

2017年9月・2018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せよ。

◎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せよ。

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・氏名を必ず記入せよ。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○で囲め。さらに, 希望指導の教員名を, 氏名記入欄下の受験生記入欄に記入せよ。
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せよ。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せよ。
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せよ。
4. 選択しなかった科目も含めて, 解答用紙は全て提出せよ。
5. 電卓, コンピュータ等を使用することはできない。

2017年9月・2018年4月入学試験問題

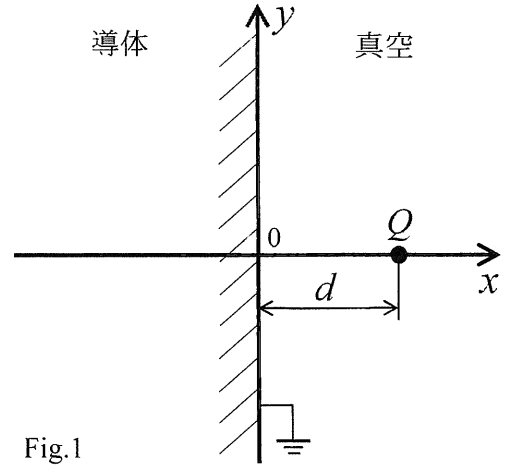
大学院先進理工学研究科 修士課程 電気・情報生命専攻

科目名: 電磁気学 (その1)

問題番号 1

国際単位系 (SI system of units) を用いるものとし, 円周率 (circumference ratio) π , 真空の誘電率 (permittivity of vacuum) ϵ_0 はそのまま残して解答せよ。解答は全て解答用紙の対応する解答欄に書け。

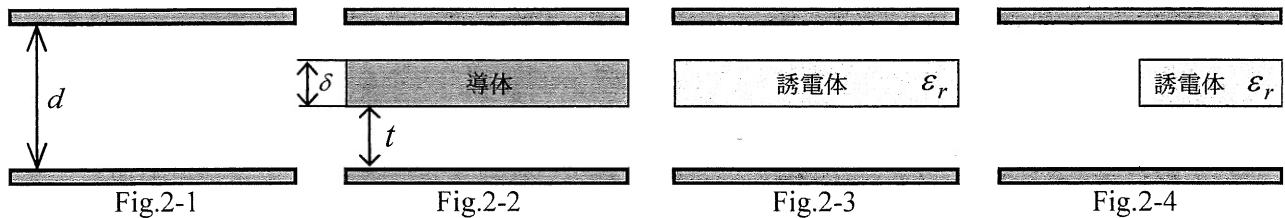
1. Fig.1 のように, 導体 (conductor) と真空 (vacuum) の境界 (boundary) が $x = 0$ 面 (直交座標: Cartesian coordinate) にあり ($x \leq 0$: 導体, $x \geq 0$: 真空), 導体は接地 (earth) されている。($d, 0, 0$) 点に点電荷 (point charge) Q [C] が置かれているとする。次の問いに答えよ。



- a) 電気力線 (electric line of force) を描け。(電界分布がわかるように 10 本以上描くこと)
- b) 点電荷 Q に働く力 (force) F [N] を求めよ。
- c) 導体表面の面電荷密度 (surface electric charge density) ρ_s [C/m²] を求めよ。
- d) 導体表面に誘導される全電荷量 Q_s [C] はどれだけか。

2. Fig.2-1 のように, 真空中に電極間距離 d [m], 電極面積 S [m²] の平行平板コンデンサ (parallel-plate capacitor) がある。次の各問に答えよ。ただしコンデンサ端部の影響は無視し, 電極内の現象 (phenomenon) は無限 (infinite) の電極面積を持つ平行平板コンデンサと同じであるとする。

- a) 上の電極 (導体板) に $+Q$ の電荷を, 下の電極 (導体板) に $-Q$ の電荷を与えた。次の 3 つの場合について, 電界分布がわかるように電気力線を 10 本以上ずつ描け。
 - a-1) 電極板間に厚さ δ [m] の導体板が下電極から t [m] の位置に挿入 (insert) されている (Fig.2-2)。
 - a-2) 電極板間に厚さ δ [m] で比誘電率 (relative permittivity) ϵ_r (> 1) の誘電体板 (dielectric substance) が下電極から t [m] の位置に挿入されている (Fig.2-3)。
 - a-3) 電極板間に厚さ δ [m] で比誘電率 ϵ_r (> 1) の誘電体板が下電極から t [m] の位置に半分まで挿入されている (Fig.2-4)。



- b) Fig.2-2 おいて, 上下の電極板が接地されているとする。そして, この電極間に, 電荷 Q [C] で帯電させた (electric-charged) 厚さ δ [m] の導体板を図のように挿入したとする。このときの挿入した導体板の電位 (electric potential) V [V] を, $d, t, \delta, S, Q, \epsilon_0$ の式で表せ。
- c) Fig.2-3 において, 上下の電極板間に電圧 V [V] が印加 (applied) されているとする。この電極間に, 厚さ δ [m] で比誘電率 ϵ_r (> 1) の誘電体板を図のように挿入したとする。このときの平行平板コンデンサに蓄えられる静電エネルギー (electrostatic energy) U [J] と電極間の吸引力 (attractive force) F [N] を $d, \delta, S, \epsilon_0, \epsilon_r, V$ の式で表せ。

2017年9月・2018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

以下の問いに答えよ。ただし、全て国際単位系（SI 単位系）を用いるものとする。

- (1) 図1に示すような有限長の直線導線に、電流 I が y 軸（axis）正方向に流れている。このとき、 z 軸上の P 点に作られる磁界の強さ（magnetic field intensity） H の大きさと向きを求めよ。
- (2) 図2に示すような内半径 $L/3$ 、外半径 $L/2$ の無限長円筒導体（cylindrical conductor with infinite length）が、 y 軸を中心軸として設置されている。この導体に、一様な電流（uniform current）を y 軸正方向に流したところ、 P 点において、(1)で生じた磁界の強さ H と同じ大きさの H が生成された。このときの円筒導体における電流密度（current density）の大きさ $|J|$ を求めよ。
- (3) 図3に示すように、(1)の導線（長さ L ）を円形（circular）にして、その中心が原点（origin）と一致するように xy 平面上に設置した。反時計回り（counterclockwise）に電流 I を流したとき、 P 点に作られる磁界の強さ H の向きを答えよ。また、その大きさ $|H|$ は、(1)で生じた磁界の強さ H の大きさ $|H|$ と比較して大きいか小さいか？ 解答欄で該当する方に○印をつけよ。
- (4) マクスウェル方程式（Maxwell equations）を微分形式（differential form）で記述し、各式が示す物理的な意味（physical meaning）を簡潔に記せ。
- (5) 時間的に変動する磁界により生じる電界（electric field）と静電荷（static electric charge）が形成する電界の性質の相違について、簡潔に説明せよ。

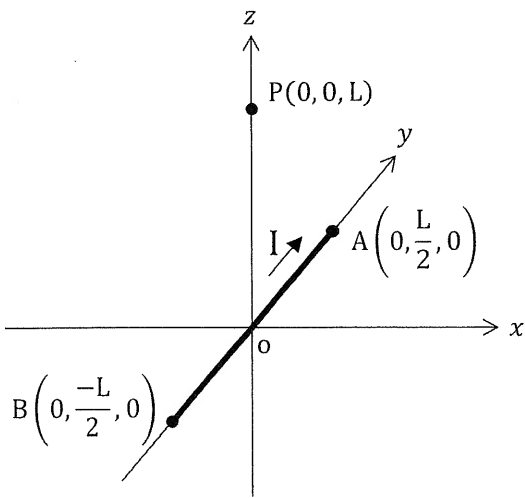


図1

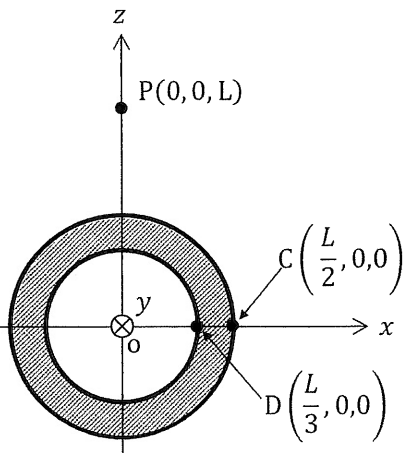


図2

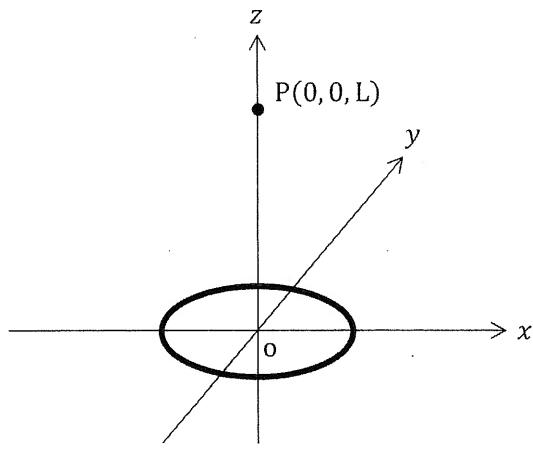


図3

2017年9月・2018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4端子回路 (four-port circuit) に交流電源 (AC voltage source) $e(t) = E \sin(\omega t)$ を接続 (ただし $\omega^2 LC \ll 1$) することを考える。以下の間に答えよ。

- (1) 端子 (terminal) a, b からみたインピーダンス (impedance) を求めよ。
- (2) 端子 a, c からみたインピーダンス (impedance) を求めよ。
- (3) 端子 a, c を短絡 (short) して, 端子 b, d 間に電源 $e(t)$ を接続する。回路が定常状態 (steady state) にあるとして, 端子 b から回路に流れ込む電流 (current) を求めよ。

2. 図2の回路において, E は電圧源のフェーザ電圧 (phasor voltage), Z_0 は電源の出力インピーダンス (output impedance of voltage source), Z_1 は負荷 (load) で, それぞれ

$$Z_0 = X_0 + jY_0$$

$$Z_1 = X_1 + jY_1$$

のように実部 (real part) と虚部 (imaginary part) が表されるとする。以下の間に答えよ。

- (1) 負荷 Z_1 で消費される平均電力 (average power) を求め, E, X_0, X_1, Y_0, Y_1 で表せ。
- (2) 負荷 Z_1 で消費される平均電力が最大となる条件を求めよ。
- (3) 電源の出力インピーダンス Z_0 が図3の回路と等価であるとする。電源の角周波数を ω (ただし $\omega^2 R^2 C^2 \ll 1$) とするとき, 負荷 Z_1 で消費される平均電力が最大となる回路を一つ構成し, 回路図と回路素子の値を示せ。

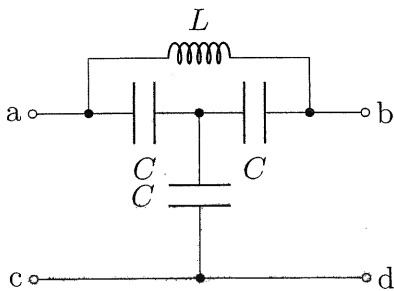


図1

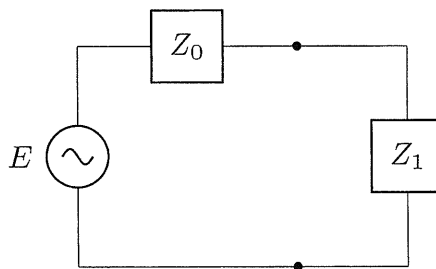


図2

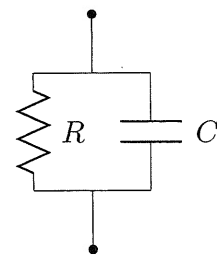


図3

2017年9月・2018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. 関数 $f(t)$ と $g(t)$ のラプラス変換 (Laplace transformation) をそれぞれ $F(s)$ と $G(s)$ とする。次の関数について、そのラプラス変換を求めよ。

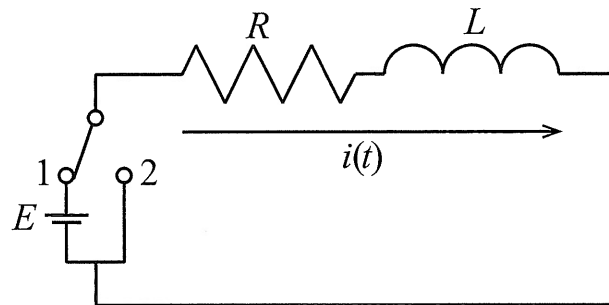
(1)
$$\frac{d^2 f}{dt^2}(t)$$

(2)
$$e^{at}f(t)$$

(3)
$$f(t-a)$$

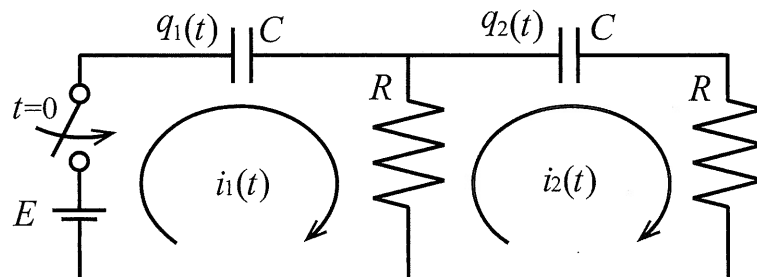
(4)
$$\int_0^t f(t-\tau)g(\tau)d\tau$$

2. 図の回路を考える



スイッチ (switch) を 1 の端子 (terminal) に接続し、充分時間が経過してからスイッチを 2 の端子に切り替えた。切り替えた時刻を $t=0$ とするとき、 $t \geq 0$ における電流 (current) $i(t)$ を求めよ。

3. 図の回路を考える。



(1) 電荷 (electric charge) $q_1(t)$ と $q_2(t)$ に関する回路方程式 (circuit equation) を求めよ。

(2) 回路のパラメータ (parameter) が次式を満たしているものとする。

$$RC = 1, \quad q_1(0) = 0, \quad q_2(0) = 0, \quad E = 1/C$$

$t \geq 0$ におけるコンデンサ (capacitor) の電荷 $q_1(t)$ と $q_2(t)$ を求めよ。

(3) 回路のパラメータが次式を満たしているものとする。

$$RC = 1, \quad q_1(0) = q_0, \quad q_2(0) = q_0, \quad E = 0$$

$t \geq 0$ におけるコンデンサの電荷 $q_1(t)$ と $q_2(t)$ を求めよ。

2017年9月・2018年4月入学試験問題

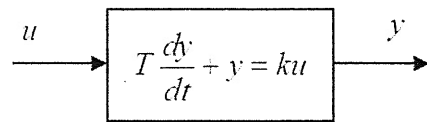
大学院先進理工学研究科 修士課程 電気・情報生命専攻

科目名: 情報工学 (その1)問題番号 1

1. 伝達関数 (transfer function) $P(s) = \frac{1}{s(s+1)^3}$ で表される4次系 (fourth order system) のインパルス応答 (impulse response) を求めよ。

2. 未知の時定数 (time constant) $T (T > 0)$ 及び未知のゲイン (gain) $k (k > 0)$ をもつ1次系 (first order system)

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = ku(t), \quad y(0) = 0$$



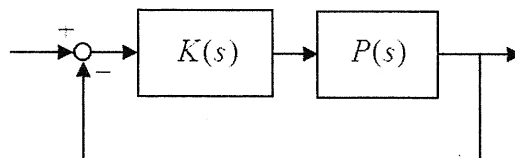
に対して, ある入力 (input) u を加えて出力 (output) y を計測することにより時定数及びゲインを決定したい。下記の二通りのそれぞれの場合における決定方法の概要を述べよ。

- (1) 入力 u が単位ステップ関数 (unit step function) $u(t) = 1, t \geq 0$ の場合
- (2) 入力 u が大きさ 1, 角周波数 (angular frequency) ω の正弦波 (sinusoid) $u(t) = \sin \omega t$ の場合

3. 伝達関数 $P(s) = \frac{1}{(2s+1)(3s+1)}$ で表される2次系 (second order system) に対して, 伝達関数

$K(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{s} \right)$ で表されるPI補償 (PI compensation) を施したフィードバック制御系 (feedback control system) について (下図), 以下の問いに答えよ。ここで, K_p は正の定数である。

- (1) 開ループ伝達関数 (open loop transfer function) $L(s) = P(s)K(s)$ の複素平面 (complex plane) 上のベクトル軌跡 (vector locus), すなわち ω を 0 から $+\infty$ まで変化させたときの複素数 $L(j\omega)$ の軌跡が虚軸 (imaginary axis) を横切るときの角周波数 ω を K_p を用いて表せ。
- (2) フィードバック制御系が安定 (stable) となる定数ゲイン K_p の範囲を求めよ。



2017年9月・2018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

単位時間当たりの入力信号 (input) が $\{0,1\}$ のいずれかであり、出力信号 (output) が $\{0,e,1\}$ のいずれかである通信路 (channel) を考える。この通信路では、確率 α で e が出力され、確率 β で入力とは異なるバイナリ値が出力され (つまり、入力 1 は出力 0, 入力 0 は出力 1 となる)、確率 $1-\alpha-\beta$ で入力が正しく出力される (下図)。また入力信号としては、確率 p_0 で 0, 確率 p_1 で 1 が入力されるとする ($p_0 + p_1 = 1$)。

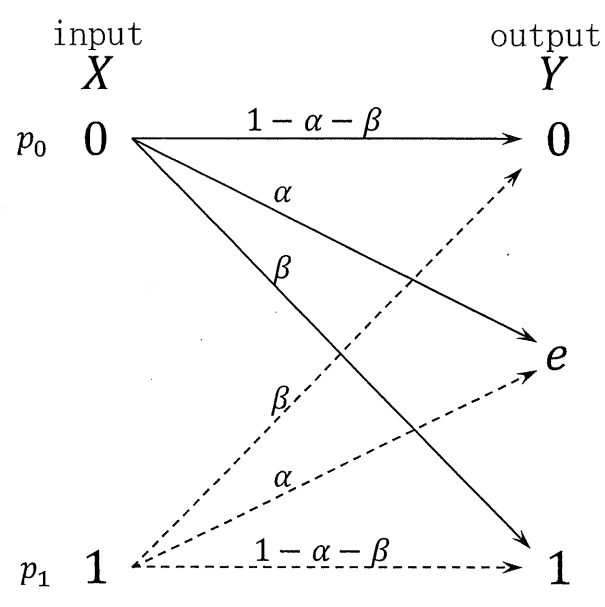
X を入力信号に対応する確率変数 (random variable), Y を出力信号に対応する確率変数とする。出力信号による (入力信号の) エントロピー (entropy) の減少分 $R = H(X) - H(X|Y)$ を用いて、通信路容量 (channel capacity) C は

$$C = \max_{p_0, p_1} R$$

と定義される。ここで、 $H(X) = -\sum_{x \in X} p(x) \log_2 p(x)$ は X のエントロピー、 $H(X|Y) = -\sum_{x \in X, y \in Y} p(x,y) \log_2 p(x|y)$ は Y が与えられたもとでの X の条件付きエントロピー (conditional entropy) である。

このとき、以下の問(1)から(4)の全てに答えよ。必要な場合には、 $\log_2 3 = 1.585$, $\log_2 5 = 2.322$ を利用して良い。

- (1) エントロピーと条件付きエントロピーとの間には、一般に $H(X) - H(X|Y) = H(Y) - H(Y|X)$ の関係が成立することを示せ。
- (2) $H(Y)$ および $H(Y|X)$ を p_0, p_1, α, β を用いて表せ。
- (3) 通信路容量を α, β を用いて表せ。
- (4) $\alpha = 0.1, \beta = 0$ の場合の通信路容量, および, $\alpha = 0, \beta = 0.1$ の場合の通信路容量の値を計算し, それぞれの値とその大小関係からどのようなことが言えるかを述べよ。



2017年9月・2018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

下の小問(1)-(4)に答えよ。

(1) 生体を構成するアミノ酸の1つであるアラニン ($C_3H_7O_2N$)について, [a]-[d]に答えよ。
(Answer questions [a]-[d] that are relevant to alanine, a component of proteins in organisms.)

[a] 構造式を書け。

(Draw the chemical structure of alanine.)

[b] 水溶液中での構造式を書け。

(Draw the structure of alanine in solutions.)

[c] 上の[a]と[b]の構造式が異なる理由を述べよ。

(Answer the reason why the structures [a] and [b] are not identical.)

[d] フェニルアラニンの構造式を書け。

(Draw the chemical structure of phenylalanine.)

(2) イオン交換カラムクロマトグラフィーとアフィニティーカラムクロマトグラフィーについて, それぞれの原理を簡単に説明し, 利点および欠点を述べよ。

(Briefly explain principles, advantages and disadvantages of ion-exchange column chromatography and affinity column chromatography.)

(3) エネルギー的に起こりにくい反応を起こすために生体内ではどのような仕組みを利用しているか。グルコースとフルクトース (果糖) それぞれ1分子から2糖であるスクロース (ショ糖) が生成する反応 ($\Delta G^0 = +5.5 \text{ kcal/mol}$) を例に, 複数の反応式を記述した上で, 仕組みを説明せよ。ただし, ATPを加水分解してADPとリン酸を生成する反応の ΔG^0 は -7.3 kcal/mol である。

(Explain the biological mechanism to achieve the chemical reaction that does not occur naturally. Exemplify the reaction of sucrose synthesis from glucose and fructose ($\Delta G^0 = +5.5 \text{ kcal/mol}$) and explain the mechanism by describing multiple reaction formulas. ΔG^0 for hydrolysis of ATP to ADP and phosphate is -7.3 kcal/mol .)

(4) 現在のところ, 機能の調べられていないタンパク質の機能を, 一次構造のみから正確に決定することは難しい。その理由を2つ挙げよ。

(Precise determination of molecular functions of a protein only based on its primary structure is difficult. Explain two reasons for the difficulty.)

2017年9月・2018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

下の小問(1)-(4)に答えよ。

(1) ES細胞とiPS細胞に関する問い[a]-[c]に答えよ。

(Answer questions [a]-[c] that are relevant to ES cells and iPS cells.)

[a] ES細胞とiPS細胞の違いを述べよ。

(Explain differences of ES and iPS cells.)

[b] 基礎生物学や医学研究および臨床応用においてiPS細胞がES細胞より優れている点を述べよ。

(Explain biological and medical advantages of iPS cells in comparison with ES cells.)

[c] 臨床応用においてiPS細胞がもつ問題点を挙げよ。

(Explain medical problems of iPS cells.)

(2) 真核細胞が細胞外のシグナルを受け取る仕組みは多様である。その仕組みについて1例を挙げ、図を描いてシグナルの受容から細胞の応答までの過程を説明せよ。

(Eukaryotic cells have several mechanisms to receive external signals. Exemplify one signal transduction pathway and explain the pathway from the signal reception to cellular responses with drawing a schematic figure.)

(3) ヒト由来の細胞株Hがある。この細胞と緑色蛍光タンパク質(GFP)をコードするcDNAを用いて、生きている細胞内で細胞骨格(cytoskeleton)を観察したい。どのような実験を行えばよいか。この実験を行うのにさらに必要なDNAおよび観察装置等を含めて、実験の流れを簡単に説明せよ。

(Answer the experimental procedure to observe cytoskeleton in living cells by using GFP cDNA and a human-derived cell line [tentatively termed H cell]. List additional DNAs to be necessary and instruments for observation.)

(4) 細胞膜上に存在する1分子のイオンチャネルタンパク質の開閉を電氣的に検出することは可能であるか。可能であるとすればどのような方法を用いればよいか。

(Is it possible to detect opening and closing of one molecule of ion channel in cell membrane? Answer the method, if it is possible.)

2017年9月・2018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

(1) RNA のホスホジエステル主鎖を切断する酵素であるリボヌクレアーゼ A は、124 アミノ酸残基からなるタンパク質である。この酵素を 5 mol/L の尿素によって処理したところ、RNA 切断活性を失っていることが分かった。透析によって尿素を除去したのちに、活性測定を行なったところ、リボヌクレアーゼ A は RNA を切断する活性を有していた。どのようにしてリボヌクレアーゼ A の RNA 切断活性が回復したのかを説明せよ。

(Ribonuclease A is an RNase, and is composed of 124 amino acid residues. The RNase activity of Ribonuclease A was lost, when it was treated under 5 mol/L urea conditions. However, the activity was recovered after the sample was dialyzed against a buffer solution without urea. Explain the mechanism how the RNase activity of Ribonuclease A is recovered.)

(2) RNA ポリメラーゼは、転写の際に遺伝子のプロモーター領域に結合することで、遺伝情報の読み取りを開始する。バクテリアの RNA ポリメラーゼがどのようにプロモーター領域を認識するのかを説明せよ。

(RNA polymerase specifically binds to the promoter regions of genes. Explain how bacterial RNA polymerase recognizes the promoter sequences.)

(3) 半保存的 DNA 複製によってゲノム DNA は複製されるが、その際に DNA ポリメラーゼによって新たに合成される鎖には、リーディング鎖とラギング鎖が存在している。その理由を説明せよ。

(Genomic DNA is duplicated by semi-conservative DNA replication. In this process, DNA polymerase synthesizes leading strand and lagging strand. Answer the reason why these two different strands are synthesized during DNA replication process.)

(4) タンパク質の合成は、RNA ポリメラーゼによって合成されたメッセンジャーRNA が鋳型となり行われる。どのようにタンパク質合成が行われるのかを説明せよ。

(Protein synthesis is promoted with mRNAs as templates. Explain how the mRNA is translated to amino acid sequence in proteins.)

2017年9月・2018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

- (1) 真核生物のゲノム DNA は、細胞核に収納されて機能している。どのように収納されているのかを、その階層構造を含めて説明せよ。
(In eukaryotic cells, genomic DNA is accommodated within nucleus. Answer the mechanism how the genomic DNA is packaged into nucleus in stepwise fashion.)
- (2) RNA ポリメラーゼと DNA ポリメラーゼは、共通の進化的祖先を有していると考えられている。この点に留意しつつ、これら2つの酵素の類似点と相違点を列挙せよ。
(RNA polymerase and DNA polymerase are considered to have a common ancestor. Answer their distinction and similarity.)
- (3) ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)によって DNA を増幅する際、必要となる材料を列挙して、反応の各段階を説明せよ。
(Explain materials required for polymerase chain reaction (PCR), and answer the PCR steps.)
- (4) 機能が不明のタンパク質 X を、ヒト培養細胞の抽出液から発見した。その機能を解明するために、どのような実験が考えられるかを説明せよ。
(The protein X was identified in human cell extracts. However, its function has not been understood. Answer your plan to study the protein X function.)