

## 2019年9月・2020年4月入学試験

## 大学院先進理工学研究科修士課程

## 電気・情報生命専攻

## 問題表紙

◎問題用紙が 10 ページあることを試験開始直後に確認しなさい。

◎解答用紙が 10 枚綴りが 1 組あることを試験開始直後に確認しなさい。

1. 選択した科目の解答用紙全てと1枚目の解答用紙に、受験番号・氏名を必ず記入しなさい。また、選択した科目について、対応する解答用紙の解答記入欄の左上にある「選択」という文字を○で囲みなさい。
2. 電磁気学，回路理論，情報工学，細胞生物学，分子生物学の5科目から2科目を選択し，科目名が記載されている指定の解答用紙に解答しなさい。各科目の問題には「\*\*（その1）」、「\*\*（その2）」がある。選択した科目の全ての問題に解答しなさい。
3. 各科目の解答用紙は2枚あり，それぞれ「\*\*（その1）」、「\*\*（その2）」となっている。必ず選択した科目の問題番号と一致する解答用紙に解答しなさい。
4. 選択しなかった科目も含めて，解答用紙は全て提出しなさい。
5. 電卓，コンピュータを使用することはできない。

2019年9月・2020年4月入学試験問題

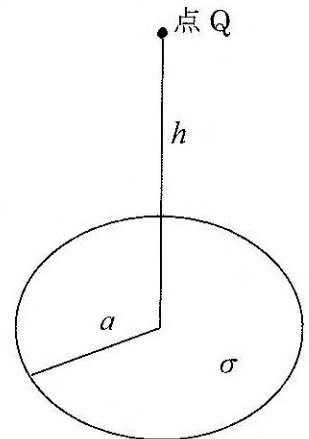
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名： 電磁気学（その1）

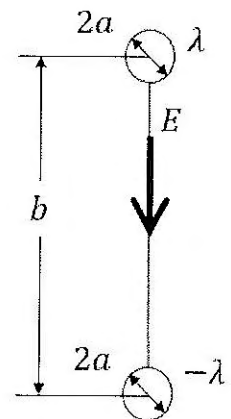
問題番号 **1**

以下の設問に答えなさい。解答(answers)にはSI単位系の単位(units of the SI system)を付すこと。

1. 図のように (as shown in the figure), 誘電率(permittivity)  $\epsilon_0$  の大気中(in air)に面密度(surface charge density)  $\sigma$  で一様に帯電する円板(uniformly charged disk)があるとき,
- (a) 円板表面に垂直な(perpendicular to the disk surface)円板の中心軸上(on the central axis)の点Qにおける電位(electric potential)  $\phi$  を求めよ。但し, 円板の半径(radius)を  $a$ , 円板の中心(center)から点(point) Qまでの高さ(height)を  $h$  とする。また,  $h = \pm\infty$  で  $\phi = 0$  と仮定(assume)せよ。
- (b) 点Qにおける電界の強度と方向(intensity and direction of the electric field)を求めよ。



2. 図のように (as shown in the figure), 誘電率(permittivity)  $\epsilon_0$  の大気中(in air)に半径(radius)  $a$  の長い2本の直線状の導線(two long linear conductors)が,  $b \gg a$  となる中心軸間距離(distance between the two central axes)  $b$  離れて互いに平行(in parallel)に張られている。この2本の導線の間の単位長さ当たりの静電容量(capacitance per unit length)  $C$  を求めたい。
- (a) まず1本の導線(one conductor)のみを考える。これが単位長さ当たり  $\lambda$  の電荷(linear charge density)で帯電している(charged)としたとき, 導線の中心から距離  $x$  ( $x > a$ ) の点の電界(electric field)  $E$  を  $\lambda$  と  $x$  の関数(function)として求めよ。
- (b) (a)の解をもとに, 図のように (as shown in the figure) 2本の導線が単位長さ当たり  $\lambda$  と  $-\lambda$  で帯電しているとき, 2本の導線を結ぶ直線上(on the line connecting the two conductors)での電界  $E$  と2本の導線間の電位差(potential difference)  $\phi$  を求めよ。
- (c) 2本の導線間の単位長さ当たりの静電容量  $C$  を求めよ。



Situation assumed in (b)

2019年9月・2020年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名： 電磁気学（その2）

問題番号 2

以下の設問の答えを、該当の解答欄に記載しなさい。ただし、全てSI単位系を用いるものとする。

1. 真空中で、一辺の長さ $a$ の正方形コイル1 (square-shaped coil\_1) が、図1のように (as shown in Fig.1)  $xy$ 平面上 (on the  $x$ - $y$  plane) に設置されている。コイル1には、図中の矢印の向きに一定の電流 $I$ が流れている。ここで、真空 (vacuum) の透磁率 (permeability) は $\mu_0$ とする。

- (a) コイル1の一辺ABが、 $z$ 軸 (axis) 上の点Pに作る磁界の強さ $H_{AB}$ の大きさ $|H_{AB}|$ を求めよ。  
 (b) (a)で求めた $H_{AB}$ において、 $\frac{H_{AB}}{|H_{AB}|}$ をベクトル表示で示せ。  
 (c) コイル1全体が点Pに作る磁界の強さ (magnetic field intensity)  $H$ をベクトル表示で示せ。  
 (d) コイル1全体が作る $H$ を考えた場合、 $z$ 軸上で $|H|$ がとりうる最大値 (maximum value) を求めよ。

さらに、図2のように、一辺の長さ $b$ の別の正方形コイル2を、その重心 (gravity point) が点Pと重なり、かつ $xy$ 平面と平行となるように設置する。ただし、コイル2の巻き数は $n$ 巻きであり、 $a \gg b$ であるとする。

コイル2は、 $x$ 軸と平行 (parallel) で点Pを通る図中の破線 (broken line) で示した軸を中心に、 $x$ 軸正方向に対して右ねじの向きに角速度 (angular velocity)  $\omega$ で回転する。時間 (time)  $t = 0$ のときに、コイル2は $xy$ 平面と平行とする。

- (e)  $a \gg b$ であることを考慮して、 $t = 0$ のときのコイル2における鎖交磁束数 (magnetic flux linkage)  $\Psi$ を求めよ。  
 (f) コイル2が回転した際の誘導起電力 (induced electromotive force)  $e$ を求めよ。  
 ただし、①→②の方向を正の方向と定義する。

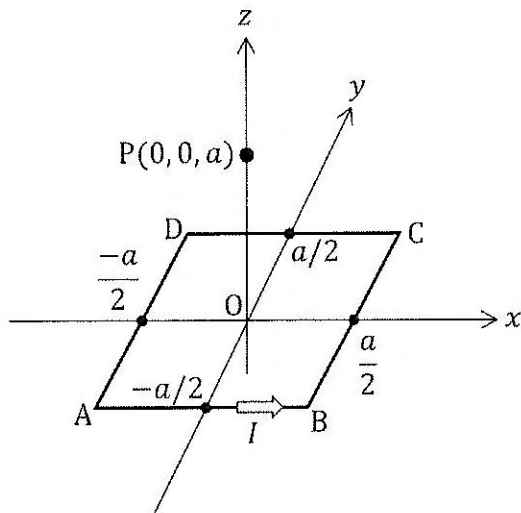


図1 コイル1

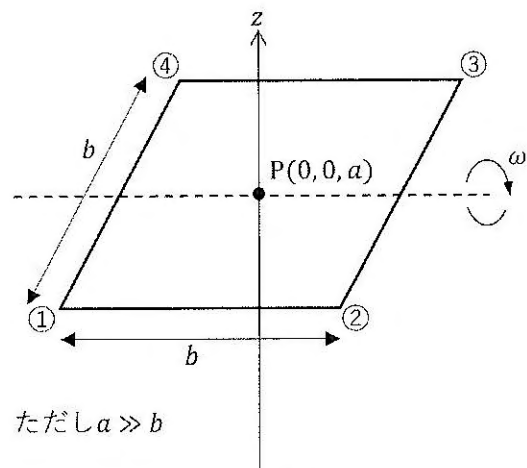


図2 コイル2

2. (a) マクスウェル方程式 (Maxwell equations) を微分形式 (differential forms) で記せ。  
 (b) 誘電率 (permittivity)  $\epsilon$ 、透磁率 (permeability)  $\mu$ が一定で、導電率 (conductivity)  $\sigma = 0$ の理想的な絶縁物中で、かつ電荷が存在しない空間を考える。この空間中で電磁界が満たす波動方程式 (wave equations) を求めよ。

2019年9月・2020年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程 電気・情報生命専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 回路理論（その1） \_\_\_\_\_

問題番号 1

1. 図1の回路において、以下の問いに答えよ。
- (1)  $X_L = X_C$  のとき、端子  $ab$  間から見たインピーダンス (impedance) を求めよ。
  - (2) 端子  $ab$  間に交流電圧  $100[\text{V}]$  を加えた。  $R_1 = R_2 = R_3 = 200[\Omega]$ ,  $R_4 = 100[\Omega]$ ,  $X_L = 400[\Omega]$ ,  $X_C = 300[\Omega]$  のとき、端子  $cd$  間の電圧 (voltage) と端子  $ef$  間の電圧をそれぞれ求めよ。
2. 図2の回路において、電流  $I_1$  が電流  $I_2$  より  $\pi/2[\text{rad}]$  遅れ、  $|I_1| = |I_2|$  となる条件式 (constraint equations) を求めよ。ただし、角周波数 (angular frequency) は  $\omega[\text{rad/s}]$  とする。
3. 図3の回路において、  $V_1 = V_1 \angle 0[\text{V}]$ ,  $V_2 = V_2 \angle \theta[\text{V}]$  のとき、  $R_3[\Omega]$  の抵抗の通過電流 (current) と消費電力 (power) を求めよ。
4. 図4の回路において、以下の問いに答えよ。
- (1) 電源から見たインピーダンスを求めよ。
  - (2) 電圧  $V$  と電流  $I$  を同相にするためにコンデンサの静電容量  $C[\text{F}]$  を変化させる。抵抗値  $R[\Omega]$  にどのような条件が必要となるかを答えよ。ただし、角周波数は  $\omega[\text{rad/s}]$  とする。

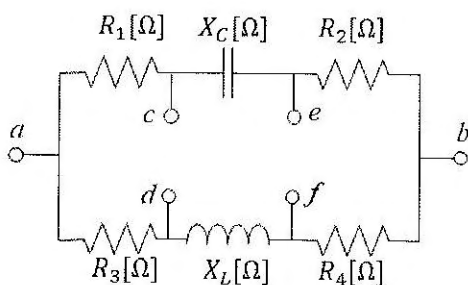


図 1

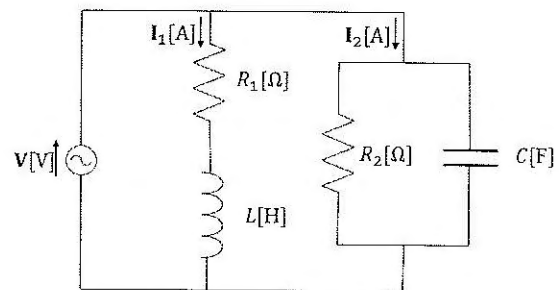


図 2

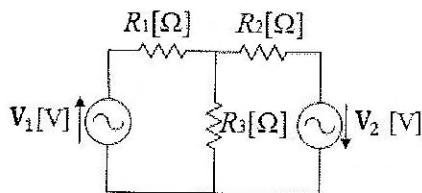


図 3

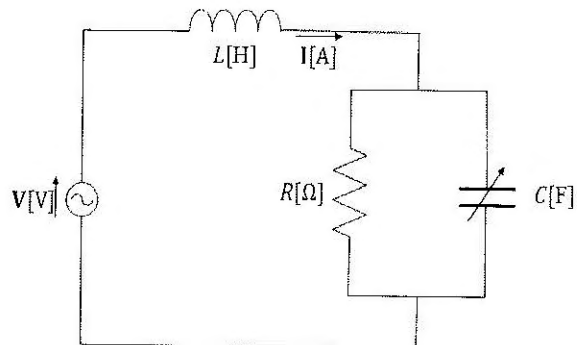


図 4

2019年9月・2020年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名： 回路理論（その2）

問題番号 2

1. 図1の回路について次の問いに答えよ。

- (1) 時刻  $t=0$  [s] でスイッチ (switch) S を閉じた。コイル (coil) の初期電流 (initial current) を  $i(0)=0$  [A] として、 $t>0$  での  $i(t)$  [A] を求めよ。
- (2)  $i(t)$  の時定数 (time constant)  $\tau$  [s] を定義に従い導出 (derive) せよ。

2. 図2の回路において電圧源 (voltage source) は  $e(t)=10\cos(10\pi t)$  [V]、キャパシタ (capacitor) の初期電荷 (initial charge)  $q(0)=1$  [C]、スイッチ  $S_0$  およびスイッチ  $S_1$  はともに開いた状態を初期状態 (initial state) として、次の問いに答えよ。

- (1)  $t=0$  [s] でスイッチ  $S_1$  は開いたままで、スイッチ  $S_0$  を閉じた。このとき、 $t>0$  での  $i_s(t)$  [A] を求めよ。
- (2) (1) で十分な時間が経ち、定常状態 (steady state) になった。そのとき、スイッチ  $S_0$  を開き、同時にスイッチ  $S_1$  を閉じた。この瞬間を新たに  $t=0$  [s] とし、 $t>0$  での  $q(t)$  [C] を求めよ。ただし、スイッチ  $S_1$  を閉じた瞬間は、キャパシタの電圧が最も高いときとする。

3. 図3の回路において、初期状態で、キャパシタの電荷は 0 [C]、コイルの電流は 0 [A]、スイッチ  $S_0$ 、スイッチ  $S_1$  はともに開いた状態であった。このとき、次の問いに答えよ。

- (1)  $t=0$  [s] でスイッチ  $S_1$  は開いたままで、スイッチ  $S_0$  を閉じた。このとき、 $t>0$  での  $i_L(t)$  [A] を求めよ。
- (2) (1) で  $t=T$  [s] でスイッチ  $S_0$  を開き、スイッチ  $S_1$  を閉じた後、 $v_c$  [V] の最大値が 20 [V] 以上になるための  $T$  の最小値を求めよ。

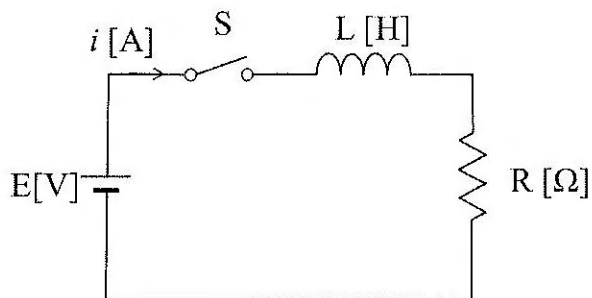


図 1

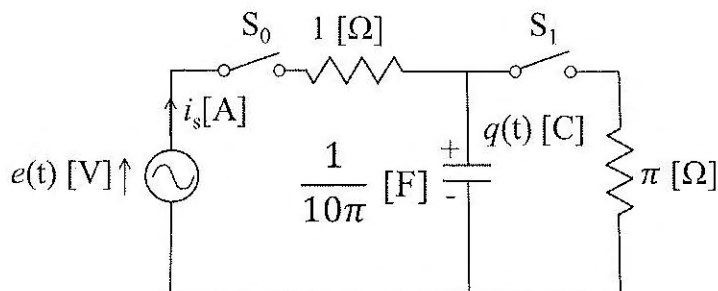


図 2

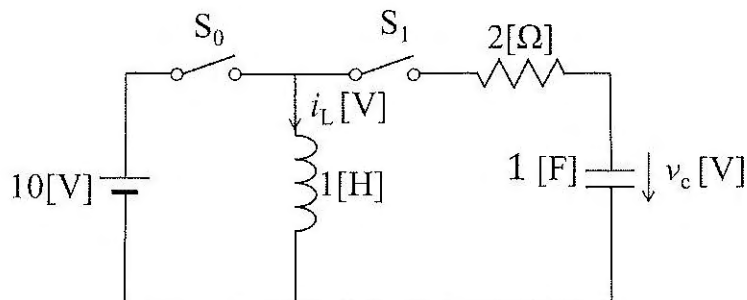


図 3

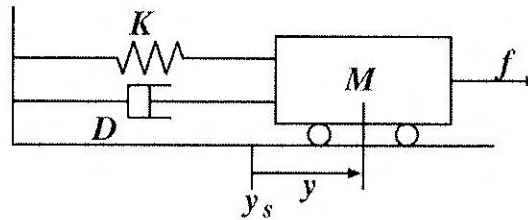
2019年9月・2020年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程電気情報生命専攻

科目名：情報工学（その1）

問題番号 1

1. 次の力学系(dynamical system)を考える。



図において、 $M$ は台車の質量 (mass),  $D$ はダンパ(damper)の粘性減衰係数(viscous damping coefficient),  $K$ はバネ(spring)のバネ定数(spring constant)を表すものとする。また、 $f$ は台車に働く力(force),  $y$ はバネの自然長(natural length)  $y_s$ からの台車の相対位置(relative position)を表すものとする。

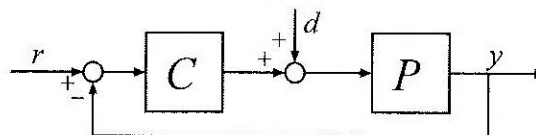
- 1)  $f$ を入力(input),  $y$ を出力(output)とする。力学系の伝達関数(transfer function) $G(s)$ を求めよ。
- 2)  $M = 1$ ,  $D = 4$ ,  $K = 3$ であるものとする。 $G(s)$ のインパルス応答(impulse response)を求めよ。
- 3)  $M = 1$ ,  $D = 2$ ,  $K = 1$ であるものとする。 $G(s)$ のステップ応答(step response)を求めよ。

2. 伝達関数が次で与えられるシステムについて、以下の問いに答えよ。

$$G(s) = \frac{s + 0.1}{0.1s + 1}$$

- 1) 伝達関数 $G(s)$ のゲイン(gain)を求めよ。
- 2) 伝達関数 $G(s)$ のゲイン線図(gain plot)を、 $10^{-2} \leq \omega \leq 10^2$  [rad/s]の範囲で描け。折線近似(line approximation)で良い。
- 3) このシステムに  $\sin t$  を入力する。定常状態(steady state)における出力の振幅(amplitude)を求めよ。

3. 次のフィードバック制御系(feedback control system)を考える。



ここで、 $P(s)$ と $C(s)$ はそれぞれ次で与えられているものとする。

$$P(s) = \frac{1}{(s+1)(s+2)} \quad C(s) = \frac{K}{s}$$

- 1) フィードバック制御系の内部安定性(internal stability)について、その定義を述べよ。
- 2) フィードバック制御系が内部安定となる $K$ の範囲を求めよ。

2019年9月・2020年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 電気・情報生命専攻

科目名：情報工学（その2）

問題番号 2

確率変数 (random variable)  $X$  の確率分布関数 (probability distribution function) を  $p_X$  と書くことにする。このとき、確率変数  $X$  のエントロピー (entropy) は  $H(X) = -\sum_x p_X(x) \log_2 p_X(x)$  である。さらに、確率変数  $X, Y$  の同時エントロピー (joint entropy) は  $H(X, Y) = -\sum_{x,y} p_{X,Y}(x, y) \log_2 p_{X,Y}(x, y)$ 、条件付きエントロピー (conditional entropy) は  $H(X|Y) = -\sum_{x,y} p_{X,Y}(x, y) \log_2 p_{X|Y}(x|y)$  である（ここで  $p_{X|Y}(x|y) = p_{X,Y}(x, y)/p_Y(y)$  とする）。

[A] 以下の関係式を示しなさい。

(1)  $H(X_1, X_2) = H(X_1) + H(X_2|X_1)$

(2)  $H(X_1, X_2, \dots, X_n) = H(X_1) + H(X_2|X_1) + H(X_3|X_1, X_2) + \dots + H(X_n|X_1, X_2, \dots, X_{n-1})$  が任意の  $n$  について成立する。

[B] 値の列  $x_1, x_2, x_3, \dots$  を確率的に生成する情報源 (information source) を考える。この情報源の  $i$  番目の値に対する確率変数を  $X_i$  としたとき、任意の正定数  $n$  と  $i$  に対して、 $p_{X_1, X_2, \dots, X_n} = p_{X_i, X_{i+1}, \dots, X_{n+i-1}}$  を満たす（同時確率分布として等しい）場合、情報源は定常 (stationary) であるという。

(3) 情報源が定常である場合、 $H(X_n)$  と  $H(X_n|X_{n-1})$  は  $n$  に依存しないことを示しなさい。

[C] バイナリ列 (binary sequence)  $x_1, x_2, x_3, \dots$  を確率的に生成する定常情報源である「2元定常マルコフ情報源」を考える。この情報源は、確率変数列  $X_1, X_2, X_3, \dots$  を用いて次のように記述されるものである。

- 任意の  $n$  に対して、 $n$  番目の確率変数  $X_n$  の確率分布は、その一つ前の確率変数  $X_{n-1}$  の値のみに依存する。
- 任意の  $n$  に対して、 $p(X_n = 0|X_{n-1} = 0) = 1 - a$ ,  $p(X_n = 1|X_{n-1} = 0) = a$ ,  $p(X_n = 0|X_{n-1} = 1) = b$ ,  $p(X_n = 1|X_{n-1} = 1) = 1 - b$  である。
- $p(X_1 = 0) = w$ ,  $p(X_1 = 1) = 1 - w$  である。

この情報源に関して下記の問に答えなさい。この際、答えだけでなく導出も記載すること。

(4) 情報源が定常であることを用いて、 $w$  の値を  $a$  と  $b$  を用いて表しなさい。

(5)  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} H(X_1, X_2, \dots, X_n)$  の値を  $a$  と  $b$  を用いて表しなさい。

(6) (4) で求めた  $w$  の確率でランダムに 0 を生成する（ $1 - w$  の確率でランダムに 1 を生成する）情報源のエントロピーと (5) の値の違いについて、 $a = b$  の場合から類推して論じなさい。

2019年9月・2020年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名： 細胞生物学（その1）

問題番号 

1
---

次の細胞全般の特徴や性質に関する以下の問1－5に答えなさい

(Explain following questions related to cellular organ eras and cellular membranes)

問1 単位膜の脂質二重層の構造と特徴について説明せよ (Explain characteristic and structure of lipid bilayer)

問2 細胞膜には、特殊なタンパク質が埋め込まれており、このタンパク質を通して、細胞内外の物質輸送を行っている。それには大きく3つの方法が考えられる。以下の輸送系について例を挙げて説明しなさい。

(In the cell membrane, special proteins are embedded, and these proteins are used to transport substances inside and outside the cell. There are three major ways to do this. Describe the following transport systems by examples.)

- (1) イオンチャンネルを介した輸送 (via ion channels)
- (2) 運搬 (トランスポーター) タンパク質を介した受動輸送 (Passive import through transporter)
- (3) 運搬 (トランスポーター) タンパク質を介した能動輸送 (Active import through transporter)

問3 細胞内で起こるオートファジーについて知っていること述べなさい。(Explain the mechanism and functions of autophagy in cells)

問4 細胞間のコミュニケーションは多細胞生物では非常に重要である。分泌による3種の情報伝達の特徴について説明しなさい。(Cellular communications in multicellular organisms are divided into 3 cases. Explain the characteristic of following cases.)

- (A) 神経 (Neuron)
- (B) 傍分泌 (Paracrine)
- (C) 内分泌 (Endocrine)

問5 細胞はエネルギー基質として、ブドウ糖以外に、脂肪を使うことが多い。脂肪は分解酵素の(a)で分解されると、(b)と(c)になる。(b)は脂肪酸アシル CoA となり、これから、アセチル CoA が作られ、(d)回路に入ることができる。(a)から(d)にあてはまる言葉はなにか。

Major energy sources are glucose and lipid. Lipid is divided into (b) and (c) by digestive enzyme (a). (b) is converted to acyl CoA and acetyl CoA, and then acetyl CoA is joined into the (d) cycle.

Answer the appropriate words for (a)-(d).



2019年9月・2020年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名: 細胞生物学 (その2)

問題番号 2

細胞分裂と細胞周期に関する以下の問6～11に答えなさい。

問6 真核生物の体細胞の細胞周期の4つの段階について説明しなさい。

(Explain 4 steps constituting of the cell cycle)

問7 2か所のチェックポイント (G1期、G2期) について説明しなさい。

(Explain check points at G1 and G2 phases in cell cycle)

問8 細胞分裂の過程では、細胞骨格タンパク質が重要な役割を演じているが、それについて述べなさい。

(Explain the important role of cytoskeletal proteins in the process of cell division)

問9 減数分裂と体細胞分裂について両者の異なる点、特徴を挙げよ。

(List and explain the differences between meiosis and mitosis)

問10 次の語句を使用し、骨格筋繊維収縮について説明しなさい。(Describe skeletal muscle fiber contraction using the following words and phrases)

アクチンフィラメント (actin filament), ミオシン(myosin), トロポミオシン(tropomyosin), T管(T tube), 活動電位 (action potential), 筋小胞体(muscle reticulum), カルシウムイオン(calcium ion), トロポニン(troponin)

問11 タンパク質を分離するにはいろいろな方法があるが、以下の3つのカラムクロマトグラフィーについて原理を含めて簡単に説明しなさい。(There are various methods to separate proteins. Briefly explain the following three column chromatographic techniques including their principals)

(A) イオン交換クロマトグラフィー (ion exchange column chromatography)

(B) ゲルろ過クロマトグラフィー (gel filtration column chromatography)

(C) アフィニティークロマトグラフィー (affinity column chromatography)

2019年9月・2020年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名：分子生物学（その1）

問題番号

1

下の小問(1)–(4)に答えなさい。

(1) RNA と DNA の違いについて、それらを構成する糖の化学構造を描いて説明せよ。

Explain the differences in the sugars that constitute RNA and DNA with drawing their chemical structures.

(2) DNA 複製に働く DNA ポリメラーゼと RNA の転写に働く RNA ポリメラーゼの違いについて、それぞれが独自にもつ特性（基質特異性と活性の違い）を含めて説明しなさい。

Explain the differences between DNA and RNA polymerases, comparing them based on their unique characteristics.

(3) 細胞質に存在する mRNA と核で転写されたばかりの RNA の構造的な違いを 3 つ挙げ、図を描いてそれぞれを説明しなさい。

List, illustrate and explain three structural differences between mRNA present in the cytoplasm and RNAs that have just been transcribed in the nucleus.

(4) 真核生物の各染色体に 1 箇所ずつ存在する機能領域と 2 箇所ずつ存在する機能領域について、それらの名称を答え、図を描いて機能を説明しなさい。

Answer the name and illustrate the functional regions that exist in one place on each chromosome of eukaryote and the functional region that exists in two places.

And explain their functions.

2019年9月・2020年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名: 分子生物学 (その2)

問題番号 

2
---

下の小問(1)–(4)に答えなさい。

(1) 選択的スプライシングとはどのようなものか図を描きながら説明しなさい。また、それらが生体にとってどう役に立つのかを説明しなさい。

Illustrate and explain what is alternative splicing and how they are useful to the organism.

(2) リボソームがタンパク質を合成する仕組みについて、ポリペプチド鎖の伸長に関わる各段階を含めて図を描きながら説明しなさい。

Illustrate and explain the mechanism by which ribosomes synthesize proteins, including the steps involved in polypeptide chain elongation.

(3) リボソームにはタンパク質に加えて、リボソームの機能に欠かせない、ある大きな分子が含まれている。それは何か。また、その分子がリボソームに存在する進化的な背景を説明しなさい。

Answer the name of large molecules that constitute ribosomes along with proteins and play essential roles for ribosome function. Further explain evolutionary background for why they are present in ribosomes.

(4) 最近の研究から、長寿の人は血液中の炎症性マーカーであるCRPの値が極めて低いことが明らかになってきた。体内の炎症が少ないと、感染症だけでなく、がんにもかかりにくいと考えられる。それはなぜか。がんの原因を踏まえながらその仕組みを推定しなさい。

Recent studies have revealed that people with longevity have extremely low levels of the inflammatory marker CRP in the blood. If inflammation level in the body is low, it is thought that it is less likely to get cancer as well as infections. Estimate its mechanism based on the cause of the cancer.