

令和7（2025）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

（令和6年7月20日 9:30～12:30）

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24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22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9問	生物学（4）	〇〇〇〇	〇〇〇〇

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

2025 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・生物物理学 (1) (その 1)

以下の I と II のすべてに解答せよ。

- I. 図のように N 個 ($N \gg 1$) のユニットが繋がった高分子の鎖を考える。各ユニットは独立にランダムに動くことができるため、鎖は多様な構造をとることができ、構造に応じて異なるエネルギーを持つ。この鎖がとりうる構造の総数を W 、ボルツマン定数を k_B とする。以下の問いに答えよ。



- (1) 鎖のエネルギー E が平均 \bar{E} 、分散 ΔE^2 (標準偏差 ΔE) の正規分布に従ってランダムに分布しているとする、 E と $E+dE$ の間のエネルギーを持つ構造の数 $\Omega(E)dE$ は、次のように与えられる。

$$\Omega(E)dE = \frac{W}{\sqrt{2\pi\Delta E^2}} \exp\left(-\frac{(E-\bar{E})^2}{2\Delta E^2}\right) dE$$

このとき、 E と $E+dE$ の間のエネルギーを持つ構造の数に由来する鎖のエントロピー $S(E)$ を求めよ。ただし、 $\ln W$ 、 E 、 \bar{E} 、 ΔE^2 は N のオーダー、 dE は N^α ($0 < \alpha < 1$) のオーダーとし、 N のオーダーよりも小さいエントロピーの項は無視できるとする。

- (2) 次に、この鎖が温度 T の熱浴に接している場合を考える。(1) の結果を利用して、温度 T における鎖のエネルギー $E(T)$ を求めよ。
- (3) 温度 T における鎖のエントロピー $S(T)$ とヘルムホルツの自由エネルギー $F(T)$ を求めよ。
- (4) 温度が減少すると鎖のエントロピーが 0 になり、鎖が動くことができなくなる。これが起きる温度 T_g を求めよ。
- (5) この高分子の鎖をタンパク質の変性状態とみなし、これが天然状態へとフォールディングできるための条件を考える。タンパク質の変性状態におけるヘルムホルツの自由エネルギーを F_U 、エネルギーを E_U (平均 \bar{E}_U 、標準偏差 ΔE)、とりうる構造の総数を W とする。またタンパク質の天然状態におけるヘルムホルツの自由エネルギーを F_N 、エネルギーの平均を \bar{E}_N とし、 $F_N = \bar{E}_N$ が成り立つとする。タンパク質が変性状態から天然状態へとフォールディングできるためには、 $F_N < F_U$ を満たす必要がある。この制約から、タンパク質がフォールディングできるための温度条件として $T < T_f$ が得られる。温度 T_f を求めよ。

次ページにつづく

2025 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・生物物理学（1）（その 2）

- (6) (4)と(5)から、タンパク質が天然状態へとフォールディングできる温度域は、 $T_g < T < T_f$ と表される。さらに、タンパク質が迅速にフォールディングできるためには、 $T_g \ll T_f$ が成立する必要がある。この条件を用いて、タンパク質が迅速にフォールディングできるために ΔE 、 \bar{E}_U 、 \bar{E}_N の間に成り立つべき関係式を導出せよ。

II. 以下の問いに答えよ。

- (7) 細胞内でのタンパク質のフォールディングを介助するタンパク質として、分子シャペロンがある。代表的な分子シャペロンである大腸菌 GroEL の構造特性と機能を、以下の用語をすべて用いて 5 行程度で説明せよ（解答用紙を縦半分に区切っている場合は 10 行程度で答えよ）。ただし、用語を使う順番はこの順に限らず、繰り返し用いてもよい。また、用語を使用した箇所には下線を引くこと。

サブユニット、疎水性、フォールディング、凝集、GroES、ATP、熱

- (8) タンパク質のフォールディング異常によって形成される構造体としてアミロイドがある。アミロイドを形成しうるタンパク質の名称とそれが関与する疾患の名称の組み合わせを 3 つ答えよ。また、アミロイドの構造の一般的特徴と、アミロイドの形成機構を、それぞれ 3 行程度で説明せよ（解答用紙を縦半分に区切っている場合は、それぞれ 6 行程度で答えよ）。

2025 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・生物物理学（2）（その1）

以下の問 I, II に答えよ。ただし、結果だけでなく、導出過程も簡単に記すこと。また、プランク定数を 2π で割ったものを \hbar とする。

I. 一次元調和振動子のハミルトニアン

$$\hat{H} = \hat{K} + \hat{U}, \quad \hat{K} = \frac{\hat{p}^2}{2m}, \quad \hat{U} = \frac{1}{2}m\omega^2\hat{x}^2$$

について考える。ここで、 m は質量、 ω は固有振動数である。 \hat{K} と \hat{U} はそれぞれ運動エネルギー演算子とポテンシャルエネルギー演算子である。 \hat{x} と \hat{p} はそれぞれ粒子の位置演算子と運動量演算子であり、交換関係は $[\hat{x}, \hat{p}] = i\hbar$ となる。

- (1) 交換関係 $[\hat{x}, \hat{H}]$, $[\hat{p}, \hat{H}]$ を計算せよ。
- (2) 量子状態 $|\psi\rangle$ は定常であるとする。このとき、時間に依存しない任意の演算子 \hat{A} の期待値について

$$\frac{d}{dt}\langle\psi|\hat{A}|\psi\rangle = 0$$

が成り立つことを利用して

$$\langle\psi|\hat{x}|\psi\rangle = \langle\psi|\hat{p}|\psi\rangle = 0$$

であることを示せ。

- (3) 前問と同様にして、定常な量子状態 $|\psi\rangle$ について、運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの期待値が一致することを示せ。（ヒント： $\frac{d}{dt}\langle\psi|\hat{x}\hat{p}|\psi\rangle = 0$ であることを利用せよ。）
- (4) 状態 $|\Psi\rangle$ に対する演算子 \hat{A} の揺らぎを

$$\delta A = \sqrt{\langle\Psi|\hat{A}^2|\Psi\rangle - \langle\Psi|\hat{A}|\Psi\rangle^2}$$

と定義する。規格化された基底状態 $|0\rangle$ に対する位置 \hat{x} と運動量 \hat{p} の揺らぎ δx_0 , δp_0 を求めよ。なお、ここで、基底状態のエネルギーが $\langle 0|\hat{H}|0\rangle = \hbar\omega/2$ であることを用いてよい。

- (5) 位置と運動量の基底状態における揺らぎを用いて、消滅演算子は

$$\hat{a} \equiv \frac{1}{2} \left(\frac{\hat{x}}{\delta x_0} + i \frac{\hat{p}}{\delta p_0} \right)$$

と定義できる。基底状態 $|0\rangle$ と第二励起状態 $|2\rangle \equiv \frac{1}{\sqrt{2}}\hat{a}^\dagger\hat{a}^\dagger|0\rangle$ の重ね合わせ状態

$$|\phi(\theta)\rangle = \cos\theta|0\rangle - \sin\theta|2\rangle, \quad (0 \leq \theta < 2\pi)$$

について考える。この状態に対する位置 \hat{x} の揺らぎ $\delta x(\theta)$ を計算し、揺らぎが最小になる θ の値とそのときの揺らぎの大きさを求めよ。また、その大きさと δx_0 との大小を答えよ。ここで、 $\sin\beta = 2/\sqrt{6}$ を満たし $0 < \beta < \pi/2$ である β を使ってよい。

2025 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・生物物理学 (2) (その 2)

II. 二準位系の量子状態 $|0\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$, $|1\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ による正規直交基底 $\{|0\rangle, |1\rangle\}$ に対してパウリ行列

$$\hat{I} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \hat{X} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \hat{Y} = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \hat{Z} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

を定義する。また、時間に依存しない任意のハミルトニアン \hat{H} による時間 t の時間発展演算子を $\hat{U}_{\hat{H}}(t) = e^{-\frac{i}{\hbar}\hat{H}t}$ と書く。

- (1) 時間に依存しないハミルトニアン \hat{H}_0 を、角周波数 ω を用いて $\hat{H}_0 = \frac{\hbar\omega}{2}\hat{Z}$ と定義する。量子状態 $\hat{U}_{\hat{H}_0}(t)|0\rangle$ を求めよ。
- (2) 時間に依存しない任意の二準位系のハミルトニアン \hat{H} に対し、 $\hat{U}_{\hat{H}}(t)$ は t についての関数 $\alpha_0(t), \alpha_1(t), \alpha_2(t), \alpha_3(t)$ を用いて $\hat{U}_{\hat{H}}(t) = \alpha_0(t)\hat{I} + \alpha_1(t)\hat{X} + \alpha_2(t)\hat{Y} + \alpha_3(t)\hat{Z}$ と書ける。ハミルトニアン \hat{H} が $c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 = 1$ を満たす実数 c_1, c_2, c_3 を用いて $\hat{H} = \hbar\omega(c_1\hat{X} + c_2\hat{Y} + c_3\hat{Z})$ と書けるときの $\alpha_0(t), \alpha_1(t), \alpha_2(t), \alpha_3(t)$ を求めよ。ただし、 $(c_1\hat{X} + c_2\hat{Y} + c_3\hat{Z})^2 = \hat{I}$ であることを用いてよい。
- (3) ある系の時間に依存しないハミルトニアンが角周波数 Ω を用いて $\hat{H}_{\Omega} = \frac{\hbar\Omega}{2}\hat{X}$ と書かれるとする。 \hat{H}_{Ω} による時間発展後の状態が Ω に依存しないとき、その量子状態を一つ答えよ。
- (4) \hat{H}_0 を問 (1) で定義されたハミルトニアンとし、 $\hat{H}_1 = \frac{\hbar\omega}{2}\hat{X}$ とする。問 (3) の条件を満たす量子状態は、初期状態 $|0\rangle$ をハミルトニアン $\hat{H}_0 + \hat{H}_1$ で一定時間だけ時間発展させることで準備することができる。 $\hat{U}_{\hat{H}_0 + \hat{H}_1}(t)|0\rangle$ が問 (3) の条件を満たす量子状態となる最小の時間 t を求めよ。

\hat{H}_0 または \hat{H}_1 のどちらかのハミルトニアンによる時間発展しか一度に実現できない状況において、問 (4) の状態準備で用いた時間発展 $\hat{U}_{\hat{H}_0 + \hat{H}_1}(t)$ を近似的に実現する方法を考える。

- (5) 微小時間 Δt に対し、 $\hat{U}_{\hat{H}_0 + \hat{H}_1}(\Delta t) - \hat{U}_{\hat{H}_0}(\Delta t)\hat{U}_{\hat{H}_1}(\Delta t)$ を Δt の二次まで求めよ。
- (6) 任意の時間 t と正の整数 N に対し、 \hat{H}_0 と \hat{H}_1 による時間 $\frac{t}{N}$ の時間発展を交互に N 回繰り返したときの時間発展は $\hat{V}_N(t) = \left[\hat{U}_{\hat{H}_0}\left(\frac{t}{N}\right)\hat{U}_{\hat{H}_1}\left(\frac{t}{N}\right) \right]^N$ で表される。与えられた時間 t に対し、 $\hat{V}_N(t)|0\rangle$ が $\hat{U}_{\hat{H}_0 + \hat{H}_1}(t)|0\rangle$ をどれだけ良く近似しているかを $|\Delta_N\rangle \equiv \hat{V}_N(t)|0\rangle - \hat{U}_{\hat{H}_0 + \hat{H}_1}(t)|0\rangle$ で定義されるベクトル $|\Delta_N\rangle$ の大きさ $\sqrt{\langle \Delta_N | \Delta_N \rangle}$ で定める。 ϵ を 1 より十分小さな正の実数とすると、 $\sqrt{\langle \Delta_N | \Delta_N \rangle} \lesssim \epsilon$ を満たすために取るべき N の条件を ϵ と t を用いて答えよ。ただし、 \lesssim は ϵ の一次のオーダーで成り立つ不等号を意味する。

2025 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 化学・生化学（1）

核酸に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 図1のア、イ、ウ、エに核酸に含まれる塩基の化学構造を示す。各塩基の名称を答えよ。

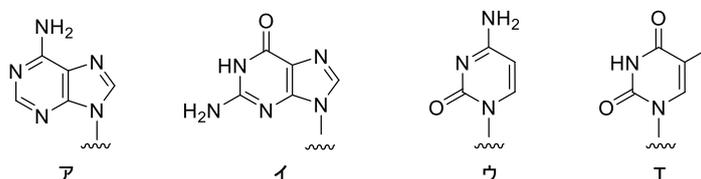


図1

- (2) 図1のアとイの塩基を表す総称と、ウとエの塩基を表す総称をそれぞれ答えよ。
- (3) 核酸塩基は細胞内で脱アミノ化 (deamination) という反応を起こし、DNA 変異の原因となることが知られている。図1のウの塩基に脱アミノ化が起きた後の構造式を図1にならって描け。
- (4) DNA の脱アミノ化が起きた場合、細胞内ではその部分が塩基除去修復という機構によって修復される。この修復機構について述べた以下の文章の空欄に当てはまる酵素名を下の酵素群から選べ。

塩基除去修復過程では、まず損傷塩基とデオキシリボースの間の結合を a が切断し、塩基を除去する。その後、塩基が除去された部位のバックボーンを b が切断し、c が周囲を除去する。その後、除去された部位を d が埋め、残ったニックを e がつなぐ。

【酵素群】 リガーゼ、エキソヌクラーゼ、エンドヌクラーゼ、グリコシラーゼ、ポリメラーゼ

- (5) RNA 中で図1のウの塩基に脱アミノ化が起きた場合は、DNA 中で同じ塩基に脱アミノ化が起きた場合とは異なり、その修復は難しい。この理由を200字以内で述べよ。
- (6) シスプラチン [*cis*-diamminedichloro-platinum(II)] は核酸塩基と相互作用し、がん細胞のDNA 修復と増幅を妨げることで抗がん活性が発現する。以下の (a)、(b) の問いに答えよ。

- (a) シスプラチンの構造を図2の1~5の中から選べ。

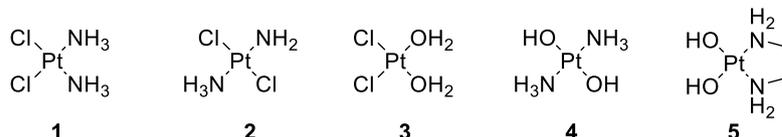


図2

- (b) シスプラチンと塩基間の結合様式について説明している以下の文章の空欄を埋めよ。

シスプラチンの抗がん活性は、図1に示す核酸塩基の f 原子とシスプラチンの g 原子間に形成される配位結合に基づく。同結合により、DNA に修復不可能な架橋構造が生じる。

2025 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 化学・生化学（2）

以下の問いに答えよ。必要があれば、気体定数 $R = 8.31 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ 、 $0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$ 、 $\ln 2 = 0.69$ 、 $\ln 3 = 1.10$ 、 $\ln 5 = 1.61$ 、 $\ln 5.1 = 1.63$ を用いよ。

I. ある反応の温度 $T \text{ K}$ でのギブズエネルギー変化 ΔG が温度 T の関数として $\Delta G = a + bT + cT \ln T$ (但し、 a 、 b 、 c は定数) で表されたとする。この場合、エンタルピー変化 ΔH とエントロピー変化 ΔS をそれぞれ温度 T の式で示せ。

II. 固相、液相、気相の相境界について考える。但し、気体は理想気体を仮定せよ。

- (1) 2相の相境界の圧力 $P \text{ atm}$ と絶対温度 $T \text{ K}$ に関して成立する関係式を記せ。なお、導出過程も記すこと。但し、2相間の体積変化を ΔV 、エンタルピー変化を ΔH とせよ。
- (2) ドライアイスは 1.0 atm の下、 $-79 \text{ }^\circ\text{C}$ で昇華する。また、相図における三重点は、圧力 5.1 atm 、温度 $-57 \text{ }^\circ\text{C}$ である。ドライアイスの昇華熱を有効数字 2 桁で求めよ。但し、この温度範囲で昇華熱は一定であるとする。
- (3) ある液体の蒸発熱が絶対温度 $T \text{ K}$ の関数 $\Delta H = d + eT + fT^2$ (但し、 d 、 e 、 f は定数) で表されるとする。 1.0 atm での沸点を $T_b \text{ K}$ とした場合、蒸気圧 $P \text{ atm}$ と絶対温度 T との関係式を求めよ。

III. アセトアルデヒド CH_3CHO の熱分解反応は、以下の 6 つの素反応からなる機構で起こることが知られている。 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 、 k_6 は各素反応の速度定数であり、 $\text{CH}_3\cdot$ 、 $\text{CHO}\cdot$ 、 $\text{CH}_3\text{CO}\cdot$ 、 $\text{H}\cdot$ はラジカルを意味する。



- (1) $\text{CH}_3\cdot$ 、 $\text{CHO}\cdot$ 、 $\text{CH}_3\text{CO}\cdot$ 、 $\text{H}\cdot$ について定常状態近似を行い、成立する関係式を示せ。
- (2) (1) の定常状態近似が成立する条件下、メタン CH_4 の生成速度をアセトアルデヒドの濃度 $[\text{CH}_3\text{CHO}]$ と速度定数を用いた関係式で表せ。なお、導出過程も記すこと。

2025 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（3）

次の光に関する文章を読み、問いに答えよ。

分子は通常、基底状態にあるが、特定の波長の光を吸収して基底状態から励起状態へと遷移する。安定な分子の電子基底状態は閉殻で電子スピンの全てを対をなしている（ア）状態であることが多く、一般的にこの状態は S_0 と書かれ、第一励起状態は S_1 、第二励起状態は S_2 と書かれる。例えば、分子が光を吸収して S_0 から S_1 に遷移した後の状態が高い振動状態にあれば、（イ）という過程を通じて振動基底状態に落ちる。この（イ）は（ウ）過程であり、このエネルギーは最終的に（エ）として放出される。振動基底状態にあっても分子はまだ電子励起状態であり、（オ）を発生して基底状態に戻る。あるいは禁制遷移であるスピンの反転を含む（カ）を介して（キ）状態に移り、（ク）を発生して基底状態に戻る過程もある。（オ）は（ク）と比較して寿命が（ケ）い。また、（オ）は（ク）と比較してエネルギーが（コ）いため波長は短い。このような分子の挙動を利用した①光学顕微鏡は、生物学分野において広く使用されている。光学顕微鏡の分解能の理論的限界を示す回折限界は光の（サ）に比例し、レンズの（シ）に反比例することが知られている。この回折限界を突破した技術が②超解像顕微鏡であり、2014年にノーベル化学賞の受賞対象となった。

- (1) (ア)～(シ)の括弧内に当てはまる最も適切な語句を【語句群】から選び答えよ。ただし、同じ語句は2回以上使用してはならない。

【語句群】 消光、一重項、二重項、三重項、ヤブロンスキー、項間交差、
振動緩和、無輻射、輻射、化学発光、蛍光、リン光、熱、短、長、
大き、小さ、開口数、波長、透過率、反射率、強度、倍率

- (2) 生体分子の検出には吸光、化学発光、蛍光が広く使用される。これに関連した以下の(a)、(b)の問いに答えよ。

(a) 一般的に吸光よりも蛍光を用いた方が微量の生体分子を検出することができる。その理由を、吸光度と蛍光強度の測定原理に基づいて3行程度で説明せよ。（解答用紙を縦半分に区切っている場合は6行程度で答えよ。）

(b) 化学発光を用いた生体分子の検出は、蛍光を用いた方法と比較してS/N比（シグナル/ノイズ比）が高いとされる。その理由を2行程度で説明せよ。（解答用紙を縦半分に区切っている場合は4行程度で答えよ。）

- (3) 下線部①について、生物学分野では蛍光顕微鏡が使用されることが多い。落射型蛍光顕微鏡では、図1のようにダイクロイックミラーを配置する。このダイクロイックミラーの役割を5行程度で説明せよ。（解答用紙を縦半分に区切っている場合は10行程度で答えよ。）

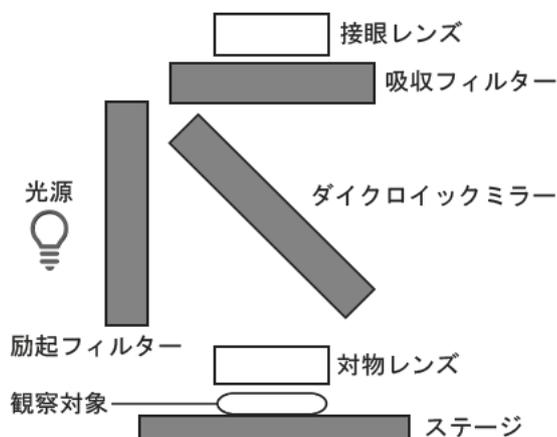


図1

- (4) 下線部②について、超解像顕微鏡の例を1つ挙げ、その原理を説明せよ。図を用いてもよい。

2025 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 生物学（1）

次の文を読み、以下の問 I～IV に答えよ。

Wnt 経路は (a) 細胞内シグナル伝達経路の一つであり、Wnt タンパク質が受容体に結合することで、その情報が細胞内に伝えられ、標的遺伝子の発現が制御される。Wnt 経路の研究においては、培養細胞を用いた実験系が広く用いられている。例えば、Wnt 経路の標的遺伝子の転写を制御するプロモーターの下流にホタル由来のルシフェラーゼ遺伝子を連結したプラスミド DNA (プラスミド A とする) を培養細胞に導入することで、(b) Wnt 経路のシグナル強度を検出することができる。Wnt 経路はツメガエルの初期発生においても様々な役割を果たす。たとえば、(c) 胚の背腹方向は、受精後に胚の片側だけで Wnt 経路が活性化されることによって決められる。また原腸胚期においては、胚の内部に潜り込んだ中内胚葉の先端部で (d) Wnt 経路が調節されることが頭部の形成に必要であることも分かっている。

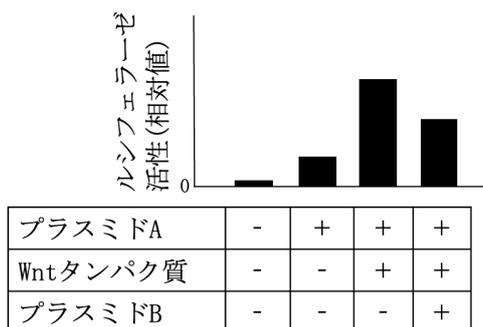


図1. 導入・作用させたものを+で示す。

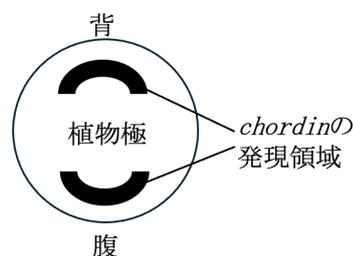


図2

問 I 下線部 (a) について。一般に、タンパク質のリン酸化は細胞内シグナル伝達の重要な要素の一つである。

- (1) タンパク質の脱リン酸化に関わる酵素の名称を記せ (脱リン酸化酵素は正答としない)。
- (2) タンパク質の中でリン酸化を受けるアミノ酸残基を 3 つ記せ。

問 II 下線部 (b) について。Wnt 経路の調節にはたらく X タンパク質の役割を調べるため、①プラスミド A、②X タンパク質を細胞内で恒常的に発現させることができるプラスミド B、③Wnt タンパク質を培養細胞に導入、または作用させるという実験を行った。その結果を図 1 に示す。

- (1) プラスミド A を用いると、なぜ Wnt 経路のシグナル強度を検出できるか。簡単な実験の方法とともに、3 行以内で記せ。
- (2) X タンパク質は Wnt 経路に対して促進的、抑制的、どちらに働くと考えられるか記せ。

問 III 下線部 (c) について。Wnt 経路の活性化因子をコードする mRNA を胚の腹側に注入すると、非注入胚では背側植物極側の一部だけで発現するオーガナイザー遺伝子 *chordin* の発現領域が図 2 のように 2 カ所で観察された。この結果から、Wnt 経路はもともと胚の背側、腹側のどちらで活性化されていると考えられるか。理由とともに 1 行程度で記せ。

問 IV 下線部 (d) について。Y タンパク質は、Wnt 経路に対して抑制的に働くことが分かっている。ツメガエル胚の、将来頭部になると予想される部分に Y タンパク質をコードする mRNA を注入したところ、頭部の肥大が観察された。

- (1) 頭部の形成には、Wnt 経路が促進されること、抑制されることのどちらが必要か。理由とともに 2 行以内で記せ。
- (2) 頭部になると予想される部分に、問 II における X タンパク質をコードする mRNA を注入した場合、頭部は肥大する、縮小する、のどちらになると期待されるか記せ。

2025 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 生物学 (2)

次の文を読み、以下の問 I ~ VI に答えよ。

エチレンは、(a) 茎や根の伸長抑制・肥大促進、果実の成熟、老化など、植物の成長や発生に関わる気体の (b) 植物ホルモン である。(c) 暗黒下で育てたシロイヌナズナ野生型の黄化芽生えは、胚軸が徒長し、未発達の子葉の下にフックを形成するという暗形態形成を起こすが (図の①)、エチレン処理により胚軸の伸長抑制と肥大、根の伸長抑制と肥大、フック形成の強調という特徴的な三重反応を起こす (図の②)。エチレン耐性変異体 *etr1-1* では、エチレン処理しても三重反応は起こらない (図の③)。*etr1-1* 変異体は顕性(優性)変異体であり、シロイヌナズナに5個あるエチレン受容体のうちのひとつ ETR1 タンパク質のエチレン受容部位に変異を持つ。(d) ETR1 タンパク質を発現できないノックアウト変異体では、エチレン処理に反応して野生型と同程度の三重反応を起こした (図の④)。しかし、ETR1 を含めた5個のエチレン受容体全てを機能欠損した5重変異体では、エチレン非処理下でも三重反応を起こした (図の⑤)。エチレンは土中において発芽した芽生えの成長に必須であり、(e) 固い土で発芽した時、野生型では胚軸や根における伸長抑制と肥大が誘導されるが、エチレン耐性変異体では誘導されない。

問 I 下線部 (a) について。

茎や根の伸長抑制時、メリステム(分裂組織)と伸長領域で起こる細胞のイベントをそれぞれ1行程度で記せ。

問 II 下線部 (b) について。

茎や根の分枝に関して互いに拮抗的に作用する植物ホルモンを2つ記せ。

問 III 下線部 (c) について。

野生型の黄化芽生えに赤色光を連続照射した時に起こる光形態形成反応を3つ記せ。

問 IV 下線部 (d) について。

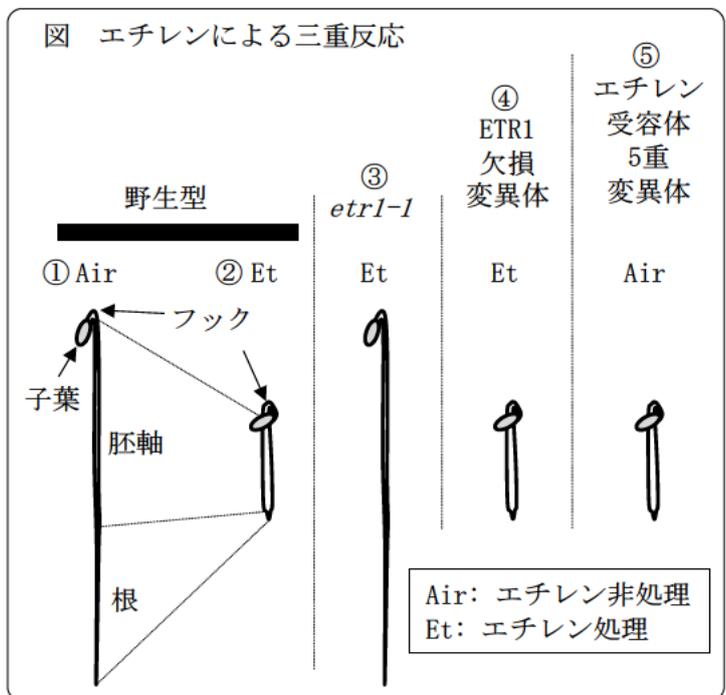
ETR1 タンパク質を発現できない変異体が野生型と同程度のエチレン応答性を示した理由を1行程度で記せ。

問 V エチレンによる三重反応の制御に関する最も正しい記述を以下の A ~ D から一つ選べ。

- A) エチレン受容体は三重反応を抑制し、エチレンによりエチレン受容体の活性が抑制される。
- B) エチレン受容体は三重反応を促進し、エチレンによりエチレン受容体の活性が促進される。
- C) エチレン受容体は三重反応を抑制し、エチレンによりエチレン受容体の活性が促進される。
- D) エチレン受容体は三重反応を促進し、エチレンによりエチレン受容体の活性が抑制される。

問 VI 下線部 (e) について。

野生型では柔らかい土と比べて固い土で根の伸長抑制が起こるが、エチレン耐性変異体では固い土でも根の伸長抑制が起こらない。しかし、野生型において、柔らかい土で育てた場合と固い土で育てた場合の間でエチレンの合成量自体は変わらない。固い土で育てた野生型において、エチレン依存の根の伸長抑制が起こるのはなぜか、2行程度で記せ。



2025 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 生物学 (3)

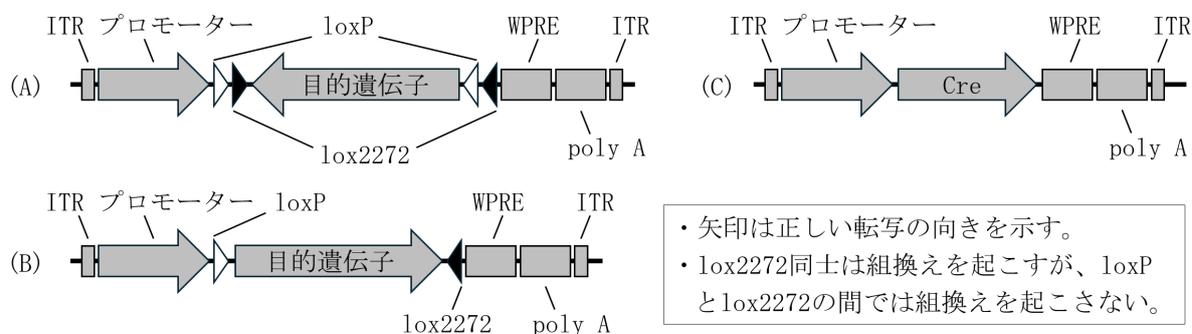
次の文を読み、以下の問Ⅰ～Ⅲに答えよ。

ウイルスは^(a)核酸とそれを包む殻(カプシドや脂質膜)からなり、細胞に吸着するとゲノムを細胞内に送り込み、宿主細胞の装置を使って増殖する。疾患の原因となるウイルスが存在する一方、^(b)組換えウイルスは、遺伝子を細胞に導入するベクターとして、^(c)神経科学を含む多くの研究分野で活用される。

問Ⅰ 下線部(a)について。下のウイルス(1)～(4)の核酸はDNAとRNAのどちらか、記せ。

- (1) アデノ随伴ウイルス
- (2) コロナウイルス
- (3) ノロウイルス
- (4) レトロウイルス

問Ⅱ 下線部(b)について。下の図は、組換えアデノ随伴ウイルスベクターの作製に用いるプラスミド配列の例である。以下の小問(1)～(4)に答えよ。



- (1) プラスミド(A)に、部位特異的組換え酵素Creを作用させると、プラスミド(B)が生じた。どのような組換えが起きたか記せ。
- (2) 組換えにより生じたプラスミド(B)では、目的遺伝子が発現するようになった。この理由を記せ。
- (3) プラスミド(B)にCreを作用させても、プラスミド(A)に戻ることはない。この理由を記せ。
- (4) 1型アデノ随伴ウイルスベクター (AAV1) をマウスの脳に局所注入すると、注入部位の神経細胞に感染するとともに、シナプス後細胞にもわずかに感染が広がる。脳領域Xの神経細胞から単シナプス入力を受ける脳領域Yの神経細胞のみに目的遺伝子を発現させるには、プラスミド(A)と(C)から作製したAAV1を用いて、どのような実験を行えばよいか記せ。ただし、脳領域Yから脳領域Xへの投射はないものとする。

問Ⅲ 下線部(c)について。以下の小問(1), (2)に答えよ。

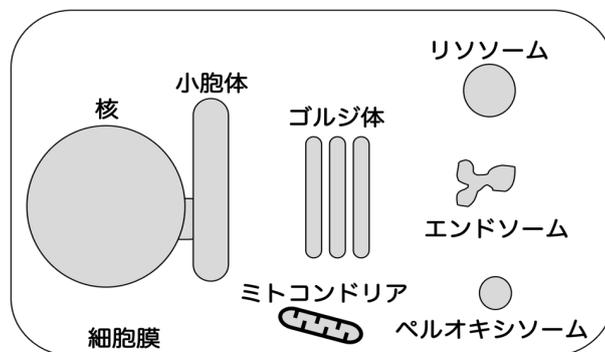
- (1) 行動中のマウスの脳において、複数個の神経細胞について個々の細胞の発火活動タイミングを同時計測する実験手法を2つ挙げ、それらの計測の原理をそれぞれ記せ。
- (2) (1)で挙げた2つの手法において、活動を計測している個々の神経細胞の投射先の脳領域を同定するには、どのような実験をすればよいか記せ。

2025 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(4)

以下の問 I, II に答えよ。

問 I 下図は真核細胞の代表的な膜系オルガネラを模式的に示している。
以下の小問(1)～(5)に答えよ。



- (1) 上図中に名称が示されている膜構造のうち、小胞輸送により膜タンパク質が出たり入ったりしているものをすべて記せ。
- (2) 膜系オルガネラはその種類によって密度や大きさが異なるため、これを利用して細胞からオルガネラを分離することができる。その方法について詳しく記せ。
- (3) 膜系オルガネラの密度は主としてどのような要素によって決定するか記せ。また、(1)で解答した膜構造のうち、(2)の方法で最も密度が低いものとして分離されるものを記せ。
- (4) ペルオキシソームの内腔に輸送される可溶性タンパク質は、リボソームで合成後どのようにペルオキシソームまで輸送されるか詳しく記せ。
- (5) 小胞輸送反応では、さまざまな低分子量 GTPase (small GTPase) が機能している。低分子量 GTPase が活性調節される一般的なしくみについて、次に挙げる 13 個の語群から 7 つ以上の語句を用いて詳しく記せ。ただし、語群には説明に不要な語句も含まれている。語句の使用回数、順序は問わないが、解答文中では使用した語句に下線を引いて明示せよ。
語群：GTP、G α 、GDP、G β 、GEF、G γ 、GAP、不活性型、活性型、交換反応
リン酸化酵素、脱リン酸化酵素、7回膜貫通型受容体

問 II 以下の (1)、(2) 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。下線部が正しい場合は「正しい」と解答せよ。文章中でアミノ酸は 3 文字表記で示しており、アミノ酸の名称を解答する場合も 3 文字表記で示すこと。

- (1) 脂質ラフトは (a) グリセロリン脂質 やステロールに富んだ直径 10～200 (b) オングストローム 程度の領域で、この領域は他の領域と比較して流動性と膜厚がそれぞれ (c) 高く、そして厚くなっている。細胞膜の脂質ラフトにはタンパク質の C 末端がグリコシルホスファチジルイノシトールという糖脂質で修飾された (d) ポリトピック型 タンパク質と呼ばれる一群のタンパク質が多く局在している。この糖脂質の生合成は (e) ゴルジ体膜のサイトゾル側 で開始され、最終的にタンパク質へ付加された後、細胞膜に輸送されるとタンパク質部分は (f) サイトゾル側 を向く。
- (2) タンパク質の脂肪酸アシル化の代表例として、タンパク質のもっとも N 末端側にある (g) Met とミリスチン酸がアミド結合により形成される (h) アシルグリコシド化 と、タンパク質中の Cys とパルミチン酸がチオエステル結合する (i) ステリルグリコシド化 が挙げられる。またタンパク質 C 末端付近の (j) Lys にゲラニル基やファルネシル基などのプレニル基が結合するものも知られている。

2025 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 総合科目

第 10 問 身体運動科学 (1)

以下の設問すべてに答えなさい。

I. エネルギー代謝と骨密度調節に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 体重50 kg (体脂肪率: 20%) の人がジョギング運動 (運動中の酸素摂取量: 25 ml/kg 体重/分) を2時間行ったとする。この運動を行なった日の炭水化物 (糖質)、脂質、たんぱく質の摂取量がそれぞれ300 g、50 g、100 gであった場合、除脂肪量 (Fat-Free Mass: FFM) 1 kgあたりの利用可能エネルギー量 (エナジーアベイラビリティ: kcal/kg FFM/日) を計算しなさい (計算過程も示すこと)。
- (2) 女性競技選手において利用可能エネルギー量が長期間にわたって少なくなると、骨密度が低下することが知られているが、そのメカニズムについて「視床下部」、「骨芽細胞」という2つの用語をすべて用いて説明しなさい。
- (3) 骨密度調節における重要な栄養素としてビタミンDが挙げられる。ビタミンDはどのようなメカニズムで骨密度の調節に関わっているのか説明しなさい。また、どのような競技種目においてビタミンDが不足しやすいか、その理由もあわせて説明しなさい。

II. 乳酸に関連した以下の問いに答えなさい。

- (1) 骨格筋においてグリコーゲンが乳酸に変換されるまでの代謝機序を説明しなさい。
- (2) 骨格筋細胞間の乳酸シャトル説について、「モノカルボン酸トランスポーター」という用語を用いて説明しなさい。
- (3) 強度を段階的に上げながら運動を行った際の血中乳酸濃度の変化について述べなさい。また、この時の血中乳酸濃度の変化のメカニズムについて、(1)(2)で答えたことも踏まえて述べなさい。

2025 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 身体運動科学 (2)

以下の設問すべてに答えなさい。

I. 以下の各問に答えなさい。

- (1) 脳の構造や機能を非侵襲的に調べる方法を 2 つ挙げ、それらの特徴について簡潔に説明しなさい。
- (2) 脳卒中や脊髄損傷に対するニューロリハビリテーションや競技に特異的なトレーニングにより、一次運動野に変化が生じることが知られている。どのような変化が生じるのか、知るところを述べなさい。
- (3) 上記の一次運動野の変化は中枢神経系のどのような性質によって生じるのか、知るところを述べなさい。

II. 以下の文 1 を読み、各問に答えなさい。

〔文 1〕

身体が危害や脅威などの刺激に晒されると、ストレス反応と呼ばれる心理学的・生理学的変化が生じる。スポーツの試合や舞台公演などの場面においても (ア) 不安感情の増大、(イ) 心拍数の亢進、発汗量の増大、胃腸の過敏など様々なストレス反応が引き起こされる可能性があり、これらが (ウ) パフォーマンス低下の原因になりうる。ストレス反応によるパフォーマンス低下への対処法としては、(エ) 認知的・行動的コーピングやソーシャルサポートの活用が挙げられる。

- (1) 下線部 (ア) について、不安感情に関連する脳部位を 1 つ挙げ、その部位の解剖学的位置ならびに機能的役割について説明しなさい。
- (2) 下線部 (イ) について、心拍数の調節に関わる神経活動および内分泌活動について説明しなさい。
- (3) 下線部 (ウ) について、パフォーマンス低下の一因として、実行機能 (executive function) の低下が挙げられる。この実行機能とはどのような機能であるのか説明し、さらに関連する脳部位について知るところを述べなさい。
- (4) 下線部 (エ) について、認知的・行動的コーピングの具体的方法ならびに期待される効果について説明しなさい。

2025 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 身体運動科学 (3)

以下の設問すべてに答えなさい。

- I. ランニングや跳躍などの伸張—短縮サイクル運動では、反動（事前伸張）を伴わない短縮性収縮のみの運動と比べてパフォーマンスや効率が高くなる要因について、筋腱の相互作用の観点から説明しなさい。さらに、筋腱の相互作用以外の要因についても知るところを述べなさい。
- II. 膝伸展などの筋力（トルク）立ち上がり速度（Rate of Torque Development: RTD）の測定法およびその規定因子について説明し、RTDと生理学的機能との関連について述べなさい。
- III. 以下の文章を読み、設問（1）～（7）に答えなさい。

骨格筋は加齢に伴って萎縮する。これは、個々の筋線維が萎縮することに加え、(a) 運動単位数・筋線維数が減少することによって生じる。人間の (b) 随意最大筋力は筋横断面積におおよそ比例するので、筋が萎縮すると筋力も減少する。加齢により筋量や筋力が著しく減少した状態のことを と呼ぶ。

骨格筋は若齢者の体重の約40%を占めており、人体で最大のエネルギー消費器官である。したがって、筋をよく使うことは (c) 肥満や (d) 2型糖尿病の予防につながる。また、筋は と総称される (e) さまざまな生理活性物質を分泌している。これらの物質の多くは筋以外の器官・組織にも作用することがわかっており、(f) 運動が全身にわたりさまざまな健康効果をもたらすメカニズムとして近年注目されている。

- (1) 文中の空欄アとイに適切な用語を入れなさい。
- (2) 下線部(a)の用語について説明しなさい。
- (3) 下線部(b)に関連して、随意最大筋力と筋横断面積が完全には比例しない理由として考えられることを述べなさい。
- (4) 下線部(c)の判定基準について知るところを述べなさい。
- (5) 下線部(d)と1型糖尿病との違いを述べなさい。
- (6) 下線部(e)の具体的な名称を一つ挙げなさい。
- (7) 下線部(f)に関連して、高齢者が筋量を維持・増大するためにはどのような運動が推奨されるかを述べなさい。

2025 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（4）

以下の設問すべてに答えなさい。

- I. 肉離れの病態と予防、肉離れ後のスポーツ復帰について、知るところを述べなさい。
- II. スポーツによる慢性の内科的障害について、知るところを述べなさい。
- III. 18歳未満のアスリートに生じやすいスポーツ障害を5つ挙げ、それぞれの疾患について知るところを述べなさい。
- IV. 高齢者の自立喪失に関わる運動器の疾患を3つ挙げ、それぞれの疾患について知るところを述べなさい。

2025 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 (5)

以下の設問すべてに答えなさい。

I. 以下の用語(a)～(d)すべてについて説明しなさい。

- (a) キネティクス
- (b) キネマティクス
- (c) 向心力
- (d) 身体部分慣性係数

II. 短距離走（走時間10秒程度）では、速度増加に伴い鉛直方向の力積が獲得できなくなるにより最高速度が制限される。この仕組みについて力学的観点より説明しなさい。

III. スクワット姿勢で静止した状態から垂直跳びを行い、その際の動作をモーションキャプチャーで計測したとする。以下の問いに答えなさい。

(1) 静止した状態から離地までに、身体の各関節がなした（力学的）仕事量を求めるのに必要な過程について、以下の用語をすべて用いて説明しなさい。

リンクセグメントモデル 関節角速度 時間積分 運動方程式 関節パワー

(2) (1)において各関節がなした仕事量と離地時の身体の力学的エネルギー及び跳躍高との関係について、以下の用語をすべて用いて説明しなさい。なお、身体が受ける空気抵抗は無視できるものとし、跳躍高は離地時の重心の高さと離地後の重心の最高到達点の高さとの差と定義する。

重心 力学的エネルギー 位置エネルギー 回転運動のエネルギー セグメント

2025 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 認知行動科学 (1)

次の用語のうち、8 個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) 強化随伴性 (contingencies of reinforcement)
- (2) 社会脳仮説 (social brain hypothesis)
- (3) 直接互惠性 (direct reciprocity) と間接互惠性 (indirect reciprocity)
- (4) 社会ネットワーク分析 (social network analysis)
- (5) 時間順序判断 (temporal order judgment)
- (6) 信号検出理論における ROC 曲線 (Receiver Operating Characteristic (ROC) curve in the signal detection theory)
- (7) モデルによる推論と予測 (inference and prediction by the models)
- (8) マイスナー小体 (Meissner's corpuscle)
- (9) 盲視 (blind sight)
- (10) 変化の見落とし (change blindness)
- (11) ポズナーパラダイム (Posner's paradigm)
- (12) 多次元尺度構成法 (Multi Dimensional Scaling, MDS)
- (13) 研究の事前登録 (pre-registration of research)
- (14) 視覚的評価スケール (Visual Analogue Scale, VAS) とリッカート尺度 (Likert scale)
- (15) 一般的標識マグニチュード尺度 (general Labeled Magnitude Scale, gLMS)

2025 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 認知行動科学 (2)

以下の 3 問すべてについて解答せよ。

- I. 視覚刺激が網膜に投影されてからそれが知覚されるまでは一定の遅延がある。しかし、この遅延にも関わらず私たちは動いている物体の現在の位置を正しく知覚することができる。これについて、(a)遅延が生じる理由、および(b)遅延にも関わらず現在の位置が知覚できる理由、を生理学的・心理物理学的根拠を参照しつつ説明せよ。
- II. 人間の視野の中心部以外では光受容器の密度が低く、したがって色に対する感度も空間的な分解能も低い。にもかかわらず、視野の周辺において、常に色が薄く形がぼやけて見えるわけではない。その理由について考察せよ。
- III. 視覚刺激として、液晶モニターの中央に視角で縦 4 度 x 幅 4 度のサイズで 25 cd/m^2 の輝度をもつグレイの四角形をできるだけ正確に表示したい。そのための準備と刺激生成のための方法を説明せよ。

2025 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 認知行動科学 (3)

以下の 3 問すべてについて解答せよ。

- I. 脳波計測において、神経活動が脳波として測定される原理について記述し、脳波で測定されるシータ波、アルファ波、ベータ波の特徴と機能について説明せよ。
- II. 脳波計測で得られた情報をもとに、神経活動の時間、空間、周波数（パワーと位相）の特性をどのように解析できるかを記述せよ。
- III. 視覚刺激に対する視覚皮質の反応に加齢が及ぼす効果を検証するために、視覚刺激の検出課題中の事象関連電位を測定する。得られる結果を予想し、事象関連電位を図で表現せよ。その際、ひとつの図の中に、若年者群の結果と高齢者群の結果をプロットし、それらの結果が示唆することを説明せよ。その結果をふまえて、若年者と高齢者の脳活動を比較する手法として脳波計測は適切か否かについて議論せよ。

2025 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 総合科目

第 18 問 認知行動科学 (4)

以下の 4 問のうち 2 問について解答せよ。3 問以上選んだ場合、解答はすべて無効とする。

- I. 行動生物学における生物進化と文化進化の相違点を説明せよ。また、累積的文化進化について事例を 1 つ以上挙げながら説明せよ。
- II. ヒト以外の動物の道具使用行動とヒトの道具使用行動の相違点を説明せよ。また、道具使用行動と言語能力との関連性について比較認知科学的な視点から説明せよ。
- III. ヒトの発話とヒト以外の霊長類の発声との間にある行動学上の相違点を二つ以上列挙せよ。そして、その相違について生物学的な原因を説明せよ。
- IV. 情動に関連して表出する音声や表情の特徴（音響的な特徴や顔面動作）について、ヒトとヒト以外の動物の間の相違点と共通点について説明せよ。

2025 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 (5)

以下の 3 問すべてについて解答せよ。

- I. ヒトの味覚における舌から中枢までの情報伝達経路について記述せよ。
- II. 末梢の感覚受容器で刺激を受容したのち、脳内の一次感覚野が反応するまでの時間を反応時間と定義する。この場合、視覚や聴覚と比較し、嗅覚や味覚は、反応時間が長く「遅い感覚」と言われている。なぜ、嗅覚や味覚は視覚や聴覚と比較して反応時間が長いのか、理由を述べよ。
- III. 味覚刺激を用いた脳機能計測をおこなう場合、味覚刺激の対照条件として、蒸留水などの「水」ではなく「人工唾液」を用いる方がよいといわれている。その理由を述べよ。

2025 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 神経科学 (1)

Answer either in English or Japanese.

To study the neural basis of behavior, experiments are often conducted under conditions where animals are either (1) free to move in a fixed environment or (2) fixed/restrained at a particular position but allowed to behave in a virtual environment updated in real time by the experimenter. Describe the advantages and limitations of these two approaches from the standpoint of characterizing neural activity and behavior.

2025 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 神経科学 (2)

Answer either in English or Japanese.

Noxious stimuli applied to the skin produce a multi-faceted pain experience involving both sensory (where on the body and what type of stimulus it is) and emotional features. Please describe the neural pathways from the skin to the brain that subserve the sensory and emotional components of the pain response and discuss some of the findings that support this model.

2025 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 神経科学 (3)

Answer either in English or Japanese.

Prior experience or knowledge can help facilitate the subsequent learning of new, but related information.

Give an example of this type of cognitive process/behavior from either human or animal studies and discuss the mechanisms and/or brain regions and circuits thought to be involved.

草稿用紙

草稿用紙

草稿用紙