$  は平面内で一様で, その  $x, y, z$  成分は  $i_x=0, i_y=a(z)e^{j\omega t}, i_z=0$  である. ここで,  $t$  は時間,  $j$  は  $j^2=-1$  を満たす虚数単位である. また, 導体の電気伝導率は  $\sigma$  で, 導体内外の空間は一様な誘電率  $\epsilon$  と一様な透磁率  $\mu$  をもつとする. 以下の【ア】から【ト】に当てはまる式, 数値, 語句を答えよ.

- (1)  $\mathbf{i}$  がつくる磁場  $\mathbf{H}$  を求める.  $\omega$  はあまり大きくないとして, 定常電流がつくる磁場に関するアンペールの法則に基づいて考える.  $\mathbf{i}$  は  $y$  軸方向に流れているので,  $\mathbf{H}$  の  $y$  成分は  $H_y = \text{【ア】}$  である. また,  $\mathbf{i}$  は  $z=0$  の平面に平行な平面内で一様なので,  $\mathbf{H}$  の  $z$  成分は  $H_z = \text{【イ】}$  である.  $\mathbf{i}$  は  $e^{j\omega t}$  の時間依存性をもつので  $\mathbf{H}$  の  $x$  成分を  $H_x = h(z)e^{j\omega t}$  とおくと,  $dh/dz = \text{【ウ】}$  となる.
- (2) 時間変化する  $\mathbf{H}$  により生じる電場  $\mathbf{E}$  の  $x, y, z$  成分は,  $E_x = \text{【エ】}$ ,  $E_y = g(z)e^{j\omega t}$ ,  $E_z = \text{【オ】}$  である. したがって,  $dg/dz = \text{【カ】}$  である.
- (3) オームの法則によると,  $\mathbf{i}$  と  $\mathbf{E}$  の間には  $\mathbf{i} = \text{【キ】}$  の関係があるので,  $a = g \text{【ク】}$  となる.
- (4)  $h(z)$  は微分方程式  $\frac{d^2 h}{dz^2} + \text{【ケ】} h = 0$  を満たす. この微分方程式の2つの線形独立解は  $e^{+\lambda z}$  と  $e^{-\lambda z}$  なので, 一般解は  $C_1 e^{+\lambda z} + C_2 e^{-\lambda z}$  となる.  $\lambda = (1+j) \text{【コ】}$  で, 任意定数  $C_1$  と  $C_2$  は境界条件 ( $z=0$  で  $h=H_0$ ,  $z=-\infty$  で  $h$  が有限の値をもつ) から決まり,  $C_1 = \text{【サ】}$ ,  $C_2 = \text{【シ】}$  となる. これらの結果から,  $\mathbf{H}$  は  $\mathbf{i}$  より  $\text{【ス】}$  だけ位相が遅れることがわかる. なお, 必要ならば,  $j = (1+j)^2/2$  であることを用いてもよい.
- (5) 平面導体の表面から深さ  $d$  のところで  $\mathbf{i}$  の大きさは  $i_d = i_0 \text{【セ】}$  となる. ここで,  $i_0$  は表面での  $\mathbf{i}$  の大きさである. また,  $\mathbf{i}$  の大きさが  $i_0$  の  $1/e$  ( $e$  は自然対数の底) になる深さ  $\delta$  は  $\omega, \mu, \sigma$  を用いて  $\delta = \text{【ソ】}$  となる.  $\omega$  が大きくなると  $\delta$  は  $\text{【タ】}$  なる.
- (6) 銅は  $20^\circ\text{C}$  で  $\sigma = 6 \times 10^7 \text{ } \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$  である.  $50 \text{ Hz}$  の交流を銅の平面導体に流した場合,  $\delta$  は  $\text{【チ】}$  m となる. 精度1桁の数値で答えよ. この値から考えると, 大電流の  $50 \text{ Hz}$  の交流を直径  $0.3 \text{ m}$  の銅の送電線で送ることは適当で  $\text{【ツ】}$ . また,  $0.5 \text{ MHz}$  の交流では  $\delta$  が  $\text{【テ】}$  m となる. 精度1桁の数値で答えよ. したがって,  $50 \text{ Hz}$  の場合と同じ大きさの  $0.5 \text{ MHz}$  の交流を流す場合, 使用する銅線は  $\text{【ト】}$  が適当である. なお,  $\delta$  の計算では  $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N}\cdot\text{A}^{-2}$  としてよい.



平成31年度修士課程入学試験問題

生命環境科学系 総合科目

第3問 物理学 (3) (その1)

以下の問I, IIに答えよ。ただし、プランク定数を  $2\pi$  で割った定数を  $\hbar$  とする。

I. 3準位からなる量子系を考え、 $|a\rangle, |b\rangle, |c\rangle$  を系の状態空間の正規直交基底とする。 $E$  と  $V$  を正の定数とし、演算子  $\hat{H}_0, \hat{V}_1$  と状態  $|\Psi\rangle$  を

$$\hat{H}_0 = E|a\rangle\langle a| + E|b\rangle\langle b| + 3E|c\rangle\langle c|, \quad \hat{V}_1 = V|b\rangle\langle c| + V|c\rangle\langle b|,$$

$$|\Psi\rangle = \frac{1+2i}{3}|a\rangle + \frac{1}{3}|b\rangle + \frac{\sqrt{3}}{3}|c\rangle$$

と定義する。

- (1) 系のハミルトニアンが  $\hat{H}_0$  で与えられ、系の状態が  $|\Psi\rangle$  のとき、エネルギーの値を観測して  $E, 2E, 3E$  が得られる確率をそれぞれ求めよ。
- (2) 系の状態が  $|\Psi\rangle$  のとき、演算子  $\hat{V}_1$  の期待値を求めよ。
- (3) 時刻  $t = 0$  での系の状態が  $|\Psi\rangle$  で与えられ、 $\hat{H}_0$  をハミルトニアンとして時間発展するとき、時刻  $t$  での演算子  $\hat{V}_1$  の期待値を求めよ。

次に演算子  $\hat{H}_1, \hat{V}_2, \hat{H}_2$  を

$$\hat{H}_1 = \hat{H}_0 + g\hat{V}_1, \quad \hat{V}_2 = (1+2i)V|a\rangle\langle c| + \alpha|c\rangle\langle a|, \quad \hat{H}_2 = \hat{H}_0 + g(\hat{V}_1 + \hat{V}_2)$$

と定義する。ここで  $g$  は実数、 $\alpha$  は複素数とする。系のエネルギー固有値を  $E_1, E_2, E_3$  とし、 $E_1 \leq E_2 \leq E_3$  を満たすように選び、 $g$  が小さいときのエネルギー固有値の振る舞いを理解するための展開の係数  $E_i^{(n)}$  を

$$E_i = \sum_{n=0}^{\infty} g^n E_i^{(n)} = E_i^{(0)} + gE_i^{(1)} + g^2 E_i^{(2)} + O(g^3) \quad (i = 1, 2, 3)$$

により定義する。

- (4) 系のハミルトニアンが  $\hat{H}_1$  で与えられるとき、 $E_1^{(0)}, E_1^{(2)}, E_2^{(0)}, E_2^{(2)}, E_3^{(0)}, E_3^{(2)}$  を求めよ。
- (5) 系のハミルトニアンが  $\hat{H}_2$  で与えられるとき、系の時間発展がユニタリーになるような  $\alpha$  の値を求めよ。以下では  $\alpha$  の値はこのように選ばれているとする。
- (6) 系のハミルトニアンが  $\hat{H}_2$  で与えられるとき、 $E_1^{(0)}, E_1^{(2)}, E_2^{(0)}, E_2^{(2)}, E_3^{(0)}, E_3^{(2)}$  を求めよ。
- (7) 系のハミルトニアンが  $\hat{H}_2$  で与えられるとき、 $E_2$  に対応するエネルギー固有状態を求めよ。規格化はしなくてよい。

平成 31 年度修士課程入学試験問題

生命環境科学系 総合科目

第 3 問 物理学 (3) (その 2)

II. 1 次元のポテンシャルによる粒子の定常的束縛状態について量子力学的に考察しよう。粒子の質量を  $m$ , 座標を  $x$ , エネルギーを  $E$ , 時刻  $t$  の波動関数を  $\psi(x) \exp(-iEt/\hbar)$  とし、デルタ関数に比例するポテンシャル  $-V\delta(x)$  を考える。ここで  $V$  は正の定数である。

- (1)  $\psi(x)$  の満たすシュレディンガー方程式を書け。
- (2) 領域  $x < 0$  における  $\psi(x)$  および領域  $x > 0$  における  $\psi(x)$  を求めよ。規格化はしなくてよい。ただし  $E < 0$  とし、この設問においては領域  $x < 0$  と領域  $x > 0$  の接続条件を考慮せずに  $E$  を用いて答えてよい。
- (3)  $\epsilon > 0$  とし、シュレディンガー方程式を  $x = -\epsilon$  から  $x = \epsilon$  まで積分することにより、三つの値  $\lim_{\epsilon \rightarrow +0} \psi'(\epsilon)$ ,  $\lim_{\epsilon \rightarrow +0} \psi'(-\epsilon)$ ,  $\psi(0)$  の間に成り立つ関係式を求めよ。ただし  $\psi'(x) = \frac{d\psi(x)}{dx}$  である。
- (4) 前問の結果と  $x = 0$  における波動関数の連続性を用いて束縛状態のエネルギー  $E$  を求めよ。結果は  $m, \hbar, V$  を用いて表すこと。
- (5) 粒子の位置のゆらぎの目安として、期待値  $\langle x^2 \rangle$  を  $m, \hbar, V$  を用いて表せ。
- (6) この束縛状態の運動量  $p$  表示での波動関数を  $\phi(p) \exp(-iEt/\hbar)$  とする。 $\phi(p)$  の具体形を求めよ。規格化はしなくてよい。
- (7)  $|\phi(p)|$  は  $p = 0$  で最大値をとる。運動量のゆらぎの目安として

$$\left| \frac{\phi(p_0)}{\phi(0)} \right| = \frac{1}{2}$$

となる値  $p_0$  を  $m, \hbar, V$  を用いて表せ。

平成31年度修士課程入学試験問題

生命環境科学系 総合科目

第4問 物理学(4) (その1)

以下の問I, IIに答えよ。なお、絶対温度を  $T$ 、ボルツマン定数を  $k_B$  とする。

I. 熱平衡状態にある流体の熱力学に関する以下の問いに答えよ。ただし流体の粒子数は一定とする。

- (1) 流体に微小な操作を行ったところ、温度が  $dT$ 、圧力が  $dP$  だけ微小変化したとする。このときのギブス自由エネルギーの微小変化  $dG$  は、

$$dG = \boxed{\text{ア}} dT + \boxed{\text{イ}} dP$$

と書ける。 $\boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}}$  を、体積  $V$ 、エントロピー  $S$  を用いて表せ。

- (2) 前問と同様の状況において、エントロピーの微小変化  $dS$  は、

$$dS = \boxed{\text{ウ}} dT + \boxed{\text{エ}} dP$$

と書ける。 $\boxed{\text{ウ}}$ 、 $\boxed{\text{エ}}$  を、温度  $T$ 、体積  $V$ 、定圧熱容量  $C_P$ 、熱膨張係数  $\alpha$  のみを用いて表せ。ただし定圧熱容量と熱膨張係数は、 $C_P = T \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_P$ 、 $\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$  で定義される。

- (3) 定積熱容量は  $C_V = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$  で定義される。内部エネルギー  $U$  をエントロピー  $S$  と体積  $V$  の関数  $U(S, V)$  として見たとき、 $U$  は  $S$  について下に凸であることを用いて、 $C_V \geq 0$  を示せ。ただし  $T > 0$  であり、 $U$  は  $S$  について二階微分できるとしてよい。

- (4) この流体について、温度  $T$  を横軸、圧力  $P$  を縦軸とする相図を考える。この流体は二つの相(相1、相2)をもち、その相境界では一次相転移が起こるとする。この相境界における圧力を  $P_*(T)$  とするとき、温度  $T$  における相境界の傾き  $\frac{dP_*}{dT}$  を、相境界の相1側でのエントロピー  $S_1$  と体積  $V_1$ 、相境界の相2側でのエントロピー  $S_2$  と体積  $V_2$  を用いて表せ。

- (5) 前問と同様の設定だが、相境界では二次相転移が起こる場合を考えよう。この二次相転移では、エントロピー  $S$  と体積  $V$  は連続であるが、熱膨張係数  $\alpha$ 、定圧熱容量  $C_P$ 、等温圧縮率  $\kappa_T$  は不連続に変化するとする。このとき、温度  $T$  における相境界の傾き  $\frac{dP_*}{dT}$  を、以下の二通りの方法で表せ。ただし等温圧縮率は  $\kappa_T = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$  で定義される。

- (a) 相境界における温度  $T$  と体積  $V$ 、相境界の相1側での熱膨張係数  $\alpha_1$  と定圧熱容量  $C_{P,1}$ 、相境界の相2側での熱膨張係数  $\alpha_2$  と定圧熱容量  $C_{P,2}$  を用いて。ただしこれらの量は有限であるとする。

- (b) 相境界の相1側での熱膨張係数  $\alpha_1$  と等温圧縮率  $\kappa_{T,1}$ 、相境界の相2側での熱膨張係数  $\alpha_2$  と等温圧縮率  $\kappa_{T,2}$  を用いて。ただしこれらの量は有限であるとする。



平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 4 問 物理学 (4) (その 2)

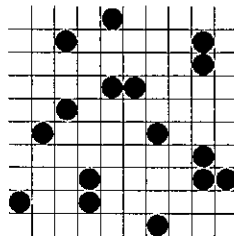
II. 格子気体モデルでは、 $D$ 次元立方体を  $M = L^D$  個の立方体状のセルに分割し、系の中に  $N$  個の粒子が分布する状況を考える。一つの粒子は一つのセルを占め、粒子は互いに重なることはない（二次元の場合の粒子配置の例を図に示した）。一つのセルの  $D$ 次元体積を  $v_0$ 、系の全体積を  $V = v_0 M$  とする。また、系は十分大きく、周期境界条件を課す。系が温度  $T$  の平衡状態にあるとき、以下の問いに答えよ。必要ならば、大きな整数  $n$  に対するスターリングの近似式  $n! \simeq n^n e^{-n}$  を用いてよい。解答には、定数  $k_B, v_0, z, \epsilon$  および問題文中に指定された関数の引数を用いよ。

はじめに、粒子は互いに重なることはないが、他に粒子間の相互作用がない場合について考える。

- (1)  $M$  個のセルに  $N$  個の粒子を配置する場合の数  $W(N, M)$ 、系のエントロピー  $S(N, M)$  を求めよ。
- (2) 系のヘルムホルツ自由エネルギーを  $F$  として、圧力を  $P = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_{T, N}$  で定義する。系の圧力  $P(T, V, N)$  を求めよ。
- (3) 同じ温度、粒子数密度をもつ古典理想気体と比べて、この系の等温圧縮率  $\kappa_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_{T, N}$  は大きいだろうか、小さいだろうか。理由とともに答えよ。

次に、粒子は互いに重なることはないが、粒子が隣り合ったときに隣接粒子ペアごとに相互作用エネルギー  $-\epsilon$  が生じるとする ( $\epsilon > 0$ )。

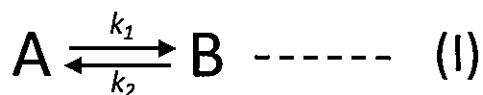
- (4) 平均的に考えると、一つのセルの  $z = 2D$  個の隣接セルのうち、 $zN/M$  個が粒子によって占有される（ブラッグ・ウィリアムズ近似）。系の平均的なエネルギー  $U(M, N)$  を求めよ。
- (5) 前問の近似のもとで、ヘルムホルツ自由エネルギー  $F(T, V, N)$ 、圧力  $P(T, V, N)$  を求めよ。
- (6) この近似計算では、任意の次元で、系は臨界点をもつ。臨界温度  $T_c$  と臨界粒子数密度  $\rho_c$  を求めよ。
- (7) 系の粒子数密度を臨界粒子数密度に固定する。温度を臨界温度以下に下げたとき、系はどのような状態になるかを説明せよ。



平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 5 問 化学・生化学 (1)

反応式 (I) で表される可逆 1 次反応について考える。以下の問い(1)~(3)に答えよ。



- (1) 正反応、逆反応の速度定数をそれぞれ  $k_1$ 、 $k_2$  とし、A の初濃度を  $[A]_0$  とするとき、反応時間  $t$  における A の濃度  $[A]$  と B の濃度  $[B]$  を、 $k_1$ 、 $k_2$ 、 $t$ 、および  $[A]_0$  を用いて表せ。ただし、B の初濃度は 0 とする。解答に至る考え方や計算過程などを必ず記述すること。
- (2) この可逆 1 次反応において、平衡状態での A の濃度  $[A]_{eq}$  および B の濃度  $[B]_{eq}$  を、 $k_1$ 、 $k_2$ 、および  $[A]_0$  のうち必要なものを用いて表せ。解答に至る考え方や計算過程などを必ず記述すること。
- (3) ヒト培養細胞において、小胞体とゴルジ体間を循環して小胞輸送するタンパク質 P が以下の特性を持つと仮定する。タンパク質 P は、小胞体内腔に一定の濃度  $[A]_0$  になると生合成が停止し、細胞に化合物 Q を作用させた時、その瞬間からゴルジ体への小胞輸送が開始され、最終的には小胞体とゴルジ体間の循環小胞輸送を行う。(i) タンパク質 P が発現しているヒト培養細胞をシクロヘキシミド(cycloheximide)処理してタンパク質 P の生合成を停止させた状態で、細胞に化合物 Q を作用させることにより、タンパク質 P の小胞体とゴルジ体間循環小胞輸送を開始させた。循環小胞輸送開始後の特定の時間の小胞体とゴルジ体のタンパク質 P の濃度 (それぞれ  $[A]$  と  $[B]$ ) を正確に知ることができるとき、小胞体とゴルジ体のタンパク質 P の循環小胞輸送は、上記の可逆 1 次反応式(I)で表すことができた。以下の(a)~(c)の問いに答えよ。
- (a) タンパク質 P の循環小胞輸送を定量的に解析するため、上記問題文の下線部(i)に示すようにシクロヘキシミドによるタンパク質 P の生合成の停止操作が必要である。その理由を説明せよ。
- (b) タンパク質 P の小胞体での初濃度を  $[A]_0$ 、輸送開始後の時間  $t$  における小胞体での濃度  $[A]$ 、ゴルジ体での初濃度を 0、循環小胞輸送が平衡状態になったときの小胞体での濃度  $[A]_{eq}$  としたとき、 $\ln \{([A]-[A]_{eq})/([A]_0-[A]_{eq})\}$  の値を輸送開始からの時間  $t$  に対してプロットすると直線となり、その傾き  $m$  が得られた。この時、小胞体でのタンパク質 P の濃度  $[A]$  とゴルジ体での濃度  $[B]$  の時間変化のおおよその形をグラフに描け。ただし、 $k_1=3k_2$  とする。グラフ縦軸には小胞体でのタンパク質 P の初濃度  $[A]_0$  を示し、循環小胞輸送が平衡状態になったときのタンパク質 P の小胞体での濃度  $[A]_{eq}$  とゴルジ体での濃度  $[B]_{eq}$  を、 $[A]_0$ 、 $m$  のうち必要なものを用いて示せ。解答に至る考え方や計算過程などを必ず記述すること。
- (c) 小胞体タンパク質が、正常な高次構造にフォールディングされずに小胞体内腔に異常蓄積するとき、細胞はその傷害を回避し、恒常性維持のために小胞体ストレス応答 (unfolded protein response) を起こす。この小胞体ストレス応答の一つに小胞体関連分解 (ER-associated degradation : ERAD) がある。この機構により、異常タンパク質は小胞体内腔から細胞質側に逆輸送され細胞質で分解される。この小胞体関連分解について、リゾソーム経路やオートファジー経路によるタンパク質分解と対比させながら、それらの類似点と相違点を明らかにして説明せよ。

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
 生命環境科学系 総合科目

第 6 問 化学・生化学 (2)

ヒトのシトクロム c は 104 個のアミノ酸がペプチド結合でつながった蛋白質であり、1 分子のシトクロム c あたり 1 分子のヘムが結合できる。シトクロム c に含まれるヘム鉄は 3 価あるいは 2 価の状態をとり、それぞれシトクロム c( $\text{Fe}^{3+}$ )、シトクロム c( $\text{Fe}^{2+}$ )と書くことにする。下図に、アミノ酸の一文字表記を用い、シトクロム c のアミノ酸配列をアミノ末端から順にカルボキシル末端まで記した。以下の問いに答えよ。必要があれば、気体定数  $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、ファラデー定数  $F = 9.649 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$  を使って計算せよ。なお、答えの有効数字は 3 桁とせよ。

$\begin{array}{cccccccc}
 1 & & 10 & & 20 & & 30 & & 40 & & 50 \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 \text{GDVEKGGK} & \text{KIFIMKCS} & \text{QCHTVEK} & \text{GGKHK} & \text{TGP} & \text{NLHGLF} & \text{GRKTG} & \text{QAPGYSY} & \text{TA} \\
 51 & & 60 & & 70 & & 80 & & 90 & & 100 & & 104 \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 \text{ANKNKG} & \text{I} & \text{IWGED} & \text{TLMEY} & \text{LENPK} & \text{KYI} & \text{PGTKMI} & \text{FVGIKK} & \text{KEERAD} & \text{LIAYL} & \text{KKATNE}
 \end{array}$

- (1) シトクロム c を①トリプシン、あるいは、②プロモシアンで処理した場合、最大何箇所まで切断されると推定されるか理由とともにそれぞれ答えよ。
- (2) シトクロム c の等電点は 9.6 である。蛋白質の等電点とは何かを説明せよ。また、シトクロム c の等電点の特徴をアミノ酸組成をもとに説明せよ。
- (3) ヒト血清アルブミン (分子量約 66,500、等電点 5.7) とヒトのシトクロム c との混合液を用いて、ゲルろ過クロマトグラフィー、または、陽イオン交換クロマトグラフィーによる精製を行った。
  - (a) ゲルろ過クロマトグラフィーでは、アルブミンとシトクロム c のどちらが先にカラムから溶出するか理由とともに答えよ。
  - (b) pH 7.4 の条件の下で陽イオン交換クロマトグラフィーを行うと、アルブミンとシトクロム c の内、一方のみがカラムに吸着した。吸着した蛋白質はどちらか理由とともに答えよ。また、吸着した蛋白質をカラムから溶出させるには、どのような溶出液を加えたらよいか理由とともに答えよ。
- (4) シトクロム c に含まれるヘムの鉄イオンは何配位か答えよ。
- (5) シトクロム c( $\text{Fe}^{3+}$ ) の紫外可視吸収スペクトルを測定すると、409 nm と 280 nm に吸収帯のピークが観測された。
  - (a) 吸光度  $A$  と透過率  $T$  との関係式を示せ。
  - (b) 409 nm の吸収帯はソーレー帯と呼ばれヘムの吸収による。光路長 1.00 cm のセルにシトクロム c( $\text{Fe}^{3+}$ ) 溶液を入れ紫外可視吸収スペクトルを測定すると 409 nm の吸光度が 1.23 であった。シトクロム c( $\text{Fe}^{3+}$ ) の濃度を求めよ。但し、409 nm におけるシトクロム c( $\text{Fe}^{3+}$ ) の吸光係数は  $82.9 \times 10^3 \text{ mol}^{-1} \text{ L cm}^{-1}$  であるとする。
  - (c) 280 nm にはヘムの吸収に加えシトクロム c 内の主に 2 種類のアミノ酸残基の吸収も観察される。280 nm での吸光係数  $5.6 \times 10^3 \text{ mol}^{-1} \text{ L cm}^{-1}$  と  $1.2 \times 10^3 \text{ mol}^{-1} \text{ L cm}^{-1}$  のアミノ酸はそれぞれ何か。アミノ酸の名称および構造式をそれぞれ書け。
- (6) シトクロム c( $\text{Fe}^{3+}$ ) でユビキノールが酸化される反応について考える。
 
$$\text{ユビキノン} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ユビキノール} \quad \text{標準還元電位 } E^\circ = 0.052 \text{ V}$$

$$\text{シトクロム c}(\text{Fe}^{3+}) + \text{e}^- \rightarrow \text{シトクロム c}(\text{Fe}^{2+}) \quad \text{標準還元電位 } E^\circ = 0.254 \text{ V}$$
  - (a) ユビキノールがシトクロム c( $\text{Fe}^{3+}$ ) で酸化される反応の標準起電力  $\Delta E^\circ$  を求めよ。
  - (b) ユビキノールがシトクロム c( $\text{Fe}^{3+}$ ) で酸化される反応の標準ギブズエネルギー変化  $\Delta G^\circ$  を求めよ。
- (7) シトクロム c の生体内での機能を二つ挙げ説明せよ。

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 7 問 化学・生化学 (3)

化学・生化学実験で利用される蛍光法に関する以下の問いに答えよ。

(1) 分子が光エネルギー  $h\nu_A$  を吸収して  $h\nu_F$  の蛍光を放出する過程は、図 1 の Jablonski ダイアグラムを用いて説明できる。

(a) 右図の  $S_0$ 、 $S_1$ 、 $S_2$  の名称、さらに i、ii、iii に該当する電子遷移過程の名称を答えよ。

(b)  $S_0 \sim S_2$  と i~iii の用語の中から必要なものを全て用い、分子が光を吸収して蛍光を発するまでの過程を 3~4 行程度で説明せよ。

(c) アガロースゲルを用いる核酸の電気泳動では、エチジウムブロマイド (EB) を用いて泳動バンドを染色した後、蛍光観察を行う。これは、EB が核酸と結合すると蛍光強度が増大する現象を利用している。核酸と結合する際に EB の蛍光強度が増大する要因について説明せよ。図を用いて説明してもよい。

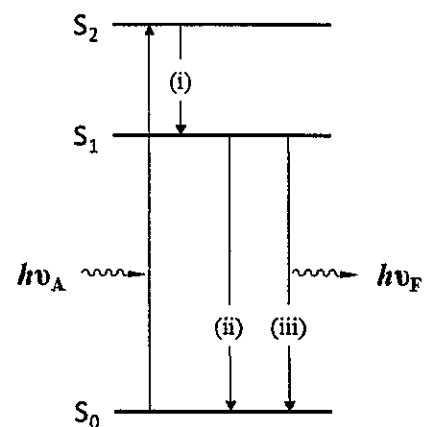


図 1 Jablonski ダイアグラム

(2) 緑色蛍光タンパク質 (GFP) などの蛍光タンパク質を用い、二分子間の相互作用を検出することができる。図 2 は、GFP と赤色蛍光タンパク質 (RFP) がもつ蛍光団の化学構造を示している。

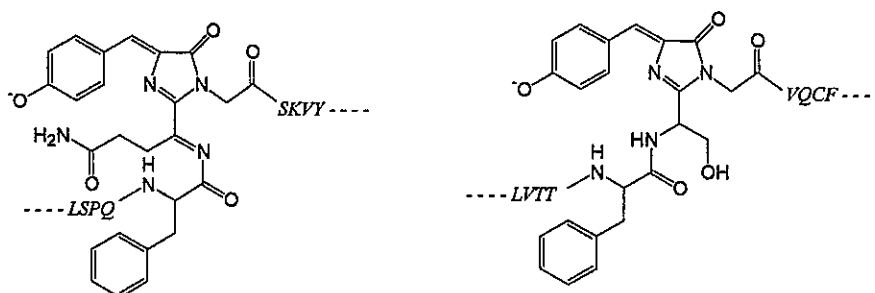


図 2 RFP (左) と GFP (右) の蛍光団の構造

※斜体のアルファベットは一文字表記のアミノ酸を示す

(a) GFP がもつ蛍光団は、複数のアミノ酸が反応して形成される。GFP の蛍光団を構成しているアミノ酸を全て答えよ。

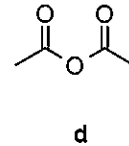
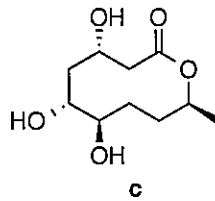
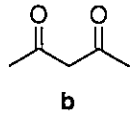
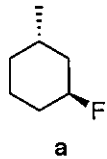
(b) RFP の極大蛍光波長は GFP のものよりも長波長側に存在する。それぞれの蛍光団の Jablonski ダイアグラムを図示し、長波長側にシフトする理由を化学構造の観点から説明せよ。

(c) 細胞内の分子間相互作用を確認する手法の一つに、蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET) を利用するものがある。FRET で二つの蛍光タンパク質間の相互作用を検出する場合、FRET の効率を上げるために必要な要素について説明せよ。

平成31年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

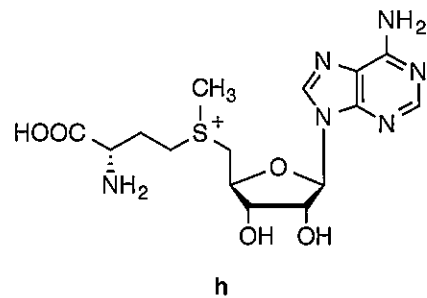
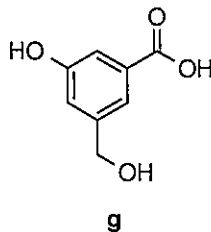
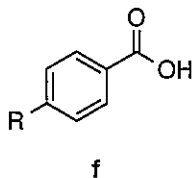
第8問 化学・生化学(4)

I. 次の化合物 a-d について以下の問いに答えよ。必要であれば図を用いて良い。

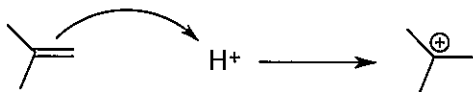


- (1) 化合物 a の最も安定ないす型配座を書け。
- (2) 化合物 b の水素のうち、最も酸性度の高い水素はどれか答えよ。
- (3) 化合物 c の全ての不斉炭素について、それらの立体化学を *RS* 表記で答えよ。
- (4) 化合物 c をピリジン中で化合物 d と室温で 12 時間反応させた。反応生成物の構造を書け。
- (5) 化合物 c と (4) の生成物をシリカゲル薄層クロマトグラフィーで分析した。適当な有機溶媒で展開後、発色試薬を用いて検出した。検出されたスポットの位置関係を図示し、また、その理由を説明せよ。

II. 次の化合物 e-h に関する以下の問いに答えよ。必要であれば図を用いて良い。



反応機構の書き方の例



- (1) 化合物 e の名称を答えよ。また、共鳴構造式を全て書け。
- (2) フェノールとカルボン酸が酸性を示す理由をそれぞれ説明せよ。
- (3) 化合物 f の置換基 R を、水素からメチル基またはニトロ基へ置換した。それぞれ、カルボン酸の酸性度はどのように変化するか、理由とともに答えよ。
- (4) 化合物 e のジエチルエーテル溶液と化合物 g を室温で十分反応させた。生成物の構造と反応機構を書け。
- (5) *S*-アデノシルメチオニン(h)は、一般的に生体内においてはメチル基供与体として働く。このとき、h は求核剤あるいは求電子剤のどちらとして振る舞うか、h の化学的な性質に基づいて説明せよ。
- (6) DNA 中のシトシンは、DNA メチル基転位酵素により化合物 h からメチル基を供与される。シトシンのメチル化に関して、生成物の構造と反応機構を書け。
- (7) 翻訳後修飾において、化合物 h によりメチル化されるアミノ酸を 2 つ答えよ。また、その理由をアミノ酸側鎖の化学的な性質に基づいて説明せよ。

平成31年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第9問 生物学(1)

細胞生物学に関する次の文を読み、以下の問I～IVに答えよ。

動物の初期発生では、(a)胚の細胞が組織単位で大きく移動し、その結果、胚の構造が複雑になる。細胞が動く時、細胞膜には様々な力がかかり、細胞の形が変化することで、結果的に組織の形状が変化する。近年、形態形成と細胞にかかる力、そして細胞形状の関連について様々な研究が行われている。

問I 下線部(a)について。細胞骨格に関する以下の表について、ア～コにあてはまる語句を答えよ。解答はア-DNAのように記述し、ク～コについては、太い・中間の太さ・細いのいずれかから選んで記入せよ。また、サ～スについては、それぞれ1行程度の文で記述し、セ～タについては、解答用紙に細胞をそれぞれ1つずつ描き、その中に図示せよ。

	アクチン繊維	微小管	ア
構成タンパク質	アクチン	イ	サイトケラチンなど
極性の有無	ウ	エ	オ
重合に関わるヌクレオチド	カ	キ	(なし)
太さ	ク	ケ	コ
役割	サ	シ	ス
局在	セ	ソ	タ

問II 動物細胞の接装置のうち、細胞内でアクチンと連結するもの2種類の名称を挙げ、その特徴とアクチンとの連結に関与する分子を挙げながら全部で3行程度で記せ。

問III ある動物胚における、単層の細胞群を考える。この細胞群は、細胞が隙間なく充填しているものとする。

- (1) この細胞群のうち、ある1つの細胞をレーザー破壊すると、その周辺に位置する細胞の形状はどのように変化すると予想されるか。理由とともに記せ。
- (2) この細胞群の形状が正方形であるとする。細胞群を構成する細胞数や、個々の細胞の形状を変化させることなく、細胞群の形状を正方形から長方形に変形させるためには個々の細胞は細胞群が伸長する方向に対してどのように移動することが必要か。理由とともに記せ。
- (3) 個々の細胞の頂端面(表面側の細胞面)が収縮すると、細胞群全体は結果的にどのように変形するか。収縮前後の細胞群の様子を、細胞群を横から見た断面図で記せ。

問IV 「ある注目する組織の変形は、アクチン-ミオシン複合体の収縮による細胞形状の変化によって引き起こされる」という作業仮説を検証するためには、どのような実験を計画する必要があるか。5行程度で説明せよ。

平成 31 修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 10 問 生物学 (2)

次の文を読み、関連する以下の問 I ~IV に答えよ。

多くの動物では、運動能をもつ小型配偶子である精子と運動能をもたない大型配偶子の卵が作られ、2種類の配偶子の接合により次世代の個体発生が始まる。増殖中の動物体細胞ではゲノム複製と同時期に中心体の複製も起こり、分裂時に1つずつ娘細胞へ受け継がれることで (a)細胞内の中心体数は1または2となるよう制御されている。配偶子形成の際、多くの場合卵からは機能的な中心体が失われ、(b)精子の中心体のみが受精卵へ持ち込まれることで、(c)胚の細胞がもつ中心体の数が過剰になることなく維持される。

問 I 成体マウスの精巣を構成する細胞のうち分裂期の細胞について顕微鏡観察を行った。低倍率観察により染色体数を数え、高倍率観察により各染色体が2本の姉妹染色分体から構成されているか否かを確認したところ、主に右の表に示す4パターンの細胞が存在した。

パターン	染色体数	姉妹染色分体
1	20	あり
2	40	あり
3	40	なし
4	80	なし

- (1) (ア) 体細胞の分裂前中期、(イ) 体細胞の分裂後期、(ウ) 減数第一分裂後期、(エ) 減数第二分裂前中期、(オ) 減数第二分裂後期、の細胞はそれぞれどのパターンになるか、解答例にならって答えよ。 < 解答例：(カ) -5 >
- (2) (1)の(ア)～(オ)のうち、同じパターンとなる細胞からそれぞれ染色体のみを単離したとする。染色体のどのような違いを検出すれば、その染色体がどの分裂時期の細胞由来であるかを見分けることができるか、説明せよ。
- (3) (1)の(ア)～(オ)の細胞のうち、成体マウスの卵巣内にはほとんど観察されないと考えられるものを全てあげよ。また、観察されないと考えられる理由を説明せよ。

問 II 下線部(a)について。がん細胞には中心体が過剰に存在し、染色体異数性を示すものが存在する。中心体の数の変化が染色体異数性につながる過程について推察し説明せよ。

問 III 下線部(b)について。鞭毛で動く精子は、減数分裂終了後まで中心体を保持する必要があると考えられる。精子鞭毛の内部構造について、中心体との関係にもふれながら説明せよ。説明に図を用いてもよい。

問 IV 下線部(c)について。マウスの4細胞期の割球はいずれも全能性をもつことが知られている。全能性とは何かを説明せよ。また、割球が全能性または多能性をもつことを示唆する結果が得られる実験を1つ考案し、5行以内で説明せよ。

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 11 問 生物学 (3)

シグナル伝達に関する次の文を読み、以下の問 I ~ VII に答えよ。

内分泌細胞の細胞表面には、さまざまな受容体やチャネルが発現しており、さまざまな化学物質を受容して、ホルモンを分泌する。グルタミン酸受容体を発現している内分泌培養細胞株 X と Y を用いて、以下の実験を行った。

実験 1. リンゲル溶液中の細胞株 X と Y にグルタミン酸を投与すると、細胞株 X と Y の双方において細胞内  $\text{Ca}^{2+}$  濃度上昇が観察された。

実験 2. リンゲル溶液中の  $\text{Ca}^{2+}$  を除去した状態で、細胞株 X と Y にグルタミン酸を投与した。その結果、細胞株 X においては、細胞内  $\text{Ca}^{2+}$  濃度上昇が観察されたが、細胞株 Y では、何の変化も観察されなかった。

実験 3. リンゲル溶液中の細胞株 X と Y にグルタミン酸受容体のアゴニストの 1 つである A を投与した。その結果、細胞株 X では、細胞内  $\text{Ca}^{2+}$  濃度上昇が観察されたが、細胞株 Y では何の変化も観察されなかった。次に、リンゲル溶液中の  $\text{Ca}^{2+}$  を除去した状態でアゴニスト A を投与した。その結果、細胞株 X では、細胞内  $\text{Ca}^{2+}$  濃度上昇が観察されたが、細胞株 Y では何の変化も観察されなかった。

問 I 内分泌細胞の細胞内  $\text{Ca}^{2+}$  濃度上昇からホルモン分泌に至る分子機構について、SNARE タンパク質、ホルモン含有分泌顆粒、Rab タンパク質、 $\text{Ca}^{2+}$  センサー という語句をすべて用いて説明せよ。用いた語句には下線を引くこと。

問 II 細胞内  $\text{Ca}^{2+}$  濃度を測定する方法を 3 つ挙げ、それぞれの測定方法について説明せよ。

問 III 実験 1 ~ 3 の結果から、細胞株 Y に発現しているグルタミン酸受容体の種類について答えよ。

問 IV 実験 1 ~ 3 の結果から、細胞株 Y において細胞内  $\text{Ca}^{2+}$  濃度上昇が起こる機構について説明せよ。

問 V アゴニスト A が作用するグルタミン酸受容体の種類について答えよ。

問 VI 細胞株 X において、アゴニスト A の投与によって細胞内  $\text{Ca}^{2+}$  濃度上昇が起こる機構について説明せよ。

問 VII  $\beta 1$  アドレナリン受容体は、Gs タンパク質と共役し、心筋細胞膜上の M2 ムスカリン性アセチルコリン受容体は Gi タンパク質と共役する。細胞外部分が  $\beta 1$  アドレナリン受容体で細胞内部分が M2 ムスカリン性アセチルコリン受容体からなる組換え分子を作製した。このように組換えた受容体を強制発現させた細胞では、アドレナリンは細胞内 cAMP 量に対してどのような影響を与えるか、説明せよ。また、アセチルコリンはこの細胞にどのような効果を与えるかについても、説明せよ。



平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 12 問 生物学 (4)

問 I 次の文を読み、以下の(1)~(5)に答えよ。

出芽酵母内に発現している分子量が約 2 万の可溶性単量体タンパク質 A と B がある。それぞれのタンパク質の C 末端に緑色蛍光タンパク質 (GFP) を融合して、出芽酵母細胞内に発現させ、その細胞を蛍光顕微鏡で観察したところ、タンパク質 A はサイトゾル中のみに蛍光シグナルが認められ、タンパク質 B は液胞内のみに蛍光シグナルが認められた。ただし、融合タンパク質は分解を受けず、GFP の融合によりこれらのタンパク質の高次構造に影響は与えないものとする。

- (1) GFP を融合していない内在性のタンパク質 A を蛍光抗体法で検出した場合、サイトゾル以外で細胞内のどのオルガネラに局在している可能性があるか。ここまでに与えられた情報から、可能性の高い場所を 2 つ挙げ、そのように推測した理由をそれぞれ述べよ。理由が述べられていない答案には配点しない。
- (2) GFP を融合していない内在性のタンパク質 B を蛍光抗体法で検出した場合、液胞以外で細胞内のどのオルガネラに局在している可能性があるか。ここまでに与えられた情報から、可能性の高い場所を 2 つ挙げ、そのように推測した理由をそれぞれ述べよ。理由が述べられていない答案には配点しない。
- (3) タンパク質 A の翻訳が開始されるアミノ酸の直前に GFP を融合して発現させたところ、やはりサイトゾル中のみに蛍光シグナルが認められた。ここまでに与えられた情報から、内在性のタンパク質 A が局在している可能性が高い場所をすべて挙げ、そのように推測した理由を述べよ。理由が述べられていない答案には配点しない。
- (4) タンパク質 B に翻訳される領域の中央部分に GFP を挿入した融合タンパク質を細胞内に発現させると、小胞体にのみ蛍光シグナルが認められた。ここまでに与えられた情報から、内在性のタンパク質 B が局在している可能性が高い場所を 1 つ挙げ、そのように推測した理由を述べよ。理由が述べられていない答案には配点しない。
- (5) 内在性のタンパク質 A がリン酸化を受けているかどうかを調べる場合、それが判明する可能性が高い実験方法を、次の 7 つの語句のうち 4 つ以上を用いて具体的に説明せよ (用いた語句には下線を引くこと)。  
プロテインキナーゼ、蛍光顕微鏡、アルカリフォスファターゼ、細胞破碎液、  
蛍光タンパク質、Western blot 法、抗タンパク質 A 抗体

問 II 以下の文章の (a)~(j) の下線部について、誤りがあれば正しい記述に訂正せよ。ただし、下線部が正しい場合は「正しい」と解答せよ。

真核細胞内のオルガネラの 1 つであるミトコンドリアの起源は、太古に細胞内共生した (a) 嫌気性の (b) シアノバクテリアであるとされている。ミトコンドリアのマトリックスに輸送されるタンパク質の多くは、核ゲノムにコードされており、(c) トランジット配列と呼ばれるシグナル配列をタンパク質の (d) N 末端あるいは C 末端に付加された状態で (e) 膜結合型のリボソームで合成される。ミトコンドリア外膜にある (f) PEX と呼ばれる複合体は、この (c) トランジット配列部分を認識して外膜を透過させ、ミトコンドリア内膜にある (g) Sec61 と呼ばれる複合体へと受け渡す。(g) Sec61 複合体により認識された (c) トランジット配列部分は、内膜内外の (h) 浸透圧差に依存してマトリックスへと移行し、(c) トランジット配列に続く成熟体部分の内膜の膜透過は、マトリックスの分子シャペロンにより、(i) GTP のエネルギーを使って行われる。この過程で (c) トランジット配列はミトコンドリアの (j) 膜間腔で切断される。

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 13 問 身体運動科学 (1)

以下の設問すべてに答えなさい。

- I. 表に示す身体的特徴・能力を有する選手が、心拍数が 150 拍/分となるような強度の運動を 2 時間行った場合のエネルギー消費量を計算しなさい (結果だけではなく、計算過程も記すこと)。なお、安静時の酸素摂取量は最大酸素摂取量の 10% とする。

年齢	20 歳
体重	60 kg
最大酸素摂取量	60 ml/kg 体重/分
安静時心拍数	50 拍/分

- II. ヒトのエネルギー消費量を測定・推定する方法として、①メタボリックチャンバー法 (ヒューマンカロリメーター法) と②メッツ (METs) 値を用いた要因加算法があるが、それぞれの方法について知るところを述べなさい。
- III. スポーツ選手における鉄欠乏性貧血の原因、症状、および食事による改善策について知るところを述べなさい。

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 14 問 身体運動科学 (2)

以下の設問すべてに答えなさい。

I. 下記の用語の中から4つを選び、身体運動における制御や学習と関連づけて

それぞれ5行以内で説明しなさい。

大脳皮質運動前野

橋核

腹側被蓋野

下オリーブ核

脊髓小脳路

グルタミン酸受容体

脳由来神経栄養因子

順モデル

II. 随意運動と運動系の反射の関係について知るところを述べなさい。

平成31年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第15問 身体運動科学(3)

以下の設問すべてに答えなさい。

- I. 等速性筋力測定器で測定された膝伸展トルクから、外側広筋が発揮した筋張力を算出する方法を説明しなさい。
- II. 伸張-短縮サイクル運動について、以下の用語をすべて用いて説明しなさい。  
機械的効率、短縮性収縮、弾性エネルギー、筋電図、伸張性収縮、跳躍高、伸張反射
- III. バリスティックストレッチングとダイナミックストレッチングに関して、それぞれの実施方法および効果について説明しなさい。

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 16 問 身体運動科学 (4)

以下の設問すべてに答えなさい。

- I. 冬季のスポーツ競技における選手の健康管理の留意点について知るところを述べなさい。
- II. 運動・スポーツが運動器に与える影響について、子供、高齢者、それぞれの時期にわけて知るところを述べなさい。
- III. 膝前十字靭帯損傷の受傷機序、治療法と予後について知るところを述べなさい。
- IV. 肘関節に生じるスポーツ外傷、障害について知るところを述べなさい。

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 17 問 身体運動科学 (5)

以下の設問 A、B のいずれか 1 問を選択し答えなさい。

A. 以下の問 (1)～(3) すべてに答えなさい。

(1) 次の 3 つの用語を説明しなさい。3 つの共通点、相違点についても説明しなさい。

Lactate Threshold、Ventilation Threshold、Onset of Blood Lactate Accumulation

(2) 都会で生活しながら、人工的な低酸素環境施設を利用して持久的トレーニングをすることの長所、短所について説明しなさい。

(3) 持久走におけるランニングエコノミーとはどのように求めるのが一般的か説明しなさい。またこれはどのようなことによつて変化するか説明しなさい。

B. 以下の問 (1)～(4) すべてに答えなさい。

(1) 単純反応時間課題における刺激提示から反応までの神経生理学的プロセスについて検討するための計測法を複数挙げ、それぞれの計測によつてどのようなことが明らかになるか説明しなさい。

(2) 一般に、選択反応時間 (CRT) は、選択肢数 ( $n$ ) が多いほど増大する。このときの CRT と  $n$  の関係を数式で表し、グラフに示しなさい。なお、グラフは解答用紙に記入すること。

(3) GO/NO-GO 反応時間課題について以下の用語をすべて用いて説明しなさい。

弁別、抑制、実行機能 (executive function)、前頭前野、誤反応

(4) 反応時間を短縮させるためのトレーニングとしてどのようなものが考えられるか述べなさい。

第 18 問 身体運動科学 (6)

以下の設問すべてに答えなさい。

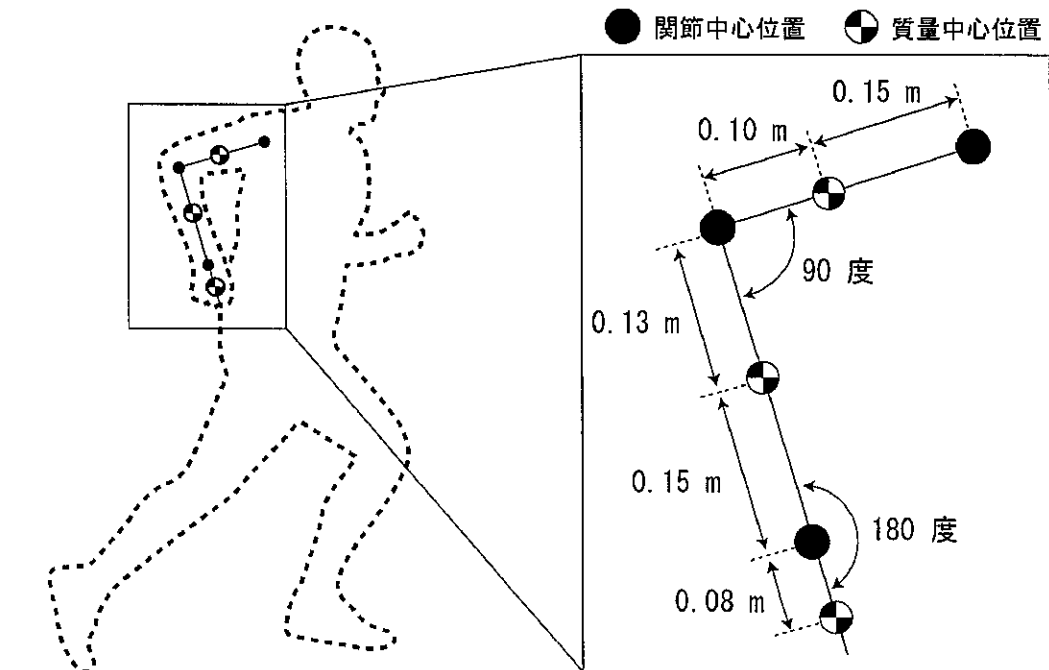
I. 次の問に答えなさい。

- (1) 機械的効率の定義について説明しなさい。
- (2) 平地でのランニングにおいて、動作の評価指標として機械的効率を用いることの問題点について説明しなさい。

II. 歩行中、踵接地から足底が完全に接地するまでの局面において、前脛骨筋の活動が観察される。この局面における前脛骨筋の役割について、力学的観点から説明しなさい。

III. 下図はランニング中のある時点での姿勢を、右上肢に焦点をあてて描いたものである。次の問に答えなさい。解答にあたっては計算過程も記すこと。なお、結果は有効数字 2 桁で記すこと。

- (1) 図で示す姿勢の際の右上肢の慣性モーメントについて、肩関節中心まわりの値を計算しなさい。  
 なお、計算にあたり下記の前提条件を付すものとする。
  - ・矢状面上の動きとして考える。
  - ・上肢は上腕、前腕、手部の 3 つのセグメントより構成されるものとし、それぞれ剛体とする。
  - ・上腕、前腕、手部の質量中心まわりの慣性モーメントは、それぞれ  $8.5 \times 10^{-3}$ 、 $6.0 \times 10^{-3}$ 、 $2.5 \times 10^{-3}$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ) とする。上腕、前腕、手部の質量は、それぞれ 1.6、1.0、0.4 (kg) とする。長さおよび関節角度については、図中に示す通りとする。
- (2) 肘関節角度が 180 度の場合、(1) の値は何倍になるか求めなさい。  
 なお、肘関節角度以外の条件はすべて同じものとする。



図

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 19 問 認知行動科学 (1)

次の用語のうち、8個を選んで簡潔に説明せよ。9個以上選んだ場合、解答はすべて無効とする。

- (1) コンラッド・ローレンツ (Konrad Lorenz)
- (2) 共有地の悲劇 (tragedy of commons)
- (3) 認知的共感 (cognitive empathy)
- (4) 色空間 (color space)
- (5) 両眼視野闘争 (binocular rivalry)
- (6) 非感性的補間 (amodal completion)
- (7) サッカー抑制 (saccadic suppression)
- (8) 95% 信頼区間 (95% confidence interval)
- (9) 網膜神経節細胞 (retinal ganglion cell)
- (10) 統合失調症のドーパミン仮説 (dopamine hypothesis of schizophrenia)
- (11) システムティックレビュー (systematic review)
- (12) 機械学習 (machine learning)



平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 20 問 認知行動科学 (2)

以下の3問のうち2問について解答せよ。

- I. 発声を学習する動物を3種以上例示し、それらの動物における発声の学習過程について記述せよ。  
また、それらの動物に共通する発声制御に関わる脳構造を説明し、なぜそれが発声学習に寄与するのかを考察せよ。
  
- II. 進化生物学における「ニッチ構築」の概念を用いて、文化と遺伝子の共進化について例を2つ以上あげ説明せよ。その際、例の1つとして「言語」を用いよ。
  
- III. オペラント条件づけにおける「頂点移動」の概念を説明せよ。また、頂点移動によって説明できる現象を2つ以上あげ、詳細に説明せよ。

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 21 問 認知行動科学 (3)

以下の4問すべてについて解答せよ。

- I. 相関関係と因果関係を調べるために用いられる統計解析法を1つずつあげ、それぞれ簡潔に説明せよ。
- II. 臨床研究やコホート研究において、因果関係を明らかにするために用いられる方法の一つに縦断研究がある。それ以外に因果関係を明らかにできる可能性のある方法をあげ、その根拠を簡潔に述べよ。
- III. 現在分かっているうつ病のリスク要因をあげよ。
- IV. あなたはうつ病発症のリスク要因を検討したいが、研究参加者をフォローできる期間は5年間しかない。この条件で、可能な限りリスク要因を明らかにできるような研究計画を立て、その内容について説明せよ。

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 22 問 認知行動科学 (4)

以下の3問すべてについて解答せよ。

I. 脳波で観察される神経引き込み(neural entrainment)と事象関連電位(ERP:event related potential)の違いについて説明せよ。

II. ヒトにおける知覚の例をひとつあげ、ベイズ理論の枠組みで説明せよ。

III. ヒトの脳の側頭葉の一部にあるPPA(parahippocampal place area)という領域が担う機能について説明せよ。また、その機能を実験的に検証するための脳機能イメージングの実験計画を立て、結果の予測を述べよ。

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 23 問 認知行動科学 (5)

以下の3問すべてについて解答せよ。

- I. 人間は、視覚対象を一目で素早く認識できることもあれば、じっくりと眺めないと認識できないこともある。それぞれのケースについて、重要な役割をもつと考えられる情報処理のメカニズムを論じよ。
- II. 低次の視覚系において画像のなかの特徴がどのように分析されているかを、神経基盤および計算モデルの点から説明せよ。
- III. 垂直の縞パターンは、やや傾いた方位の縞パターンが同時に周囲に提示されると、反対方向に傾いて知覚されることが知られている。この傾き錯視(tilt illusion)の量を測定するための心理物理学実験を考え、具体的な手続きを述べよ。

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 24 問 認知脳科学 ( 1 )

Answer all of the following questions. Answer either in Japanese or English.

I. Describe the types and the functions of somatosensory receptors underneath the skin.

II. The spatial acuity of somatosensation varies across the surface of the body and this is in part dependent on the local density of the somatosensory receptors.

Design a behavioral experiment to test this statement.

III. Explain what the somatosensory map in the cortex is and how this is related to the density of somatosensory receptors as well as the neuronal connectivity between the somatosensory receptors and the cortex.

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 25 問 認知脳科学 (2)

Answer any two of the following three questions either in Japanese or English.

I. How do different parts of the amygdala contribute to different types of fear behavior? Explain from the standpoint of connections between the amygdala and other brain regions.

II. What is reinforcement learning? Explain from the perspective of a computational model and where and how it is thought to be implemented in the brain.

III. List the monoamine neurons in the mammalian brain. Explain the functions of at least one of them in detail.

平成 31 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 26 問 認知脳科学 (3)

Answer either in Japanese or English.

The storage of memory involves long-lasting changes in the brain as a result of experience. It has been suggested that these changes may form a trace or engram of a specific memory. Describe the concept of a memory engram in a specific brain circuit and design an experiment in a model system to test a specific property of the memory trace.

# 草稿用紙



# 草稿用紙

# 草稿用紙