平成22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21年８月25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30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．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。

7．試験の開始後は、中途退場を認めない。

8．本冊子、解答用紙及び草稿用紙は持ち帰ってはならない。

9．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
第２問　物理学（２）　……………………………………　2
第３問　物理学（３）　……………………………………　3
第４問　物理学（４）　……………………………………　4
第５問　物理学（５）　……………………………………　5
第６問　化学・生化学（１）　………………………………　6
第７問　化学・生化学（２）　………………………………　7
第８問　化学・生化学（３）　………………………………　8
第９問　化学・生化学（４）　………………………………　9
第10問　生物学（１）　………………………………　10～11
第11問　生物学（２）　………………………………　12～13
第12問　生物学（３）　………………………………　14～15
第13問　生物学（４）　………………………………　16～17
第14問　生物学（５）　………………………………　18～19
第15問　身体運動科学（１）　……………………………　20
第16問　身体運動科学（２）　……………………………　21
第17問　身体運動科学（３）　……………………………　22
第18問　身体運動科学（４）　……………………………　23
第19問　身体運動科学（５）　……………………………　24
第20問　身体運動科学（６）　……………………………　25
第21問　認知行動科学（１）　……………………………　26
第22問　認知行動科学（２）　……………………………　27
第23問　認知行動科学（３）　……………………………　28
第24問　認知行動科学（４）　……………………………　29
第25問　認知行動科学（５）　……………………………　30

平成22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）

質量M，内容積Vの頑丈な金属製の立方体の中に，1粒子の質量m，全粒子数n，温度Tの理想気体が入っている．気体粒子の運動は等方的であるとする．このとき，内部の気体粒子が(v_x,v_y,v_z)と$(v_x+dv_x,v_y+dv_y,v_z+dv_z)$の間の速度を持つ確率は，Maxwellの速度分布則

$$f(v_x,v_y,v_z)dv_xdv_ydv_z=\left(\frac{m}{2\pi k_BT}\right)^{3/2}e^{-\frac{m}{2k_BT}\left(v_x{}^2+v_y{}^2+v_z{}^2\right)}dv_xdv_ydv_z$$

で与えられる（k_BはBoltzmann定数）．

I. 立方体の三辺をx, y, z軸にとったときに，yz平面と平行に立方体内部に配置した面積$\delta\sigma$の小さな正方形の平面を考える．単位時間δtの間に気体粒子によってこの面の片方に与えられた法線方向の運動量を$\delta \mathbf{P_X}$とおくと，この平面が受ける圧力Dは，$D=\delta P_X/\delta\sigma\delta t$で表せる．このとき以下の問いに答えよ．ただし式変形には

$$\sqrt{\frac{a}{2\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-\frac{a}{2}x^2}dx=1 \quad , \quad \sqrt{\frac{a}{2\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}x^2e^{-\frac{a}{2}x^2}dx=\frac{1}{a}$$

の公式を使ってよい．

(1) 単位時間δtの間にこの平面を通過する速度(v_x,v_y,v_z)（合計速度v）の気体粒子は，その単位時間の開始時にはどのような空間の範囲内に分布するかを図示せよ．

(2) 速さvの気体粒子の数密度を$n(v)$として，単位時間δtの間にこの平面を通過する速さvの気体粒子の数を求めよ．

(3) これらの気体粒子が単位時間に平面を通過するときにこの平面に寄与する運動量の合計を式で表せ．

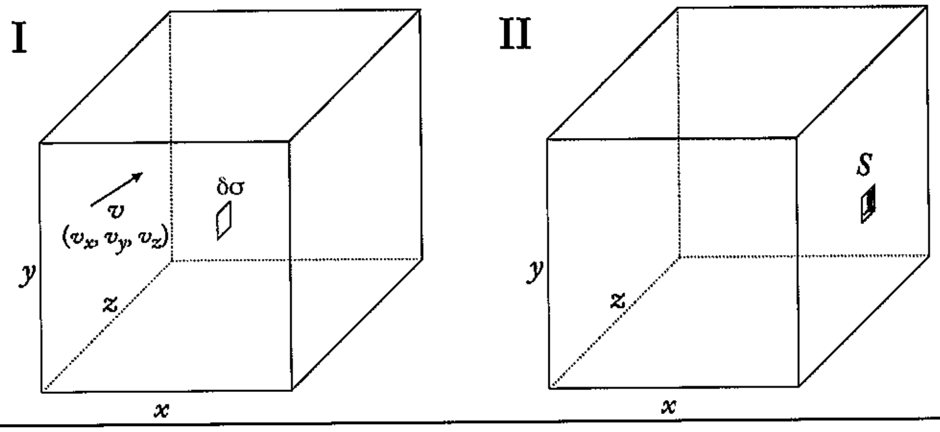
(4) 同じ時間にこの平面を反対側から通過する粒子群が寄与する運動量の合計を式で表せ．

(5) この平面が受ける圧力DをBoltzmann定数，温度，粒子数で表せ．

II. この立方体のyz方向の側面に面積Sの小さな穴を開け，回転運動を加えないように注意して宇宙ステーションから外部の真空空間に放りだす．

(1) この穴から単位時間に吹き出る粒子の数を，現在の粒子数と圧力を用いて求めよ．

(2) この穴から吹き出る粒子のx軸方向の速度分布（v_xがv_xとv_x+dv_xの間にある確率）を求めよ．



平成 22 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）

電子 e の質量を m_e，そのスピンを **S**，陽子 p の質量を m_p，そのスピンを **I**，光速を c，ボルツマン定数を k_B，系の絶対温度を T として，以下の問いに答よ．$\boldsymbol{\mu}$ のように太字はベクトルを，μ のように細文字はスカラー量を表す．

(1)　1 個の電子 e と 1 個の陽子 p が別々に磁場 **H**（z 方向）の中に置かれているとき両者の磁気モーメント $\boldsymbol{\mu}_e$ と $\boldsymbol{\mu}_p$ を書き下せ．ボーア磁子 μ_B を使うとどう書けるか．またその比 μ_e/μ_p を求めよ．

(2)　不対電子を 1 個持つ分子に磁場 **H** がかかると，エネルギー準位が分裂する．この分裂状態を簡単に図示せよ．この状態の分子に，ある振動数の電磁波 $h\nu$ を入射したら共鳴吸収が起こった．このときのエネルギー準位分裂と $h\nu$ の関係を示せ．$H = 6.6\times10^3$ gauss の場合，振動数 ν と波長を求めよ．但し $\mu_B = 0.93\times10^{-20}$ erg/gauss, $h = 6.6\times10^{-27}$ erg・s, $c = 3.0\times10^{10}$ cm/s である．

(3)　単位体積あたり N 個の孤立電子が磁場 **H**（z 方向）の中に置かれている．

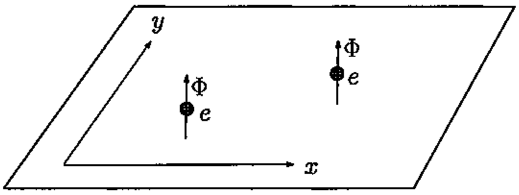
(a) 磁場中で分裂したエネルギー準位の各々に対する電子のスピン量子数を示せ．エネルギー準位の各々に分布する電子の存在確率を求めよ．

(b) 磁化の大きさ M を求めよ．更に H が十分小さく $\mu_B H/k_B T \ll 1$ の時は M はどう書けるか，求めよ．

(4)　N 個の核スピン $I = 1/2$ の粒子からなる，核常磁性系の磁化の大きさ M は，$\mu_B H/k_B T \ll 1$ の場合，電子常磁性系に比べてどのくらい異なるか．

第3問　物理学 (3)

2次元 x-y 平面上に、質量 M、電荷 e、および z 軸方向に貫く直線状の一定の磁束 Φ を持った同種粒子2個からなる系がある (図参照)。以下では、粒子1、2の位置ベクトルをそれぞれ $\vec{r}_1$、$\vec{r}_2$ とし、相対位置ベクトルを $\vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$ とする。また、電磁相互作用としては、粒子1の電荷と粒子2の磁束 (およびその逆) の間の相互作用のみ考え、電荷間に働くクーロン相互作用を無視するものとする。



(1)　粒子2の磁束が粒子1の位置に作るベクトルポテンシャル $\vec{A}(\vec{r})$ を求めよ。

(2)　電磁気的な力の他に、力学的ポテンシャル $(M\omega^2/4)(\vec{r}_1 - \vec{r}_2)^2$ による力が働いている場合、系のラグランジアンが次式で与えられることを示せ。

$$L = \frac{M}{2}\left(\frac{d\vec{r}_1}{dt}\right)^2 + \frac{M}{2}\left(\frac{d\vec{r}_2}{dt}\right)^2 - \frac{M\omega^2}{4}(\vec{r}_1 - \vec{r}_2)^2 + \frac{e\Phi}{\pi}\frac{d\varphi}{dt}$$

ここで φ は相対位置ベクトル $\vec{r}$ が x 軸となす角度を表す。

(3)　L の最後の項はこの系の古典的な振る舞いに対してどのような役割を果たすか。簡潔に述べよ。

以下では重心運動と相対運動を分離し、相対運動のみに着目する。

(4)　相対運動を記述する量子力学的ハミルトニアンを $\vec{r}$ に関する平面極座標表示で求めよ。必要ならば、2次元のラプラシアンの極座標表示

$$\vec{\nabla}^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}$$

を用いてよい。(r は $\vec{r}$ の大きさを表す。)

(5)　系の定常状態の波動関数 $\psi(r,\varphi)$ を $f(r)g(\varphi)$ の形に変数分離して求めたい。φ の共役運動量 p_φ の固有値が $m\hbar$ である状態に対して、波動関数が粒子1と粒子2の入れ替えに対して変わらないことを要請すると、m はどのような値をとるか。

(6)　$f(r)$ に対する動径方向の波動方程式を、次の量を用いてなるべく簡単な形に書き表せ。
$A \equiv m - (\Theta/\pi)$、$\Theta \equiv e\Phi/\hbar$、$B \equiv M\omega/(2\hbar)$、$\epsilon = ME/\hbar^2$。($E$ はエネルギーを表す。) 次に、$f(r)$ を次の形におき、$h(r)$ の原点付近の振る舞いを考慮しながら解析することにより、エネルギー準位を求めよ。

$$f(r) = e^{-\frac{1}{2}Br^2}h(r)$$

(7)　$\Theta = 0$ のときの下から二つのエネルギー準位が、Θ を 2π まで変化させて行くとどのように変わるかを、準位の縮退度にも注意して図示せよ。

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．

地球を回る人工衛星が適切な条件を満たすとき，衛星は地球に対して静止し，静止衛星と呼ばれる．この静止衛星に関する以下の問 (1)〜(4) に答えよ．

(1) 静止衛星の軌道半径 R_0 を地球の自転角速度 ω，赤道半径 R_e，地表での重力加速度 g を用いて表せ．

(2) $R_0 \simeq 6.6R_e$ であることを示せ．

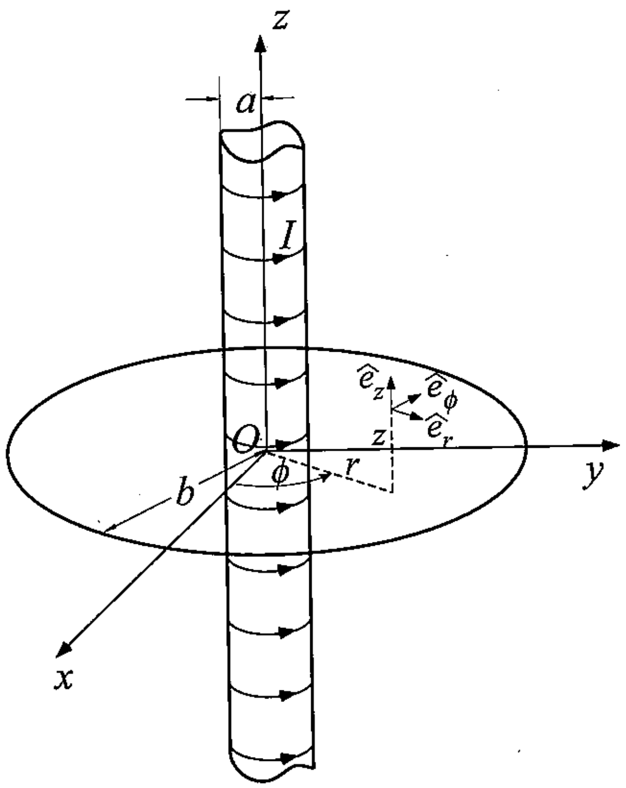
(3) 静止衛星から地球に向けて，質量の無視できるワイヤーを用いて，質量 m の小物体を吊り下げる．小物体は常に衛星と地球の中心を結ぶ線上に位置するものとする．静止衛星と小物体間の距離が r であるときのワイヤーの張力 T_1 を m, g, R_0, R_e, r のみを用いて表せ．ただし，静止衛星の質量は十分に大きく，この張力が静止衛星の軌道運動におよぼす影響は無視できるものとする．

(4) 太平洋上の静止衛星より線密度 σ のワイヤーのみを地球に向けて伸ばしてゆく．ワイヤーの先端が海面に達した時に，静止衛星がワイヤーに引かれる張力 T_2 を，σ, g, R_e と有効数字１桁の係数を用いて表せ．なお，この場合でも，静止衛星に対する張力の影響は無視できるものとせよ．

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。

半径 a、単位長さ当たりの巻数 n の無限に長いソレノイドを、その中心軸が z 軸に一致するように置いた。また、長さ $2\pi b$、抵抗 R の導線を半径 $b\ (\gg a)$ の円形コイルとして原点を中心に xy 平面上に置いた。ソレノイドと円形コイルはともに真空中にあり、真空の誘電率を ε_0、真空の透磁率を μ_0 とする。以下の問 (1)~(6) に答えよ。なお、図中の記号は適宜用いてよい。



(1) ソレノイドに電流 I が流れているとき、この電流が作る磁束密度の大きさと向きを、ソレノイドの内側、外側のそれぞれについて I を用いて表せ。

(2) ソレノイドに流れる電流 I が変化しているとき、ソレノイドの周りには誘導電場が生じる。ソレノイドの中心軸から距離 $r(\geq a)$ の点における誘導電場 $\vec{E}$ を $\dfrac{dI}{dt}$ を用いて表せ。

(3) 誘導電場 $\vec{E}$ によって生じる起電力によって円形コイルに電流が流れる。この電流の大きさ J を $\dfrac{dI}{dt}$ を用いて表せ。また、このとき単位時間あたりに円形コイルで発生する熱量を求めよ。

(4) 円形コイルに流れる電流 J が z 軸上の点 $(0,0,z)$ に作る磁束密度 $\vec{B}$ を、J を用いて表せ。

(5) $b \gg a$ であることに注意して、ソレノイドのすぐ外側の側面におけるポインティングベクトル $\vec{S} = \dfrac{1}{\mu_0}\vec{E} \times \vec{B}$ を求めよ。

(6) 単位時間当たりにソレノイドから放射されるエネルギーを求め、(3) で求めた、単位時間当たりに円形コイルで発生する熱量と比較せよ。

平成 22 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）

オワンクラゲ *Aequorea victoria* から単離された緑色蛍光タンパク質 (GFP) をはじめとする蛍光タンパク質は、生命科学の様々な分野で活用されている。
以下の問いに答えよ。

(1)　GFP は 508 nm 付近をピークとする波長の蛍光を発する。「蛍光」の定義を述べよ。また、GFP の示す励起スペクトルと蛍光スペクトルについて、お互いの関係が分かるように同一グラフ上に図示せよ（横軸を波長とする)。

(2)　水溶液中における GFP の１分子あたりの蛍光強度は、どのような要因によって決定されるのか説明せよ。

(3)　GFP の持つ発色団は翻訳後に形成される。GFP 分子内における発色団形成について知るところを述べよ。

(4)　GFP を融合させたある膜タンパク質からの蛍光を指標として、この膜タンパク質の膜内での拡散挙動を評価するための方法を２つあげて、その原理を説明せよ。

(5)　タンパク質の機能を調べる上で、蛍光タンパク質で標識する場合の利点および欠点を、蛍光を発する有機低分子化合物で標識する場合と比較して説明せよ。

平成 22 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）

反応速度は一般に反応物質の濃度によって変化する。ここでは、A→生成物という型の反応に注目する。下式(I)の型で表される n 次反応について以下の問いに答えよ。ただし、反応の間、系の温度および容積が一定と仮定し、反応物 A の濃度を［A］、時間 t、反応速度定数 k_n 、n は正の整数(1,2,3・・・)とする。ln2=0.693、ln3=1.099 とする。

$$-\frac{d[A]}{dt}=k_n[A]^n \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{(I)}$$

（１）反応物の濃度が初濃度の半分に減少するのに要する時間を半減期という。一次反応(n=1 の場合)の半減期を求めよ。ただし、反応物 A の初濃度を$[A]_0$, 反応速度定数 k_1 とする。

（２）二次反応(n=2 の場合)の半減期を求めよ。ただし、反応物 A の初濃度を$[A]_0$、反応速度定数 k_2とする。

（３）上式(I)で表される n 次反応についてその反応速度定数 k_n を、反応物 A の濃度$[A]$、初濃度$[A]_0$、時間 t および反応次数 n の関数として求めよ。

（４）上式(I)で表される n 次反応の半減期を、反応物の初濃度$[A]_0$、反応速度定数 k_n、反応次数 n を用いて表せ。

（５）反応次数を決定する方法の一つとして、反応物の初濃度に対する反応の半減期の依存性を利用する方法がある。上式(I)で表される n 次反応において、反応物 A の初濃度$[A]_1$の時の半減期 t_1 と、初濃度$[A]_2$の時の半減期 t_2の値が実験的に得られているとする。この実験結果より、反応次数 n を決定できることを示せ。

（６）反応次数を決定する方法の一つとして、n 次反応の反応初速度 v を利用する微分法がある。この方法を 5 行程度で説明せよ(図を加えても良い。図は行数に含まない)。

（７）ある一次反応の半減期を測定したところ、27.0℃で 3000 秒、37.0℃で 1000 秒であった。この反応の活性化エネルギーを求めよ。求める過程も示すこと。ただし、気体定数 R=8.314($JK^{-1}mol^{-1}$)とする。

（８）ここで注目している 1 次反応の例として、考古学で使用される放射性炭素による年代推定法がある。その原理を 5 行程度で説明せよ。

（９）ここで注目している 2 次反応の例として、溶液中の DNA 再結合実験過程の速度論的研究がある。この実験から DNA 分子の塩基配列に関する重要な情報がわかる。その原理を 5 行程度で説明せよ。

第8問　化学・生化学（3）

I　タンパク質やペプチドは、アミノ酸がペプチド結合によって結ばれた重合体である。これに関して以下の小問に答えよ。

(1) タンパク質を構成するアミノ酸である、Phe、Ala、Ser、Cys、Lys、His の構造式を、キラル中心の立体配置を明確にして書け（それぞれの構造式の下に、アミノ酸名を3文字表記で記すこと）。

(2) 小問(1)のアミノ酸には、L配置で*R*の絶対立体配置を持つアミノ酸が存在する。そのすべてを、3文字表記で答えよ。

(3) 小問(1)のアミノ酸を分子量が低い順に、3文字表記で左から並べよ。

(4) ペプチド結合は平面構造をとる。極限構造式を示し、平面構造をとる理由を説明せよ。また、ペプチド結合に関してシス-トランス異性を考えた際、一般的にどちらが安定となるかを理由と共に説明せよ。

II　化合物の酸性・塩基性に関して、以下の小問に答えよ。

(1) メチルアミン、ジメチルアミン、ピロール、ピリジンについて構造式を、塩基性が強い順に左から書け（それぞれの構造式の下に、化合物名を記すこと）。また順番について、そのように考えた理由を述べよ。

(2) フェノール、4−ニトロフェノール、3−ニトロフェノール、ベンジルアルコールについて構造式を、酸性が強い順に左から書け（それぞれの構造式の下に、化合物名を記すこと）。また順番について、そのように考えた理由を述べよ。

第９問　化学・生化学（４）

I. 熱力学に関する以下の問いに答えよ。

（１）n mol の理想気体を体積 V_i から V_f まで、温度 T で等温可逆膨張させた。この時の内部エネルギー変化ΔU, エンタルピー変化ΔH, エントロピー変化ΔS, ギブズエネルギー変化ΔG を求めよ。

（２）温度 T, 圧力 P の理想気体 A, B が、ある容器内に隔壁を隔てて入っている。n_A mol の気体 A が体積 V_A を占め、n_B mol の気体 B が体積 V_B を占めているとする。温度一定のもと、隔壁を取り除いて混合したときのエントロピー変化は $\Delta S = -R\,(n_A \ln x_A + n_B \ln x_B)$ で与えられることを示せ。但し、気体 A、気体 B それぞれのモル分率を x_A, x_B とする。

（３）上記（２）の条件で、二つの理想気体を混合したときのエンタルピー変化ΔH、及び、ギブズエネルギー変化ΔG を求めよ。

II. 化学反応と反応速度に関する以下の問いに答えよ。$\ln 2 = 0.693$ とする。

（１）ある気相の平衡反応の反応温度を 25℃から 35℃に上昇させた時、平衡定数が２倍になったとする。この反応のエンタルピー変化ΔH を求めよ。但し、この温度範囲でエンタルピー変化ΔH は一定とする。

（２）化学反応の活性化エネルギーE_a とエンタルピー変化ΔH との関係を反応座標を横軸にして図示せよ。

（３）温度 T_1, T_2 での速度定数をそれぞれ k_1, k_2 とする。Arrhenius の式に従うとして、これらのパラメーター間の関係式を示せ。

（４）活性化エネルギーが 100 kJ/mol の化学反応を考える。反応温度を 10℃上昇させた時、速度定数が 4 倍に変化したとする。上昇させる前の反応温度を求めよ。

（５）触媒によって、反応の活性化エネルギーE_a、エンタルピー変化ΔH、反応速度が影響を受けるかどうか述べよ。

第10問　生物学（1）その1

次の文を読み、以下の問1－9に答えよ。

真核生物がもつ遺伝子の機能を調べる上で、ゲノム配列がすべて決定された生物種であっても、遺伝学の手法は重要である。

その生物の生存に不可欠な遺伝子を必須遺伝子という。出芽酵母を用いて必須遺伝子を単離することができる。突然変異を誘起する処理を出芽酵母に施して、その中から注目する表現型を示す変異体をスクリーニングし、単離する。出芽酵母には一倍体世代と二倍体世代がある。一倍体酵母では必須遺伝子に変異が起こると［　　　　　］。そのため温度感受性変異などの条件致死突然変異をもつ出芽酵母を単離することが行われる。

問1　突然変異を誘起する方法を２つ挙げ、それぞれについて２行ほどで説明せよ。

問2　突然変異の中には、ナンセンス変異やミスセンス変異がある。それぞれを２行ほどで説明せよ。

問3　ナンセンス変異やミスセンス変異以外にも、その遺伝子の機能が発現できない突然変異が知られている。その例を一つ挙げて、3行ほどで説明せよ。

問4　空欄［　　　　　］に入る適切な語句を下から選び、記号で答えよ。

(a)細胞が大きくなる　(b)細胞が小さくなる　(c)死んでしまう　(d)不死になる
(e)二倍体になれなくなる　(f) 二倍体にしかなれなくなる

（次のページに続く）

第 10 問　生物学（1）その 2

問5　温度感受性の出芽酵母を用いて、その原因遺伝子を単離する一般的な実験方法をあげ、それについて説明せよ。

問6　ある遺伝子の突然変異によって温度感受性となる機構を、その遺伝子にコードされるタンパク質の性質を想定して説明せよ。

問7　マウス個体で温度感受性変異体を得ることは原理的にほとんど不可能である。その理由を述べよ。

問8　出芽酵母の場合、そのゲノム配列はすべて明らかにされている。君がそのなかに、機能未知のタンパク質配列をコードする可能性のある遺伝子を見出したとしよう。この遺伝子が出芽酵母の生存に必須か否かを調べる方法を考案し、それを説明せよ。

問9　マウスにおいて同様の研究をする上で、問８で述べた方法を用いることができるか否かを、理由とともに答えよ。

平成22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）その1

次の文を読み、以下の問1－3に答えよ。

ある分子が細胞のどの部位に局在して機能しているかを調べるために、その分子の局在やその分子が関わる現象を可視化するということが細胞生物学の研究ではしばしば行われる。その方法として、たとえば抗体と蛍光色素を用いて特定のタンパク質の局在部位を可視化する蛍光抗体法がある。その場合、通常、最初に<u>細胞を固定してから以後の操作を行い</u>、抗体処理をした試料について抗原タンパク質の局在部位を蛍光顕微鏡下で観察する。タンパク質の細胞内での局在を、さらに高い分解能で明らかにする場合には免疫電子顕微鏡法が用いられる。

問1　下線部について、以下の小問（1）－（3）に答えよ。

（1）「固定」の目的は何か。固定の際に留意すべき点についても言及して述べよ。

（2）化学的に固定する場合、どのような物質が用いられるか。代表的なものの中から一つ挙げよ。

（3）凍結によって物理的に固定して電子顕微鏡で観察する場合、良好な標品を得るためには、試料をミリ秒という短時間で凍結する必要がある。その理由を説明せよ。

問2　タバコ培養細胞内における微小管の動態を、細胞周期に沿って蛍光抗体法によって観察したい。このことについて、以下の小問（1）－（4）に答えよ。

（1）このとき用いる抗体が認識する微小管のタンパク質の名称を記せ。

（2）細胞周期の観察において培養細胞を用いる利点を説明せよ。

（3）タバコ培養細胞や多くの種子植物の細胞分裂過程で見られる微小管の動態の模式図を細胞周期の各過程に沿って描き、それらを用いて微小管の動態を説明せよ。

（4）種子植物の細胞分裂と動物の細胞分裂の主要な相違点を説明せよ。

（次のページに続く）

第 11 問　生物学（2）その２

問３　細胞内の特定分子や細胞小器官を可視化するために、GFP（緑色蛍光タンパク質）を利用する方法が近年盛んに用られている。この GFP を利用してシロイヌナズナの組織でペルオキシソームを連続観察しようと思う。このことについて、以下の小問（1）と（2）に答えよ。

（1）そのためにはどのような融合遺伝子を作製してシロイヌナズナの細胞に導入する必要があるか。その融合遺伝子の構造を図で示せ。

（2）この実験で、GFPによって可視化された細胞小器官が、実際にペルオキシソームであることを確かめるための他の方法を説明せよ。

第 12 問　生物学（３）その１

次の文を読み、以下の問 1－7 に答えよ。

植物（おもに双子葉植物）にアグロバクテリウムという土壌細菌が感染すると、クラウンゴールと呼ばれる瘤（こぶ）を形成することが知られている。このクラウンゴールの形成には、アグロバクテリウムが染色体 DNA とは別にもっている Ti プラスミドと呼ばれる DNA が関わっている。このプラスミドにはクラウンゴールの形成に必要な vir 領域と T-DNA 領域がある。アグロバクテリウムが植物に感染すると、vir 領域にある遺伝子群の発現が活性化され、T-DNA の両端にある反復配列が認識されて T-DNA が切り出される。切り出された T-DNA は植物細胞に移行し、植物の核 DNA の任意の位置に組み込まれる。(ア) 組み込まれた T-DNA には、植物ホルモンの合成に関わっている遺伝子が存在し、それらの遺伝子が発現することによって細胞分裂が誘導され、クラウンゴールが形成される。

このアグロバクテリウムを使うと、外来遺伝子を導入した遺伝子組換え植物を容易に作製することができる。植物に導入したい遺伝子を Ti プラスミドの T-DNA 領域につなぎ、その Ti プラスミドをもつアグロバクテリウムを植物に感染させれば、外来の遺伝子が植物細胞の核 DNA の中に組み込まれる。T-DNA の中にある植物ホルモンの合成に関与する遺伝子などはあらかじめ除去し、(イ) 外来遺伝子と植物に薬剤耐性能を付与する遺伝子（マーカー遺伝子）を一緒に T-DNA の中に組み込んでおく。植物から切り取った葉のディスクや茎の切片にそのような Ti プラスミドをもつアグロバクテリウムを感染させ、薬剤を添加した寒天培地で培養する。増殖してきた細胞からカルスを形成させた後、シュートや根を再分化させて植物体を再生させる。

問 1　アグロバクテリウムのような細菌がもつ染色体 DNA と植物の核 DNA とを比較すると、形状に大きな違いが見られる。その違いについて説明せよ。

（次のページに続く）

平成22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）その２

問2　下線部（ア）について、以下の小問（１）と（２）に答えよ。

（１）クラウンゴールの一部を切り取って寒天培地で培養すると、植物ホルモン無添加の培地でも細胞が次々と分裂しカルスを形成する。T-DNAに存在する遺伝子の働きで合成される植物ホルモンの名称を２つ答えよ。

（２）T-DNAに存在する遺伝子は、なぜ植物において発現することができるのだろうか、その理由を推測して説明せよ。

問3　下線部（イ）について

植物に導入したい外来遺伝子と一緒にマーカー遺伝子をT-DNAにつないでおくのはなぜか、その理由を説明せよ。

問4　植物体内では限定された場所で活発に細胞分裂がおこっている。それらの組織名を２つ答えよ。

問5　再生させた植物体において、核DNAに挿入されているT-DNAのコピー数を推定するにはどのような実験を行なえばよいか、その方法について説明せよ。

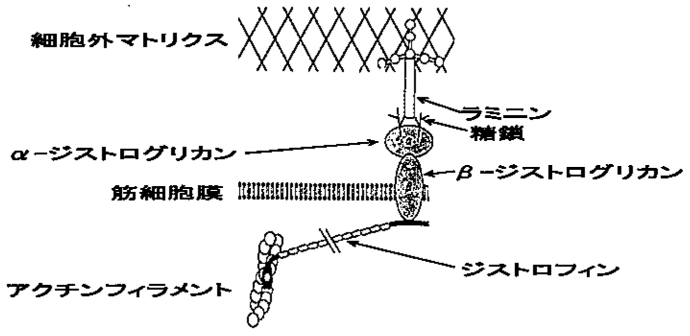
問6　アグロバクテリウムを使って遺伝子組換え植物を作製する方法は、ある遺伝子が破壊された植物体の作製にも利用されている。なぜ、この方法を使って遺伝子が破壊された植物体を作製することができるのか、その理由を説明せよ。

問7　植物において、遺伝子を破壊せずにある遺伝子の発現を抑制したい場合、どのような方法が一般に使われているか、その方法について説明せよ。

第13問　生物学（4）その1

次の[文1]と[文2]を読み、以下の問1-8に答えよ。

[文 1]　デュシャンヌ型筋ジストロフィー(DMD)は主として男子に発症する遺伝子病である。原因は筋細胞膜の裏打ちタンパク質ジストロフィンの遺伝子欠損によることがポジショナルクローニング(Positional Cloning)によりわかった。ジストロフィンはN末端付近でアクチンフィラメントに結合し、C末端側で細胞膜貫通タンパク質β-ジストログリカンと結合する。その細胞外ドメインは糖タンパク質α-ジストログリカンに結合し、その糖鎖は細胞外マトリクスの構成成分の一つであるラミニンと結合し、ジストロフィン結合糖タンパク質複合体を形成する(図 A)。この複合体は細胞骨格と細胞外マトリクスを構造的につなぐ橋のような存在になっている。この複合体ができないと筋細胞膜が脆弱になり最終的には筋の細胞死を起こすと考えられている。



図A　　　ジストロフィン結合糖タンパク質複合体の模式図

問1　男子において発症することはジストロフィン遺伝子がどの染色体上に存在することを意味するか。また、その遺伝様式は何とよばれるか答えよ。

問2　DMDの原因遺伝子は、DMD患者の染色体に関する光学顕微鏡観察により問1で答えた染色体上の特定領域に存在することが既に知られていた。どのような観察結果か説明せよ。

問3　ポジショナルクローニングとはどのような方法か。具体的に説明せよ。

問4　ジストロフィンは正常でもDMD様症状を示す例がある。どのような場合か説明せよ。

(次のページに続く)

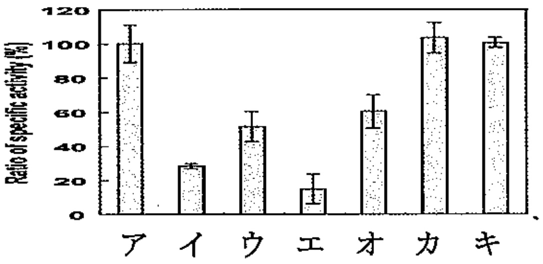
第13問　生物学（4）その2

問5　α-ジストログリカンの糖鎖とラミニンの結合を実験的に示す方法について説明せよ。

［文2］　α-ジストログリカンの糖鎖はN末端から336〜355番目のアミノ酸配列のどこかに結合していることが分かった。その糖鎖修飾されるアミノ酸の種類と位置を知るため、図Bに示すようなN末端から336-355番目の一部のアミノ酸を変えた合成ペプチドを準備し、糖鎖転移酵素と[^{3}H]-マンノースを反応させた。その結果、各ペプチドは図Cのような放射活性（相対値）を示した。

合成ペプチドのアミノ酸配列	ペプチドの名称
SRIVPTPTSPAIAPPTETMA	ア（正常対照の配列）
SRIVPAPTSPAIAPPTETMA	イ
SRIVPTPASPAIAPPTETMA	ウ
SRIVPTPTSPAIAPPAETMA	エ
SRIVPTPTSPAIAPPTETMA	オ
ARIVPTPTSPAIAPPTETMA	カ
SRIVPTPTAPAIAPPTETMA	キ

図B　　α-ジストログリカンの部分配列を含む合成ペプチド



図C　　各合成ペプチドに取り込まれた放射活性の相対値（アを100%とする）

問6　図Bと図Cから糖鎖修飾が起きるアミノ酸を4か所特定し、そのアミノ酸のN末端からの位置と名前（アミノ酸のフルネーム）を記せ。（回答例）23番目　グリシン。

問7　図Cにおいて各合成ペプチド毎に放射活性が異なっている。その違いは何によって生じたと考えられるか、説明せよ。

問8　糖鎖修飾は細胞のどの部位でおきるか。また、それを調べる方法について述べよ。

第14問　生物学（5）その1

次の[文1]と[文2]を読み、以下の問1-7に答えよ。

[文1]

ツメガエルの原腸陥入運動は、初期発生におけるダイナミックな細胞運動の一つである。その際、背側中胚葉は(ア)収斂伸長（収束伸長）と呼ばれる細胞運動を行う。外胚葉は(イ)エピボリー（覆い込み）と呼ばれる形態形成運動を行う。これらの運動により、原腸陥入が進行する。またこの時、(ウ)陥入した背側中胚葉からいくつかのBMP（注）阻害タンパク質が分泌されて外胚葉に作用することにより、外胚葉の一部は神経組織に運命づけられる。

（注）BMPはBone Morphogenetic Protein:骨形成タンパク質である。

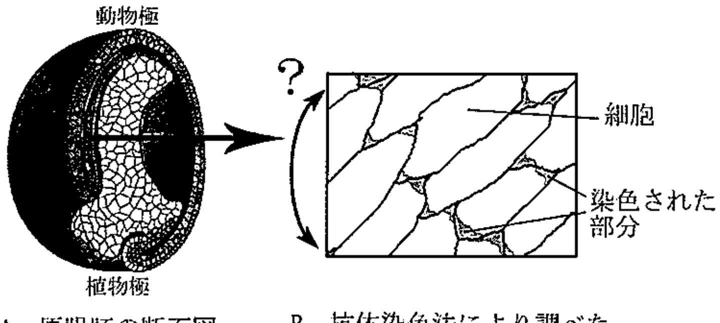
問1　下線部(ア)と（イ)について、その特徴を簡単に説明せよ。

問2　下線部(ア)が起こる際、それぞれの細胞では、運動方向の先端部に典型的な構造が形成される。この構造の名称を答えよ。また、この構造の特徴を、形成に必要とされる細胞骨格成分と関連づけて説明せよ。

問3　下線部(ウ)の現象は「一次誘導」として知られている。この後の発生段階において、「二次誘導」という別の現象が起こる。二次誘導とはどのようなものか、具体的な例を挙げて説明せよ。

[文2]

Yさんは、原腸陥入運動に関与すると思われる新規因子Aを解析している。まず、Aタンパク質の細胞内局在を抗体染色法により調べたところ、原腸胚期、陥入した背側中胚葉の細胞において、細胞が運動すると思われる方向の細胞膜内面に多く存在することが分かった（左図Bのグレー部分）。ところが、Yさんは観察するために切り出した背側中胚葉片の向きをきちんとチェックしておかなかったため、(エ)この組織片が原腸陥入の方向に対してどちらを向いていたか、分からなくなってしまった。



A. 原腸胚の断面図　　B. 抗体染色法により調べた Aタンパク質の細胞内局在

次にYさんは、A遺伝子の配列を持つmRNAを4細胞期の背側割球に注入し、胚にどのような影響が生じるかを調べた。その結果、(オ)A遺伝子のmRNAが注入された幼生は体軸が短くなることが分かった。

（次のページに続く）

第14問　生物学（5）その2

問4　新規因子Aとして明らかに当てはまらないと思われるものを下から選び、その理由を説明せよ。

(a)チロシンキナーゼ

(b)ホメオドメインを有するタンパク質

(c)膜貫通型タンパク質

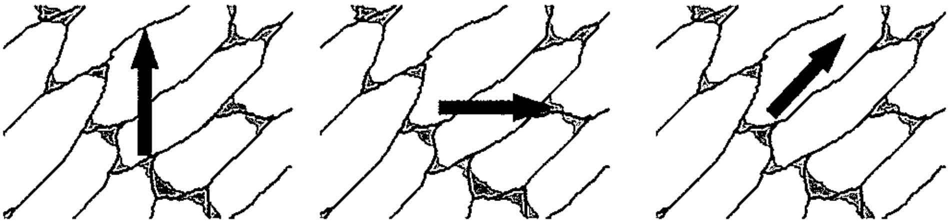
(d)糖鎖修飾されたタンパク質

(e)癌遺伝子にコードされたタンパク質

(f)ヒストンメチルトランスフェラーゼ

問5　下線部(エ)について、原腸陥入の方向として最も適当だと考えられるのは以下のどれか、記号で答えよ。なお、矢印は紙面と同一平面上にあるものとする。

(A)　(B)　(C)



問6　下線部(オ)のような表現型が見られたのはなぜか。考えられる理由を説明せよ。

問7　逆に、Aタンパク質の機能を抑制した場合、予想される表現型はどのようなものか。理由とともに説明せよ。

第 15 問　身体運動科学（１）

下記の用語の中から 5 つを選び、身体運動と関連づけて、それぞれについて 10 行以内で説明しなさい。

ES 細胞

細胞接着因子

尿素回路

HbAlc

脂質異常症

筋衛星細胞

呼吸鎖

タンパク質分解系

成長因子

平成22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）

次の各問すべてに答えなさい。

Ｉ．下記の用語の中から３つを選び、それぞれについて、身体運動における制御や学習と関連づけて８行以内で説明しなさい。

大脳皮質運動前野

黒質

α運動ニューロン

登上線維

グルタミン酸受容体

長期増強

II．随意運動と伸張反射の関連について知るところを述べなさい。

平成 22 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）

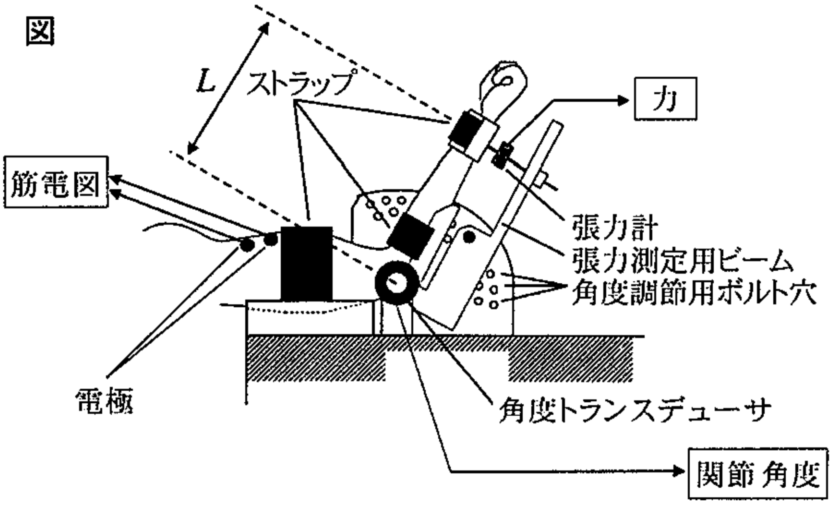
以下の問 I、II の両方に答えなさい。

I．自律神経系の調節機能に関し、しばしば交感神経系によるものを "Fight & Flight"（闘争と逃走）、副交感神経系によるものを "Rest & Repast"（休養と栄養）のような表現で特徴づけることがある。これらを念頭におきつつ、次の器官系に対する拮抗的二重支配による調節作用を具体的に述べることで、合目的的適応としての交感・副交感神経系による身体機能の調節作用を説明しなさい。それぞれを 5 行程度で記述すること。

(1) 循環器系
(2) 呼吸器系
(3) 消化器系

II. 下図に示すような装置を用い、肘関節角度、肘関節屈筋の力、肘関節屈筋の筋電図を計測した。力は常に肘の回転の接線方向の成分として測定した。肘関節角度はおよそ 150 度〜50 度（完全伸展位を 180 度とする）の範囲で変えることができるが、力発揮中は、張力測定用ビームをボルトで架台に固定し、その角度が変わらないようにした。

図



(1) 肘屈筋が力を発揮しているときの収縮様式を何と呼ぶか。
(2) 測定された力から、肘屈曲トルクを求めるためにはどのようにするか。
(3) 一定の肘関節角度で、さまざまな大きさの随意筋力を発揮したとき、肘屈曲トルクと、筋電図の平均振幅の間にはどのような関係が見られるか。グラフで概観を示し、その理由を 5 行程度で説明しなさい。
(4) 多数の被験者を用い、一定の関節角度での最大随意肘屈曲トルクを測定した。同時に、超音波法を用いて、肘屈筋の筋厚（筋腹の長径）を測定した。肘屈筋の形態が被験者間で相似であると仮定した場合、筋厚と肘屈曲トルクの関係はどのようになるか。グラフで概観を示し、その理由を 5 行程度で説明しなさい。
(5) さまざまな肘関節角度で最大随意肘屈曲トルクを測定したとき、関節角度とトルクの間にはどのような関係が見られるか。グラフで概観を示し、その理由につき、a) 筋線維の力学的性質、b) 筋・骨格系の形態、の 2 つの観点から、5 行程度で説明しなさい。

第 18 問　身体運動科学（４）

下記のそれぞれについて、スポーツ医学の観点から１０行以内で説明しなさい。

骨粗鬆症

スポーツによる急性内科的障害

肥満

リストの障害

肉離れ

外反母趾

第 19 問　身体運動科学（5）

以下の設問すべてに答えなさい。

Ⅰ. 成長期における呼吸循環能力のトレーニング効果について、PHV 年齢（the age of peak height velocity）と関連づけて述べなさい。

Ⅱ. 高齢者の筋のトレーニングとして、自重や低強度のレジスタンスによるエクササイズを実施した場合に、筋量、筋力および身体機能に起こりうる変化について、知るところを述べなさい。

Ⅲ. 関節の可動域を規定する因子について、関節に作用する筋腱複合体の構成要素との関連で説明しなさい。また、それらの要素に対し静的ストレッチングが及ぼす急性の影響について述べなさい。

Ⅳ. 酸素摂取量 1 リットルあたりのエネルギー消費量は、大まかには 5.0kcal とするのが一般的である。なぜ大まかにはこの程度の値になるのかを、糖の代表としてグルコース（$C_6H_{12}O_6$、1 モルあたりの完全酸化による標準自由エネルギー変化 ＝ －686kcal）、脂肪酸の代表としてパルミチン酸（$C_{16}H_{32}O_2$、1 モルあたりの完全酸化による標準自由エネルギー変化 ＝ －2397kcal）をあげて説明しなさい。1 モルの気体を標準状態で 22.4 リットルとして計算しなさい。また持久的トレーニングを行うことにより、トレーニング前に比べて同一強度での持久的運動における酸素摂取量 1 リットルあたりのエネルギー消費量は、大まかでなく厳密にはどのように変化すると考えられるのかも説明しなさい。ただしトレーニング前後で、運動効率は変化しないとする。

平成 22 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３問を全て解答しなさい。

I. ヒトが平地歩行で一定距離を一定速度で進むのに必要な総エネルギーは、歩行速度の影響を受ける。そのエネルギーは歩行速度が増すとある速度までは減少し、それより速くなると増大する。この理由を、身体の基礎代謝量と歩行での具体的な身体運動を用いて説明しなさい。

II. 一般に、その場で行う垂直跳びよりも、助走が許される走り高跳びの方が高く跳べる。その理由を、両跳躍の力学的エネルギーの利用の仕方の違いから説明しなさい。

III. 垂直跳びにおいて、脚の２関節筋である大腿直筋と腓腹筋をタイミングよく活動させると、股関節伸展によって生まれた体幹の運動エネルギーを、膝関節の伸展や足関節の底屈に利用出来る。その仕組みを説明しなさい。

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) 最後通告ゲーム

(2) 社会的ジレンマ

(3) 擬死

(4) ランナウェイ仮説

(5) エクスポージャー法

(6) フラッディング法

(7) 抑うつ的帰属スタイル

(8) 病態失認

(9) 幻覚剤

(10) 共変調マスキング解除

(11) 非連合学習

(12) アイオワギャンブル課題

第 22 問　認知行動科学（2）

以下の 4 問のうち、3 問を選択して答えよ。

(1) ミラーニューロンはどのような特性をもつ神経細胞か、リゾラッティ（Rizzolatti, R.）の実験をふまえて説明せよ。また、ミラーニューロンの発見が、その後の認知神経科学にどのような影響を与えたかを述べよ。

(2) クロニンジャー（Cloninger, C.）の進化論的パーソナリティ理論の概要を述べよ。また，この理論がパーソナリティ障害をどのように説明しているかについて明らかにしなさい。

(3) 統合失調症の幻覚や妄想を説明する神経心理学的理論のひとつとして、ヘムズレイ（Hemsley, D.）の理論がある。彼によると、統合失調症では、海馬の機能異常によって心理学的に 2 つの点で障害が生じているという。この理論を簡単に説明しなさい。

(4) 例えばレイクル（Raichle, M.E.）ら（2001）が発表したように、覚醒ヒト fMRI 実験で、前頭前野内側部では被験者が何もしていないときよりも認知課題を遂行しているときの方が MR 信号が低くなるという。この事実からどのようなことが示唆されるか論じなさい。

第 23 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. 自閉症について、次の設問に答えよ。

(1) 自閉症のとらえ方が歴史的にどのように変遷してきたかを簡潔に説明せよ。

(2) DSM-IV における自閉性障害の診断基準について説明せよ。

(3) 自閉症児（者）の社会的認知に関する研究例を２つ以上説明せよ。

II. 霊長類における脳の進化に関する仮説について、次の設問に答えよ。

(1) ダンバー（Dunbar, R.）は霊長類の比較研究から脳の進化に関してどのような事実に基づき、どのような仮説を提唱したか、説明せよ。

(2) ダンバーの仮説ではうまく説明できない例外種を類人猿から一つ挙げよ。その種も含めて、霊長類の脳の進化を説明するにはどのように考えたらよいか。自由に考察せよ。

III. 進化ゲームの基本的な概念である進化的に安定な戦略（ESS）について説明せよ。なお、タカ・ハトゲームの解説を含めること。

第24問　認知行動科学（4）

以下の問題にすべて答えなさい。

I. 不安症状を合併するうつ病の患者7名に対して認知行動療法を実施し，抑うつと不安への効果を調べたい。患者は全員，抑うつと不安の各尺度得点において，健常者からの隔たりが大きいことがわかっている。この研究に協力する治療者は複数名いるが，彼らの受けた臨床トレーニングの内容と臨床経験年数は同じであり，同じマニュアルに従って治療を行うこととする。

(1) 研究に必要と考えられる抑うつと不安の尺度をそれぞれ複数挙げなさい。
(2) 目的に沿った研究計画を示しなさい。
(3) 結果の分析方法を示しなさい。

II. 行動療法と認知療法の関係について，その異同を明確にしながら説明しなさい。

III. 精神疾患の診断基準として，ＤＳＭ-Ⅳ（精神疾患の分類と統計の手引第４版）が世界的に用いられるようになっている。ＤＳＭ-Ⅳの特徴のひとつである多軸診断システムについて具体的に説明しなさい。また，臨床活動において多軸診断システムを用いることがなぜ必要か述べなさい。

IV. 強迫性障害の持続について，オペラント条件づけの原理から説明しなさい。また，これによってどのような治療法が開発されたか述べなさい。

第25問　認知行動科学（5）

以下の4問すべてについて解答せよ。

I.　ヒト一次視覚野では視覚刺激に方位選択性に応じるニューロンがある。この皮質領野からfMRIのデータを取得したとき、そのデータが刺激方位に依存して何らかの変化を呈することがありうる。どのような場合がありうるか、3つの可能性を列挙して説明せよ。

II.　トリーズマン（Treisman, A.）の提案した特徴統合理論とコッホ（Koch, C.）らのいう顕著性マップの関係について説明し、それらのモデルを参照しながら、内発性注意と外発性注意のメカニズムとして考えられるものを説明せよ。

III.　私たち人間の色覚のうち、二色型と呼ばれる色覚のタイプでは、色度図上に混同色が生じる。そのメカニズムを説明せよ。

IV.　視覚系を線形システムとみて時間・空間解像度の基本性能を調べるといくつか特徴的な曲線データが得られる。そのうち、インパルス応答関数とコントラスト感度関数とは何か、それぞれ説明し、理論的にそれらがどのような関係にあるかを説明せよ。

草 稿 用 紙

草 稿 用 紙

草 稿 用 紙