

平成24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 専門科目

(平成23年8月23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、生命環境科学系を第一志望とする受験者のためのものである。
2. 本冊子の本文は28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25問から3問を選択して解答すること。ただし、第4問、第5問はいずれか一方しか選択できない。
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14問	生物学(5)	○ ○ ○ ○	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 専門科目

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

第 1 問 物理学 (1) (その 1)

強磁性体結晶の Ising モデルを考える。結晶中の各原子は磁気モーメントを持つが、それらは、+向き、もしくは、-向きのいずれかをとるものとする。+向き、-向きの磁気モーメントを持つ原子は、結晶全体に理想的に混合されているとする。原子の総数を N ($N \gg 1$) とし、そのうち、+向き、-向きの磁気モーメントを持つ原子の数を、それぞれ N_+ 、 N_- ($N_+ \gg 1$ 、 $N_- \gg 1$) とする。ここで、 $N = N_+ + N_-$ である。このとき、Bragg-Williams 近似を用いて、系の自由エネルギーを求めてみよう。次の問いに答えよ。

(1) N 個の格子点に+向きの原子を N_+ 個、-向きの原子を N_- 個配置する方法の数 W を求めよ。

(2) このときのエントロピー S を求めよ。ただし、ボルツマン定数を k とする。また、必要ならば、スターリングの公式、 $\ln x! = x \ln x - x$ ($x \gg 1$) を用いよ。

(3) 結晶中で隣り合う原子間には相互作用がある。この相互作用のエネルギーは、隣接原子ペアの持つ磁気モーメントの向きが平行 (++)、(--) もしくは反平行 (+-) であるかによって異なり、 $J_{++} = J_{--} = -J$ 、 $J_{+-} = J$ の値を持つ。系全体で、++、--、+- という隣接原子ペアがそれぞれ N_{++} 、 N_{--} 、 N_{+-} 個あるとする。このとき、系全体の相互作用エネルギー E を、 J 、 N_{++} 、 N_{--} 、 N_{+-} を用いて表せ。ただし、隣接原子ペア間以外の相互作用は無視できるものとする。

(4) 次の文中の (a) ~ (e) に当てはまる式を答えよ。

結晶中のある 1 つの原子を考える。この原子に隣接する原子の数を z とする。近似的に、どの原子についても、隣接原子数は z であるとする。結晶中には、+向きと-向きの磁気モーメントを持った原子が理想的に混合しているので、ある 1 つの原子のまわりにある z 個の原子のうち、+向きの原子は平均して (a) 個であり、-向きの原子は平均して (b) 個である。

+向きの磁気モーメントを持った原子のまわりには、平均して (a) 個の+向き原子が存在するから、系全体において、+向きと+向きが隣り合うペアの数 N_{++} は、平均して (c) 個である。ただし、2度重複して数えられていることについて補正してある。同様に、系全体において、--という隣接原子ペアの数 N_{--} は、平均して (d) 個である。

一方、+-という隣接原子ペアの数 N_{+-} は、平均して (e) 個である。ここでは、重複して数えていないので補正は不要である。

(次ページに続く)

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 1 問 物理学 (1) (その 2)

(5) いま, 秩序パラメタ X を, $X = \frac{N_+ - N_-}{N}$ と定義する. (4) で得た式を用いて, N_{++} , N_{--} , N_{+-} を, z , N , X を使って表せ. ただし, N_+ , N_- は使わないこと.

(6) (3) と (5) の結果を用いて, 系全体の相互作用エネルギー E を, z , N , X , J を用いて表せ.

(7) 系全体の自由エネルギー F を, z , N , X , J , k を用いて表せ. ただし, 温度を T とする.

(8) $T_c = \frac{zJ}{k}$ とする. $F(X)$ が極小になるとき, X が満たすべき関係式を, X , T , T_c を用いて表せ. ただし, $T < T_c$, $X > 0$ とする. 必要ならば, $\tanh^{-1} x = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+x}{1-x} \right)$ を用いよ.

(9) 温度 T が T_c に近く, かつ, $T < T_c$, $X > 0$ のとき, $F(X)$ が極小となるような X は, ゼロに近い小さな値を持つ. このとき X の温度依存性を求めよ. 必要ならば, $|x| \ll 1$ のときに $\tanh x = x - \frac{x^3}{3}$ としてよい.

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 2 問 物理学 (2)

原子に外部磁場 \vec{B} をかけると、磁場と同じ向きに磁化が誘導される常磁性と、磁場と逆向きに磁化が誘導される反磁性の二つの現象が起こる。電子の電荷を $-e$ 、質量を m 、真空の透磁率を μ_0 とする。

(1) 反磁性現象を考える。 \vec{B} に垂直な平面内での一つの原子内電子の運動を考える。軌道半径を R として、以下の問いに答えよ。

a) 外部磁場の大きさを 0 から B まで増加していったときの、電子の速度変化 Δv を求めよ。

b) 外部磁場を 0 から B まで増加していったときの、電子の角速度の変化 $\Delta \omega$ を求めよ。

(2) (1)の現象により誘導磁化が生じるが、誘導磁化の磁気モーメントの大きさ μ とその方向を求めよ。ここで、電流 I が流れる半径 a の円電流が作る磁気モーメント μ_I は、 $\mu_I = \mu_0 I \pi a^2$ で与えられることを用いよ。

(3) 反磁性物質を外部磁場の中に置くと、反磁性物質のエネルギーはどのように変化するか、その理由を簡単に述べよ。

(4) 以下の問いに答えよ。

a) 外部磁場をかけた場合、磁場と逆向きの誘導磁化だけを示す原子はどのような電子構造を持った原子か、その特徴を述べよ。また原子の例も挙げよ。

b) 電子が 3d, 4d 軌道を持つ原子の中には常磁性を示す原子も多いが、これはどのような原因によるか述べよ。また原子の例も挙げよ。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 3 問 物理学 (3) (その 1)

中心力ポテンシャル $V(r)$ の中での質量 m の粒子の量子力学的運動を考える。この運動を記述するエネルギー E の定常状態の波動関数 $\psi(\mathbf{r})$ は、シュレーディンガー方程式

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V(r)\right)\psi(\mathbf{r}) = E\psi(\mathbf{r})$$

に従う。ここで、 $\hbar = h/2\pi$ で、 h はプランク定数、 $r = |\mathbf{r}|$ はポテンシャルの中心からの距離を表わす。以下の問いに答えよ。

- (1) S 波の波動関数を $\psi(\mathbf{r}) = u(r)/r$ とおくと、 $u(r)$ が従う方程式が

$$\left[\frac{d^2}{dr^2} - U(r)\right]u(r) = \epsilon u(r) \quad (*)$$

と書けることを示し、 $U(r)$ と $V(r)$ の関係、 ϵ と E の関係を求めよ。必要であれば、 r の任意の関数 $f(r)$ に対し、 $\nabla^2 f(r) = \left[\frac{d^2}{dr^2} + \frac{2}{r}\frac{d}{dr}\right]f(r)$ を用いよ。

- (2) 以下では、 $V(r)$ として井戸型の中心力ポテンシャル：

$$V(r) = \begin{cases} -V_0 & (r < R) \\ 0 & (r \geq R) \end{cases}$$

をとる。但し、 $V_0 > 0$ とする。

E が負の値を取るとき、式 (*) の解は $r > R$ で指数関数的に減衰し、 $u(r) = Ae^{-\kappa r}$ となり、 $\psi(\mathbf{r})$ は局在化した束縛状態を記述する。 κ を E 、 \hbar 、 m を用いて表わせ。

- (3) このとき、領域 $r < R$ での式 (*) の一般解は $u(r) = B \sin(k'r + \delta)$ と書ける。 $r = 0$ の境界条件と $r = R$ での接続条件から、 δ の値と k' のみたすべき条件を求めよ。
- (4) 束縛状態が少なくとも 1 つできるためには V_0 はある値より大きくなければならない。その値 V_0 を求めよ。
- (5) E が正の値のときは、 $k = \sqrt{|\epsilon|}$ として $u(r)$ は $r > R$ の領域で $u(r) = C \sin(kr + \delta_0)$ と書ける。 $r = R$ での接続条件から、位相のずれ δ_0 と、波数 k 、ポテンシャルのパラメータ V_0 、 R との関係性を求めよ。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 3 問 物理学 (3) (その 2)

(6) E が正で小さい値をとるとき、式 (*) は $r > R$ の領域で

$$\frac{d^2}{dr^2}u(r) = 0$$

と近似でき、その解は $u(r) \propto (r - a)$ と書ける。 a は散乱長と呼ばれ、低エネルギー散乱を特徴づける量となる。問題 (5) の解と比較し、散乱長 a を位相のずれ δ_0 と k を使って表わせ。

(7) V_0 の値を V_0 の前後で変えたとき、散乱長 a はどのように変化するか述べよ。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 4 問 物理学 (4)

※ 第4問, 第5問はいずれか一方しか選択できない。

図 1 に示すように質量 M の球が原点に固定されている。原点から距離 R だけ離れた x 軸上の点から質量 m の球 (以下 “小球” と呼ぶ) を $+y$ 方向に速さ v_0 で打ち出した。その後の小球の運動に関する以下の設問に答えよ。ただし、二つの球の間には万有引力 (万有引力定数 G) のみが働くとする。

- (1) 小球を打ち出した直後における小球の原点まわりの角運動量 \vec{L} を求めよ。
- (2) 小球の角運動量は保存することを示せ。
- (3) 原点と小球を結ぶ動径が単位時間に掃く面積 (面積速度) を求めよ。
- (4) 原点と小球を結ぶ動径が x 軸となす角を θ 、動径の長さを r とする。 θ が微小な角度 $d\theta$ だけ変化するのに必要な時間 dt を求めよ。
- (5) θ が微小な角度 $d\theta$ だけ変化する間に、小球の速度 \vec{v} は $d\vec{v}$ だけ変化したとする。 $d\vec{v}$ の向き、および大きさを答えよ。
- (6) \vec{v} の x 成分 v_x を横軸、 y 成分 v_y を縦軸として \vec{v} の軌跡を描くと、 v_y 軸上に中心を持つ円もしくは円の一部分になる (図 2 に円になる場合の例を示す)。この円の半径を求めよ。
- (7) 設問 (6) で求めた円の半径が① v_0 、② $\frac{v_0}{2}$ のとき、小球はそれぞれどのような運動をするか答えよ。
- (8) ある速さで小球を打ち出したところ、小球の運動は y 軸に対して 30° 傾いた方向の等速直線運動に漸近していった。このときの速さ v_0 を求めよ。

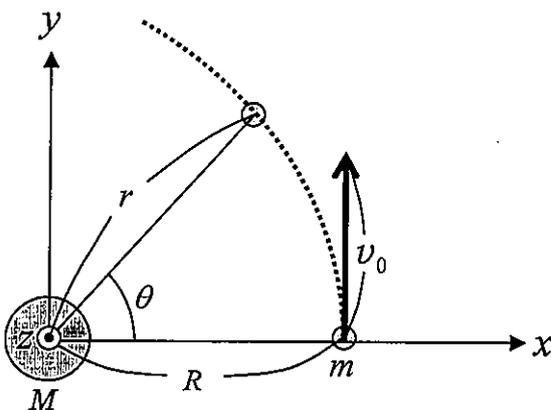


図 1

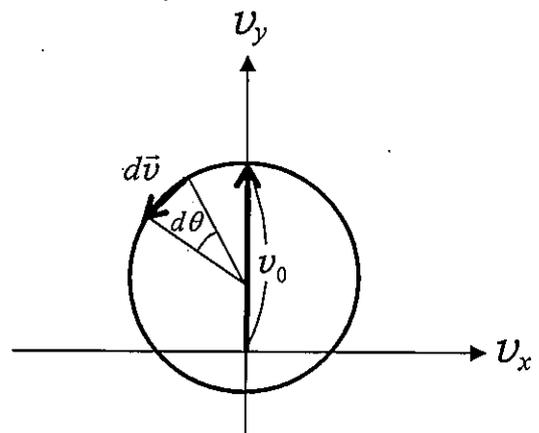


図 2

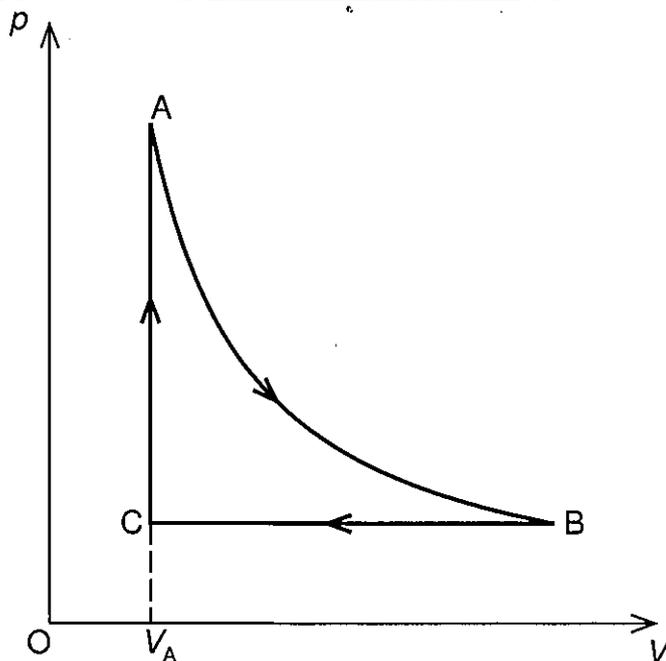
平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 5 問 物理学 (5)

※ 第4問, 第5問はいずれか一方しか選択できない。

体積可変の容器に入れた n モルの気体と 2 つの熱源からなる系がある。系全体は断熱壁で囲まれている。気体は状態方程式 $pV = nRT$ に従い、温度によらない定積モル比熱 c_V 、定圧モル比熱 c_p を持つ。 R は気体定数である。高温熱源の温度は T_1 、低温熱源の温度は T_2 であり ($T_1 > T_2$)、ともに気体に比べて圧倒的に大きな熱容量を持ち、以下の操作中でも温度一定の熱平衡状態を保つ。この系で図に示すサイクルを行う。図の A 点では気体は高温熱源と熱平衡状態にあり、体積は V_A である。A 点から B 点へは気体は準静的に等温膨張し B 点に至る。ここで、気体と高温熱源との接触を断ち、低温熱源と接触させる。接触面は微小であり、熱の移動はゆっくりと行われるので、気体は準静的に定圧下で体積 V_A 、温度 T_2 の熱平衡状態 C 点に移行する。C 点で気体と低温熱源との接触を断ち、高温熱源と接触させる。熱の移動はゆっくりと行われ、気体は体積を一定に保って、準静的に A 点に戻る。以下の設問に答えよ。

- (1) この気体の内部エネルギー U は体積に依存しないこと、すなわち、 $\partial U(T, V) / \partial V = 0$ を証明せよ。
- (2) 定積モル比熱は体積によらないことを示せ。
- (3) A \rightarrow B の過程で気体が外部に行う仕事 W_{AB} と、熱源から得る熱 Q_{AB} を求めよ。
- (4) B \rightarrow C の過程で気体が外部に行う仕事 W_{BC} と、熱源から得る熱 Q_{BC} を求めよ。
- (5) C \rightarrow A の過程で気体が外部に行う仕事 W_{CA} と、熱源から得る熱 Q_{CA} を求めよ。
- (6) この気体では c_V と c_p の間に $c_p = c_V + R$ という関係式が成り立つことを示せ。
- (7) このサイクルを熱機関として用いるときの効率 η を求めよ。
- (8) このサイクルを 1 回行う場合の系全体のエントロピー増加量 ΔS を求めよ。但し容器など、気体と熱源以外の系の構成要素が関与する熱のやりとりは無視できるものとせよ。
- (9) 設問 (8) で求めた ΔS の式は $T_1/T_2 (> 1)$ の関数として正の値を持つことを示せ。
- (10) 等温過程での体積弾性率 $K_T = -V(\partial p / \partial V)_T$ と断熱過程での体積弾性率 $K_S = -V(\partial p / \partial V)_S$ の比を求めよ。



平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 6 問 化学・生化学 (1)

下記の (I) ~ (III) に示した反応に対して下記の問いに答えよ。ただし、 $\log 2=0.301$ 、 $\log 3=0.477$ 、 $\log 5=0.699$ 、 $2.303 \log x = \ln x$ とする。

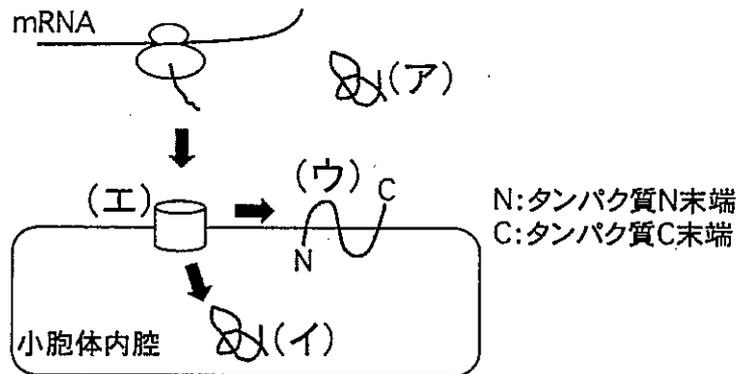


- (1) 反応(I)において、生成物濃度の増加速度が化合物 A の濃度の 1 乗に比例するとき、この反応は一次反応と呼ばれる。以下の問いに答えよ。
- (a) 化合物 A の初濃度を $[A]_0$ 、反応時間 t での化合物 A の濃度を $[A]$ 、この反応の速度定数を k とするとき、この反応の半減期 $t(1/2)$ を求めよ。
 - (b) 化合物 A の反応中の濃度の時間変化データを用いて実験的にこの反応の速度定数 k を決定する方法を説明せよ。
 - (c) この反応において、温度 T_1 での反応速度定数を k_1 、温度 T_2 での反応速度定数 k_2 としたとき、この反応の活性化エネルギー E を、 T_1 、 T_2 、 k_1 、 k_2 および気体定数 R を用いて示せ。ただし、活性化エネルギーは温度によらないと仮定する。
 - (d) この一次反応の半減期が、 27°C で 6,000 秒、 37°C で 1,200 秒であるときの反応の活性化エネルギー E を求めよ。ただし、気体定数 $R=8.314 \text{ (JK}^{-1}\text{mol}^{-1}\text{)}$ とする。
- (2) 反応(II)において、生成物濃度の増加速度が化合物 A の濃度の 2 乗に比例するとき、この反応は二次反応と呼ばれる。以下の問いに答えよ。
- (a) 化合物 A の初濃度を $[A]_0$ 、反応時間 t での化合物 A の濃度を $[A]$ 、この反応の速度定数を k とするとき、この反応の半減期 $t(1/2)$ を求めよ。
 - (b) 化合物 A の反応中の濃度の時間変化データを用いて実験的にこの反応の速度定数 k を決定する方法を説明せよ。
- (3) 反応(III)において、生成物濃度の増加速度が化合物 B と C の濃度の積に比例するとき、この反応は二次反応と呼ばれる。以下の問いに答えよ。
- (a) ある反応時間 t で化合物 B が x だけ反応するとしたときの反応の速度定数 k を求めよ。ただし、化合物 B の初濃度 $[B]_0$ 、化合物 C の初濃度 $[C]_0$ とし、かつ、 $[B]_0 \neq [C]_0$ とする。
 - (b) 化合物 B と C の初濃度と反応中の両化合物濃度の時間変化データを用いて実験的にこの反応の速度定数 k を決定する方法を説明せよ。
 - (c) この反応において、化合物 B の初濃度 $[B]_0=20.0 \text{ mol l}^{-1}$ 、化合物 C の初濃度 $[C]_0=10.0 \text{ mol l}^{-1}$ として、反応開始 150 秒で残存する化合物 B の濃度は 12.0 mol l^{-1} となった。この結果より、反応の速度定数 k を求めよ。
- (4) 反応速度論の研究では、反応の次数を決定することが重要な事が多い。一般に使用される反応次数の決定方法を 3 つあげてそれぞれを 5 行程度で説明せよ。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
 生命環境科学系 専門科目

第 7 問 化学・生化学 (2)

真核細胞内のリボソームで合成が完了した直後のタンパク質は、大きく分類すると下図のように、(ア) サイトゾル中に遊離した状態、(イ) 小胞体内腔に遊離した状態、(ウ) 小胞体膜を貫通してつなぎ止められた状態のいずれかの状態で存在する。以下の問いに答えよ。



- (1) リボソームで合成が完了した直後のタンパク質が、図中の (イ) の状態となる場合、そのタンパク質に必要な構造的条件を答えよ。
- (2) 図中の (イ) の状態で存在する多くのタンパク質は、小胞体膜上の (エ) で示されるタンパク質複合体を経て局在する。(エ) の名称を答え、リボソームでの合成から (エ) を経て (イ) の状態へとタンパク質が局在する過程について説明せよ。
- (3) 最終的に (イ) の状態で局在するタンパク質について、その局在に出来るだけ影響を与えることなく緑色蛍光タンパク質 (GFP) を融合させるには、一次構造上どのような設計の融合タンパク質とするのが最も良いか図示し、そのように設計した理由を説明せよ。理由の説明がない答案は採点対象としない。
- (4) リボソームで合成が完了した直後に、図中の (ウ) の状態 (膜を三回貫通しているとする) で存在するタンパク質の一部は、最終的に細胞膜へと輸送される。その過程において必ず経由する細胞小器官の名称と、その細胞小器官上における (ウ) の状態、および細胞膜に輸送された時の (ウ) の状態を、膜に対するタンパク質の配向が分かるように図示せよ。
- (5) リボソームで合成直後、図中の (ア) の状態の可溶性タンパク質は、サイトゾルに留まるものの他に、細胞内のどこに局在する可能性があるか。可能性のある行き先を二つ挙げ、それぞれの場合についてその局在決定に必要な構造的条件と、局在過程について説明せよ。三つ以上挙げた答案は採点対象としない。
- (6) 細胞から単離した小胞体膜 (マイクロソーム) がある。この小胞体に含まれるあるタンパク質が図中の (イ) の状態で存在するのか、あるいは (ウ) の状態で存在するのかを推定するためにはどのような実験を行えばよいか説明せよ。

第 8 問 化学・生化学 (3)

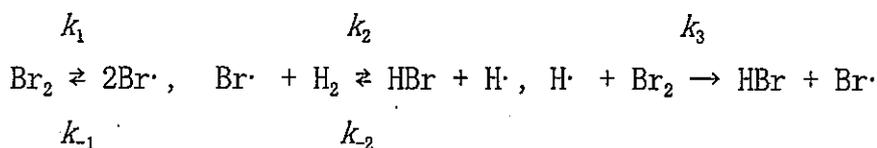
- I. 定圧熱容量 C_p と定積熱容量 C_v の間の関係式 $C_p - C_v = \left\{ \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T + P \right\} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$ を導出せよ。また、理想気体の場合、上の式の右辺が nR に等しいことを示せ。但し、 U : 内部エネルギー、 V : 体積、 P : 圧力、 T : 絶対温度、 R : 気体定数、 n : 物質質量 (mol) とする。

- II. 純溶媒 A の場合と比べ溶質 B が存在すると凝固点が低下する。溶媒の化学ポテンシャルはラウールの法則に従うものとし、以下の凝固点降下の式を導け。この式を導く際の近似も列挙せよ。

$$\Delta T_f = \frac{RT_f^2 M_A}{\Delta H_{m, fus}} b$$

但し、 M_A は溶媒 A の分子量、 T_f は純溶媒 A の凝固点、 $\Delta H_{m, fus}$ はモル融解エンタルピー、 b は溶質 B の重量モル濃度とする。

- III. 臭素と水素が反応して臭化水素を生成する反応は以下の連鎖反応として知られている。以下のように各素反応の速度定数を k_1 , k_{-1} , k_2 , k_{-2} , k_3 と定める。



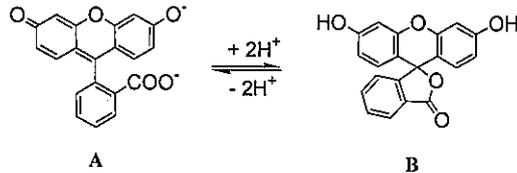
反応中間体である臭素ラジカル ($\text{Br}\cdot$) 及び水素ラジカル ($\text{H}\cdot$) について定常状態近似を行い、臭化水素の生成速度を $[\text{Br}_2]$, $[\text{H}_2]$, $[\text{HBr}]$ を用いた関係式で表せ。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

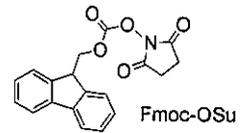
第 9 問 化学・生化学 (4)

下記のアミノ酸修飾に関する問いに答えよ。

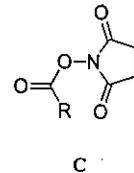
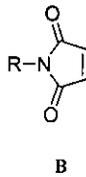
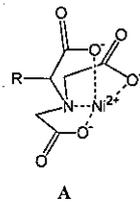
- (1) 下に示した分子は Fluorescein という化合物で、同分子の誘導体を用いてタンパク質やアミノ酸を蛍光ラベル化することができる。Fluorescein は pH に依存して A と B の構造をもつが、A は B に比べて波長 520 nm 付近に強い蛍光を発することが知られている。その理由を下記の構造と sp^3 、 sp^2 、共役、電子、の言葉を用いて説明せよ。



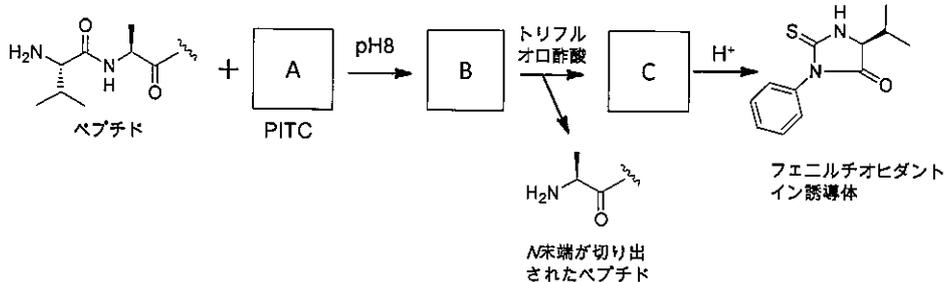
- (2) アスパラギンは分子内に 2 つの $-NH_2$ が存在するが、右に示す化合物 Fmoc-OSu は α 位の $-NH_2$ と選択的に反応する (α - NH_2 基の保護)。アスパラギンと Fmoc-OSu との反応生成物の構造式を示せ。また側鎖 $-NH_2$ の求核性が低い理由を説明せよ。



- (3) 色素分子を誘導体化し、分子中に存在する様々な官能基と共有結合や配位結合を形成させることでタンパク質やアミノ酸の標識が可能となる。下の反応性官能基 A、B、C と効率良く反応する側鎖をもつ天然アミノ酸の名称を一つずつ挙げ、そのアミノ酸との反応生成物の構造式を示せ。但し、2 つ以上挙げた場合には採点の対象としない。



- (4) エドマンは、Phenyl isothiocyanate (PITC) を用いたエドマン分解法を考案した。エドマン分解では、ペプチドの N 末端アミノ酸を切り出すことができる。以下の A、B、C に入る構造式を立体配置が分かるように示せ。



- (5) エドマン分解法を用いて D-Phe を含むペプチドを分析する。L-Phe と D-Phe から、それぞれ得られるフェニルチオヒダントイン誘導体の構造式を立体配置が分かるように示せ。また、L-Phe 誘導体と D-Phe 誘導体を区別する方法を 2 つ挙げよ。但し、3 つ以上挙げた場合には採点の対象としない。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 10 問 生物学 (1)

核酸に関する以下の問 1—7 に答えよ。

問 1 細胞内で DNA が複製される際、プライマーが必要である。プライマーとはどのような分子かを説明しなさい。そしてプライマーの役割についても述べなさい。

問 2 細胞内での DNA の合成方向は $5' \rightarrow 3'$ 方向といわれるが、この表記が意味するところを説明しなさい。

問 3 細胞内での RNA の合成方向、タンパク質の合成方向はどのように表記されるかをそれぞれ (例) DNA: $5' \rightarrow 3'$ の要領で示しなさい。

問 4 DNA の複製過程では岡崎フラグメントとよばれる短い DNA が合成される。この岡崎フラグメントが合成される理由、および岡崎フラグメントが最終的にどのようなようになるかを説明しなさい。

問 5 RNA が転写される際にはプライマーは不要である。無くてすむ理由を述べなさい。

問 6 真核生物ではメッセンジャーRNA (mRNA) は、いったん長い RNA として転写されたのちに、スプライシングを受けて成熟 mRNA として完成する。ゲノム配列上のタンパク質をコードする遺伝子について、スプライシングを受けたのちどのような成熟 mRNA ができるかを調べるには、どのような実験をすればよいか、述べなさい。

 真核生物の多くの mRNA にはキャップ構造と、ポリ A 尾部 (ポリ A 鎖) が存在する。mRNA からの翻訳が起こる際に、この 2 つの構造があることで翻訳効率が上がることが知られている。その原因として考えられることを 2 点挙げなさい。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 11 問 生物学 (2)

次の文を読み、以下の問 1—5 に答えよ。

細胞の基本的な現象の 1 つである体細胞分裂は、様々な生体分子により厳密に制御され、G1 期→S 期→G2 期→M 期の順で進行する。多くの動物細胞において、M 期では、2 つの (ア) 中心体が細胞の反対の端に移動し (イ) 紡錘体が構築され、この紡錘体に依存して (ウ) 染色体が紡錘体の赤道面へと移動する。その後、(エ) 赤道面に整列した姉妹染色分体が分離し、それぞれが面する紡錘体極に向けて移動する。最終的に、細胞質が二分割することで、娘細胞に 1 セットの染色体と 1 つの中心体が分配され、分裂が完了する。

問 1 動物細胞の M 期の主な過程は、顕微鏡下で観察される染色体などの挙動を基に、前期、前中期、中期、後期、終期に区分されている。各区分の特徴を模式図を用いて説明せよ。

問 2 下線部 (ア) について、以下の問いに答えよ。

(1) G1 期における中心体について、中心小体、中心体周辺マトリックス、微小管の極性がわかるように図示せよ。

(2) 中心体の複製の過程を簡潔に説明せよ。



問 3 下線部 (イ) について、以下の問いに答えよ。

(1) 紡錘体の構築に重要な二種類のモータータンパク質は何か。また、紡錘体の構築におけるそれぞれの役割を簡潔に説明せよ。

(2) 多くの高等植物細胞では、中心体がなくても紡錘体が形成され、姉妹染色分体の適切な分配が行われている。このときの紡錘体構築方法を簡潔に説明せよ。



問 4 下線部 (ウ) について、以下の問いに答えよ。

前期染色体を、動原体を含む染色体断片と動原体を含まない染色体断片とに、人為的にレーザー光線で切断した場合、それぞれの染色体断片はどのような挙動をとるか答えよ。また、それぞれの機構を説明せよ。

問 5 下線部 (エ) について、以下の問いに答えよ。

姉妹染色分体が分離し、紡錘体極方向に移動する機構を説明せよ。



平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 12 問 生物学 (3)

次の文を読み、以下の問 1—7 に答えよ。

哺乳動物は、外界から様々な情報を感知し、応答する。例えば、嗅覚を司る嗅細胞の細胞膜上には、G タンパク質共役型受容体 (GPCR) ファミリーの 1 つである嗅覚受容体が存在する。嗅覚受容体において物質が結合することで、においを感知する。GPCR は、構造的特徴から (A) 回膜貫通型受容体とも呼ばれる。ヒトゲノム全体で約 1000 種類ほどの GPCR 遺伝子が見出されているが、リガンドが同定されている GPCR は、そのうちの約半分程度ではない。

GPCR にリガンドが結合し、GPCR が活性化されると、3 量体 G タンパク質の (B) サブユニットに結合している (C) が (D) に変換される。G タンパク質は、分子スイッチであり、(C) を結合した状態がスイッチ (E) の状態である。一方、(D) を結合した状態は、スイッチ (F) の状態である。G タンパク質の種類によって標的分子の種類も異なる。例えば、ATP から (G) を産生する (H) という酵素や、細胞膜成分の 1 つである (I) を分解して (J) と (K) を産生する (L) という酵素などが存在する。

一方、気体である (M) は、細胞膜を透過する情報伝達物質である。血管平滑筋内では、(M) が (N) を活性化し、(O) が産生される。その結果、平滑筋は、弛緩する。

 文中の (A) ~ (O) 中に入る最も適当な数字や語句を答えよ。

 3 量体 G タンパク質と低分子量 G タンパク質の活性化機構の相違点を説明せよ。

問 3 哺乳動物が、外界からの情報を感知し、応答するためには、細胞間の情報伝達が必要である。細胞間の情報伝達には、どのような様式があるか。細胞間の位置関係や介在する物質の点から 4 つ程度に分類し、説明せよ。

 電気シナプスの特徴について、化学シナプスと比較して説明せよ。

 プレシナプス、ポストシナプス、シナプス小胞、活動電位、カルシウムチャネル、グルタミン酸受容体、シナプス後電位、SNARE タンパク質、グルタミン酸という語句をすべて用いて、化学シナプスにおけるシナプス情報伝達過程について順を追って説明せよ。

問 4  GPCR を持続的あるいは高頻度でリガンド刺激すると、その活性が抑制される脱感作という現象が起こる。この脱感作の機構について、説明せよ。

問 5  ある臓器に特異的に発現している機能不明な GPCR を発見した。

(1)  この受容体に対するリガンドを特定したい。どのような実験を行えば、この受容体に対するリガンドを特定できると考えられるか、説明せよ。

(2) この受容体の機能を知りたい。どのような実験を行えば、この受容体の機能を解明できると考えられるか、説明せよ。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 13 問 生物学 (4)

以下の問 1-6 に答えよ。

問 1 補酵素と補欠分子族の類似点とちがいを、例を挙げて簡潔に述べよ。なお、本問題に記されている物質は除く。

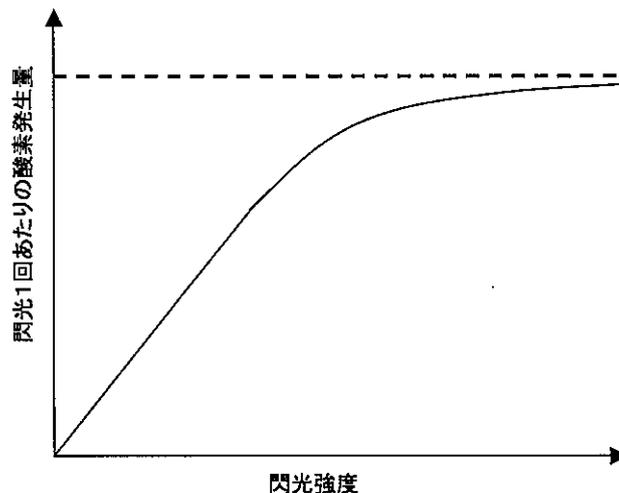
問 2 NAD と NADP は補酵素の代表であり、両者の構造はよく似ている。しかし、細胞内の代謝経路において、両者は使い分けられている。その使い分けの概要を述べよ。

問 3 高等植物の花の色素は、4 種に大別される。これは、クロロフィル、カロテノイド、_____、_____である。下線部に入る色素名と、それぞれの色素が蓄積するオルガネラ名を答えよ。

問 4 光合成で利用するいわゆる「光合成色素」には、クロロフィル、カロテノイドなどが知られている。
(1) カロテノイドが、花の色素と光合成色素として使い分けられているしくみを述べよ。
(2) クロロフィルにはいくつか分子種が知られている。その分子種のうち異なる役割をもつ 2 つを挙げ、それらの光合成における役割を述べよ。

問 5 藻類の細胞に適切な周期の閃光を照射して、光合成の酸素発生量を測定し、下図のような結果を得た。

- (1) 酸素発生量が光によって飽和しない条件で、吸収された光子の量と酸素の発生量のモル比を求めると、約 8:1 の値が得られた。この結果の意味するところを簡潔に述べよ。
- (2) 光が飽和する条件で、光を吸収するクロロフィルの量と酸素の発生量のモル比を求めると、約 2400:1 の値が得られた。この結果の意味するところを簡潔に述べよ。



問 6 青ジソと赤ジソはシソ科の同種の植物であるが、葉に含まれる色素が異なる。この両者のちがいを、葉の吸収スペクトルを測定して確認したとする。次に、赤ジソに多く含まれる色素が光合成に貢献するかどうかを調べるには、どのような実験をすればよいか、簡潔に述べよ。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 14 問 生物学 (5) その 1

次の文を読み、以下の問 1—8 に答えよ。

哺乳類の肝臓は旺盛な再生力を持っている。たとえば成体ラットの場合、肝臓は外科的に 70% 切除すると 10 日後には元の大きさに再生する。

1984 年、中村らは肝臓を部分切除されたラットの血清からゲル濾過クロマトグラフィーとヘパリンに対するアフィニティークロマトグラフィーを用いて、肝細胞の増殖を *in vitro* で促進する肝細胞増殖因子 (HGF) を分離した。この因子は (ア) 70°C、20 分間処理やトリプシン処理、あるいはジチオスレイトールなどの還元剤処理により失活した。次に彼らは

(イ) 精製した HGF から部分アミノ酸配列を決定し、それをもとに HGF の全長アミノ酸配列を決定した。HGF をコードした mRNA 量は、肝臓では部分切除 24 時間後にピークとなった。しかし、血清中の HGF 活性は、切除 3 時間後に最初のピークが認められ、さらに 24 時間後には 2 つ目のピークが認められたので、最初のピークは (ウ) 肝臓以外の組織、2 つ目のピークは 肝臓から供給された HGF であることが予想された (図 1 を参照)。

その後、HGF は肝細胞に限らず多種類の細胞の増殖や形態形成、遊走に関わっていることが分かった。また HGF 受容体はがん細胞において発現が顕著で、c-Met と呼ばれる proto-oncogene (原がん遺伝子) の産物と同一であることが示された。特に悪性のがんで c-Met 遺伝子の突然変異や活性化が起きている場合が多いことから、HGF と c-Met は「がんの分子標的」として注目されている。

問 1  肝臓の主要な機能を 3 つ挙げ、それぞれを 3 行以内で説明せよ。ただし、HGF の産生は除く。

問 2  ゲル濾過クロマトグラフィーとアフィニティークロマトグラフィーの原理について、それぞれ 3 行程度で述べよ。

問 3 下線部 (ア) から推定される因子の性質について述べよ。

(次のページに続く)

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 14 問 生物学 (5) その 2

問 4 下線部 (イ) の具体的方法について 3 行程度で述べよ。

問 5 下線部 (ウ) における肝臓以外の HGF 産生組織を探す方法について述べよ。

問 6 Proto-oncogene (原がん遺伝子) とは何か。3 行程度で述べよ。

問 7 図 1 の実験では、偽手術 (開腹は行うが、肝臓は切除せず、そのまま縫合する手術) を施したラットも使用された。その理由を 3 行程度で述べよ。

問 8 HGF や c-Met を分子標的とする抗がん剤を作りたい。考え得る戦略を 3 つ挙げ、それぞれについて簡潔に説明せよ。

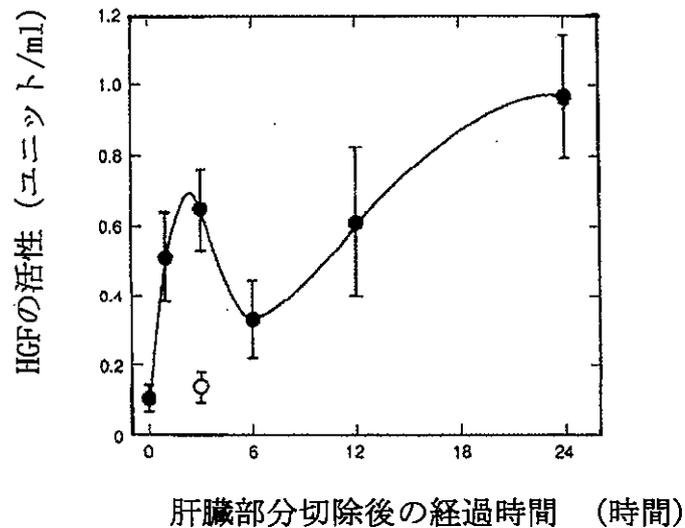


図 1 肝臓部分切除後のラット血清に含まれる HGF 活性の変化

● 切除群、○ 偽手術群

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 15 問 身体運動科学 (1)

糖尿病の運動療法について、知るところを述べなさい。
ただし、下記の用語を全て用いること。

糖輸送担体
インスリン抵抗性
アディポサイトカイン
レプチン
有酸素運動

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 16 問 身体運動科学 (2)

以下の設問 I~III から 2 題を選択して解答しなさい。

I. 単純反応時間課題および選択反応時間課題の遂行に関わる情報処理について、以下の用語を全て用いて説明しなさい。

神経伝導
刺激同定
中枢処理
反応プログラミング

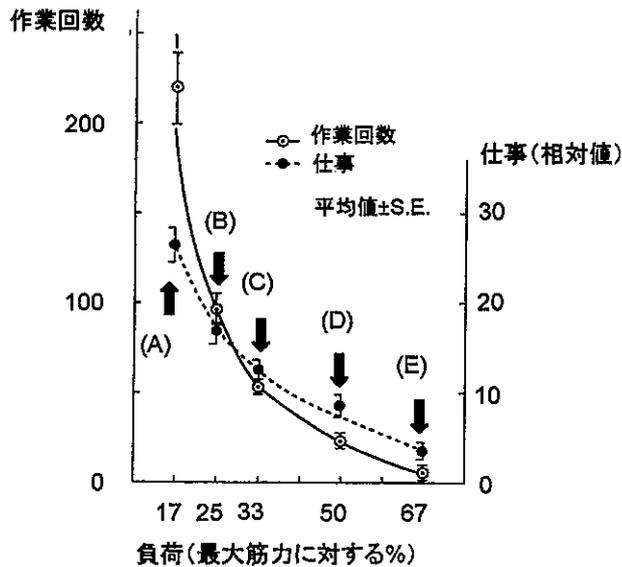
II. 伸張反射と屈曲反射の違いについて、1) 適刺激、2) 反射経路、3) 反射応答、4) 機能の観点から説明しなさい。

III. 大脳基底核と小脳の共通点と相違点について、1) 機能的、2) 解剖学的、3) 病理学的観点から説明しなさい。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 17 問 身体運動科学 (3)

下の図は、ある単関節動作を、1 秒間に 1 回のテンポで反復した場合の、負荷の大きさと最大作業回数および正の仕事の間の関係を示すものである。負荷の大きさは、最大随意等尺性筋力 (MVC) に対して相対化してある。相対負荷がある程度小さい場合の最大作業回数は、筋持久力の指標としてよく用いられる。図を参照しながら、問 (1) - (6) に答えなさい。



図

- (1) 筋持久力を評価する方法として、上記と異なる方法を一つ述べなさい。
- (2) 「正の仕事」は、どのようにして求めたと考えられるか。図中の数値は無視してよい。
- (3) 図中 (A) - (E) の負荷で、最大努力の挙上動作 (短縮性動作) を 1 回だけ行った場合、負荷の大きさと力学的仕事率 (パワー) のピーク値の関係はどのようにになると考えられるか。その生理学的根拠とともに説明しなさい。
- (4) 図中 (A) - (E) の負荷で、最初の 1 回目の作業を行うとき、主動筋に含まれる運動単位の使われ方は、ある生理学的原理に基づくと考えられる。負荷が (A) から (E) へと増大するにしたがい、運動単位の使われ方はどのように変化するか。
- (5) 運動前と、図中 (C) の負荷で運動継続不能となった直後に、主動筋を対象として ^{31}P -核磁気共鳴スペクトル分析 (^{31}P -NMR または ^{31}P -MRS) を行い、筋線維内の ATP、クレアチンリン酸 (PCr)、無機リン酸の濃度、および pH を測定した。運動前と比べて、これらはどのように変化したか。筋線維の疲労と関連づけつつ、化学量論的に述べなさい。
- (6) 最大作業回数には、運動神経より末梢側の疲労 (末梢性疲労) と、中枢側の疲労 (中枢性疲労) の両者が関与すると考えられる。このことを、ヒトを対象として、なるべく非侵襲的に示そうとする場合、どのような実験手法が可能と考えられるか。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 18 問 身体運動科学 (4)

以下の設問にそれぞれ 10 行以内で答えなさい。

- I. 肉離れの病態と受傷後の処置およびスポーツ復帰について、医学的な観点から述べなさい。
- II. 骨粗鬆症に対する運動のかかわりについて、青年期までと壮年期以降にわけて述べなさい。
- III. 学童期におけるスポーツ活動について、スポーツ障害を予防する観点から考慮すべき点を述べなさい。
- IV. メタボリック症候群とスポーツの関わりについて知るところを述べなさい。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 19 問 身体運動科学 (5)

次の 4 問を全て解答しなさい。

I. 脂肪細胞にある中性脂肪が、運動時に作業筋のミトコンドリアで利用されるまでの代謝経路について説明しなさい。

II. 数週間の高脂肪食の摂取によって筋肉に起こる代謝に関する変化と、数週間の持続的トレーニングによって筋肉に起こる代謝に関する変化には、共通する点と相違する点とがある。このことを説明しなさい。

III. 随意等尺性収縮による最大トルクの規定因子を 4 つ挙げ、それぞれについて説明しなさい。

IV. 身体組成の測定方法として、キャリパー法、インピーダンス法、水中体重秤量法（水中体重法）がある。これらの 3 つの方法を簡単に説明し、それぞれの長所および短所を述べなさい。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
 生命環境科学系 専門科目

第 20 問 身体運動科学 (6)

次の 2 問を全て解答しなさい。

- I. 図 1 は、ヒトの歩行動作 1 周期中のスティックピクチャーと、下肢 3 関節の身体質量あたりの発揮パワーを示した図である。この図の膝関節パワー曲線中の a、b、c で示した負のパワー発揮の、歩行におけるそれぞれの役割を述べなさい。

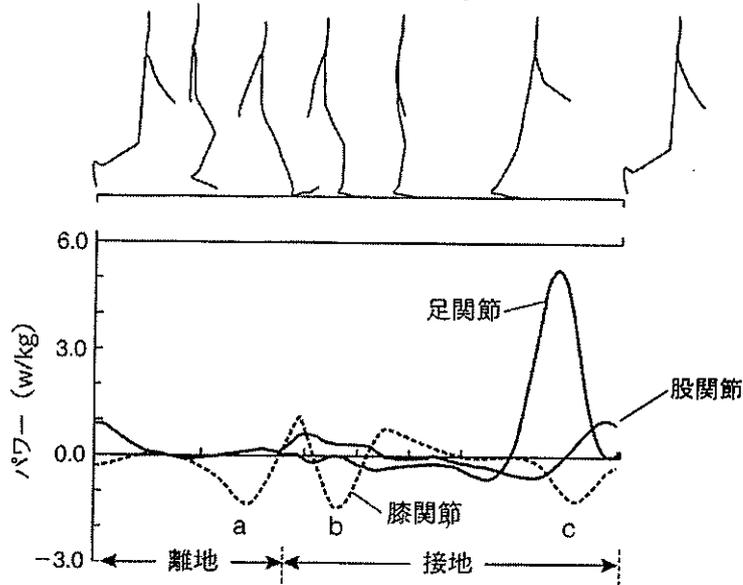


図 1 ヒトの歩行動作中の下肢の関節パワー。

- II. 図 2 は、数歩の助走後に蹴り脚を矢状面内でスイングしてサッカーボールを蹴った際の蹴り脚のスティックピクチャー、大腿、下腿と足の地面に対する角速度 (反時計回りを正とする)、及び下肢の 3 関節のトルクとパワーを示している。この図を見て以下の小問に答えなさい。ただし、(1)、(2)については、身体セグメント間で作用する力を考慮しなさい。

- (1) $-0.14 \sim -0.04$ 秒間で膝関節伸展トルクが発揮されているにもかかわらず、膝関節が屈曲運動をしている理由を述べなさい。
- (2) インパクト直前に股関節屈曲トルクが発揮されているにもかかわらず、大腿の角速度が減少している理由を述べなさい。
- (3) スティックピクチャーが描かれている時間内での、蹴り脚の膝関節伸展トルクの重要な役割を 2 つ述べなさい。

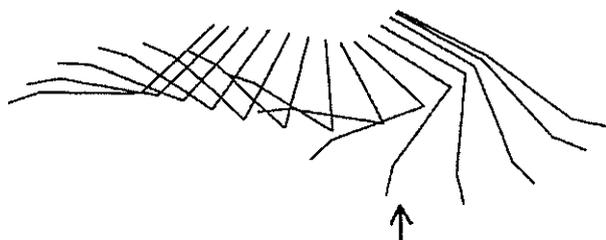
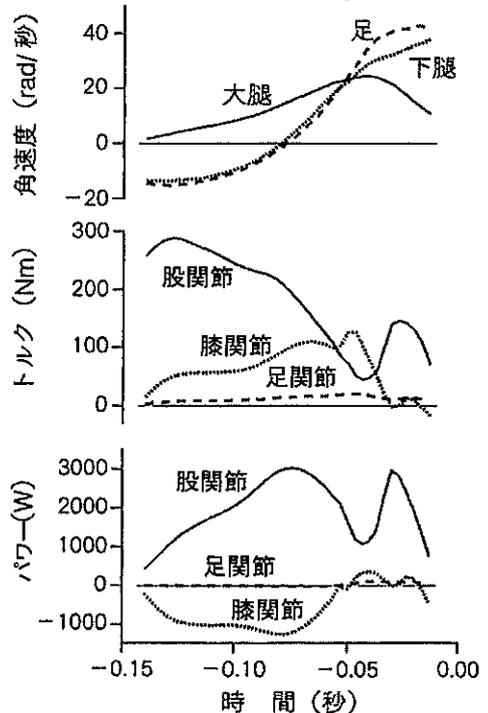


図 2 サッカーのキック中の蹴り脚のキネマティクスとキネティクス。スティックピクチャー中の矢印は、ボールインパクト地点を示す。時間 0 秒はボールインパクト時刻を示す。トルクについては股関節屈曲、膝関節伸展、足関節背屈が正である。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 21 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。

- (1) ミーム (meme)
- (2) 4枚カード問題 (Wason selection task)
- (3) 気分誘導法 (mood-induction procedure)
- (4) 行動変容法 (behavior modification method)
- (5) 非機能的思考記録 (daily record of dysfunctional thoughts)
- (6) メタ認知療法 (metacognitive therapy)
- (7) 紡錘状回 (fusiform gyrus)
- (8) 側抑制 (lateral inhibition)
- (9) 鍵刺激 (releaser (in ethology))
- (10) 音素修復 (phonemic restoration)
- (11) 皮質拡大係数 (cortical magnification factor)
- (12) 丁度可知差異 (just noticeable difference)

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 22 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. 小鳥の歌学習における感覚学習期と感覚運動学習期について説明せよ。
- II. 実験的行動分析におけるピークシフトについて説明せよ。
- III. 情動発現における扁桃体の役割について説明せよ。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 23 問 認知行動科学 (3)

以下のすべての問いについて解答せよ。

I. 動物が血縁者に対してどのように振る舞うのかに関し、

- (1) 社会性昆虫
 - (2) 社会性哺乳類
- について説明せよ。

II. ヒト以外の動物を対象とした

- (1) エピソード記憶
 - (2) 自己鏡像認知
- 研究について説明せよ。

III. 野生のチンパンジーとヒトの狩猟採集民を比較して

- (1) 配偶行動
 - (2) 養育行動
- の種間の相違点について説明せよ。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 24 問 認知行動科学 (4)

以下の 4 問すべてについて解答せよ。

I. アイゼンク (Eysenck, H.J.) のパーソナリティ理論と、性格 5 因子論 (ビッグファイブ理論) はどのような関係にあるかについて述べよ。

II. 抑うつリアリズムとはどのような現象か。具体的な研究例をあげて説明せよ。また、その治療面における意義について、ベック (Beck, A.) の抑うつ認知理論と対比させながら説明せよ。

III. 注意欠陥／多動性障害の原因、行動的特徴、心理的症状のそれぞれについて説明せよ。

IV. 心理療法の効果研究におけるシングルケース実験デザインについて説明せよ。

平成 24 年度修士課程入学試験問題
生命環境科学系 専門科目

第 25 問 認知行動科学 (5)

以下のすべての問いに答えよ。

I.

私たちが顔パターンを認識する仕方は、他の物体認識一般の仕方とは異なっている。顔認識の特異性を2例以上の実験心理学的な事実を挙げて説明せよ。

II.

(1) 視覚系が「運動からの構造復元」を行う場合に剛体性の仮定をおいていることを示唆する現象例をひとつ挙げよ。

(2) 「プルフリッヒの振り子」はなぜ起こるか。プルフリッヒ自身が唱えたこの現象の説明を、図示と文章説明によって記述せよ。

III.

(1) ウェーバーの法則とフェヒナーの法則の関係を解説せよ。

(2) ランダムなノイズの中に埋もれた微かな信号を検出する知覚課題を行っているとする。

(a) ノイズの量をさまざまに変えて人間の観察者がこの課題を行った場合、ノイズ量の関数として典型的に得られる検知閾の形状を記述せよ。

(b) なぜそのような関数形状となるか説明せよ。

(c) まったく同じ課題を「理想的観察者 (ideal observer)」が行った場合はどうなるか想像し、人間の課題成績との違いを明らかにせよ。

草稿用紙

草稿用紙

草稿用紙