

2018年9月・2019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。

2018年9月・2019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

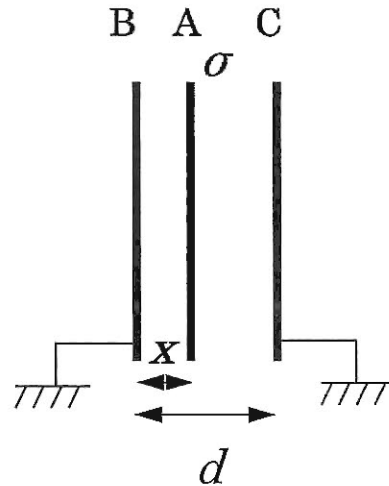
科目名： _____ 電磁気学（その1） _____

問題番号 1

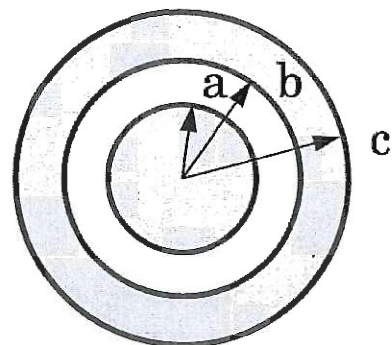
真空 (vacuum) 中における以下の問いに答えなさい。ただし、すべて国際単位系 (SI 単位系) を用いるものとする。また、真空中の誘電率 ϵ_0 (permittivity) はそのまま残して計算に用いなさい。なお、必要に応じて定義されていない物理量は定義しなさい。

1. 点電荷 q_1 と $-2q_1$ が r_0 だけ離れて配置されている。
 - (1) 等電位線 (equipotential line) と電気力線 (electric lines of force) の概要を図示しなさい。
 - (2) 電界がゼロとなる位置を算出しなさい。

2. 図のように3枚の無限大の平行平板導体 (parallel conducting plates) が配置されている。B, C が接地され (grounded), A に面電荷密度 σ の電荷を与えた時、各導体板間の電界を求めなさい。また、B, C に誘起される電荷の面電荷密度を求めなさい。



3. 図のような2つの同心導体球 (conducting concentric spherical shells) が配置されている。この系における電位係数 (Potential coefficients) を求めなさい。

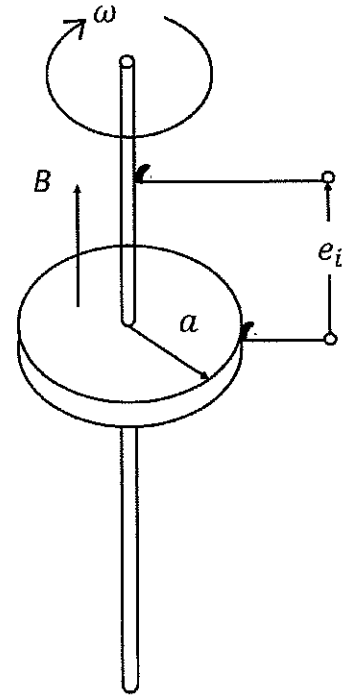


2018年9月・2019年4月入学試験問題
 大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻
 科目名： 電磁気学(その2)

問題番号 2

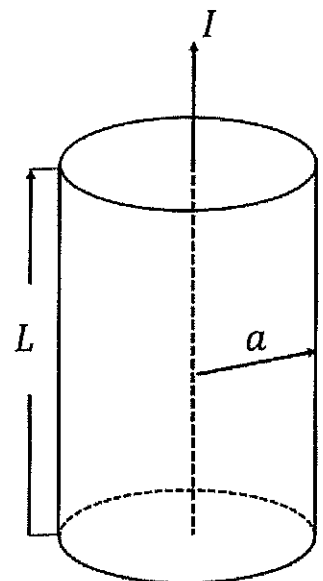
以下の設問に答えなさい。解答(answers)にはSI単位系の単位(units of the SI system)を付すこと。

1. 磁束密度(magnetic flux density) B の一様な磁界(uniform magnetic field)中で、磁界に平行な(parallel)一本の細い軸を回転軸(rotating axis)として角速度(angular velocity) ω で回転する半径(radius) a の導体円板(conducting disk)がある。軸上の一点(a point on the axis)と導体板の周上の一点(a point on the periphery of the disk)よりすべり接点(sliding contact)を介して端子を取り出したとき、端子間に現れる起電力(electromotive force) e_i を求めなさい。



2. (1) Poyntingベクトル(vector)とは何か。その単位(unit)は何であり、どのような物理的意味(physical meaning)を持っているか？

(2) 電流(electric current) I が流れている長さ(length)が L 、半径(radius)が a の円柱形(cylindrical) 抵抗体(resistor)があり、その抵抗値(resistance)は R であるとする。この抵抗体のジュール発熱(Joule heat)は、円柱側面(cylindrical surface)を通して円柱周囲の電磁界(ambient electromagnetic field)から円柱内に流入するPoyntingベクトルの総和で表されることを示しなさい。



2018年9月・2019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の回路で $v(t) = 100\sqrt{2} \sin(\omega t)$ [V] の電圧を印可した。周波数 50[Hz], $R_1 = 10[\Omega]$, $R_2 = 20[\Omega]$, $C_1 = 2/\pi[\text{mF}]$, $C_2 = 1/\pi[\text{mF}]$ とするとき、以下の問いに答えよ。
- (1) この回路のインピーダンス (impedance) Z とその大きさを求めよ。
 - (2) 電流 $i_1(t)$, $i_2(t)$, $i_3(t)$ のフェーザ電流 (phasor current) をそれぞれ求めよ。
 - (3) 電流 $i_1(t)$, $i_2(t)$, $i_3(t)$ のフェーザ電流を複素平面 (complex plane) 上に図示せよ。

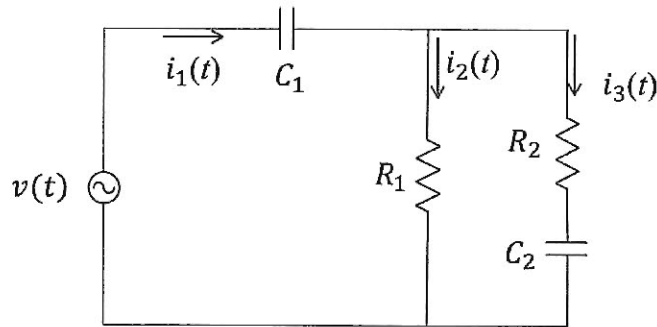


図 1

2. 図2の回路で、 $v_1(t) = 200\sqrt{2} \sin(\omega t + \pi/2)$ [V] と $v_2(t) = 200\sqrt{2} \sin(\omega t)$ [V] の電圧を印可した。 $R = 100[\Omega]$, $L = 200[\text{mH}]$, $C = 50[\mu\text{F}]$, $\omega = 400[\text{rad/s}]$ の時、電流 $i_1(t)$, $i_2(t)$, $i_3(t)$ のフェーザ電流 (phasor current) をそれぞれ求めよ。

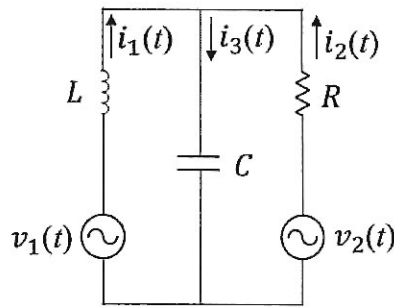


図 2

3. 図3の回路で角周波数 ω (angular frequency) の値によらず V/E が一定となる条件を求めよ。

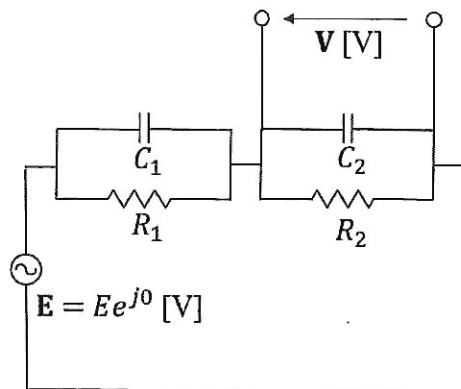


図 3

2018年9月・2019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 (circuit) においてキャパシタ (capacitor) の初期電荷 (initial charge) を $q(0)=1$ [C] とし、次の問いに答えよ。

- (1) スイッチ (switch) S_1 を開いたままで、 $t=0$ でスイッチ S_0 を閉じた。電流 (current) $i(t)$, $t>0$ [A] を求めよ。
- (2) (1) のように $t=0$ でスイッチ S_0 を閉じ、その後 $t=T$ ($T>0$) でスイッチ S_1 を閉じた。電流 $i(t)$, $t>T$ [A] を求めよ。

2. 図2の回路はスイッチを閉じる前には定常状態 (steady state) にあり、 $t=0$ でスイッチを閉じた。

- (1) キャパシタの初期電圧 (initial voltage) $v(0)$ [V] とコイル (coil) の初期電流 (initial current) $i(0)$ [A] を求めよ。
- (2) キャパシタの電圧 (voltage) $v(t)$, $t>0$ [V] とコイルの電流 $i(t)$, $t>0$ [A] を求めよ。

3. 図3の回路において $t=0$ でスイッチを閉じた。ただし、コイルの初期電流は零であり、電圧源 (voltage source) は $e(t)=10\sqrt{2}\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{4}\right)$ [V] である。

- (1) 電流 $i(t)$, $t>0$ [A] を求めよ。
- (2) スイッチを閉じた後、電流 $i(t)$ が過渡状態 (transient state) を経ずに直ちに電圧源と同じ角周波数 (angular frequency) ω [rad/s] の正弦波 (sine wave) になった。このときの角周波数 ω の値を求めよ。

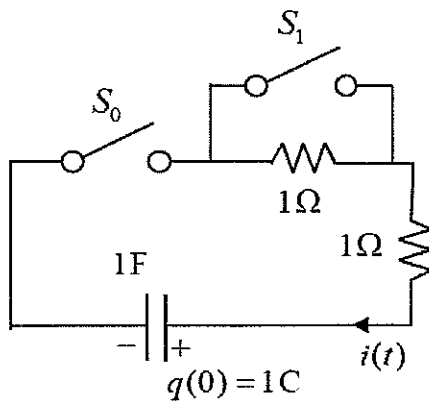


図1

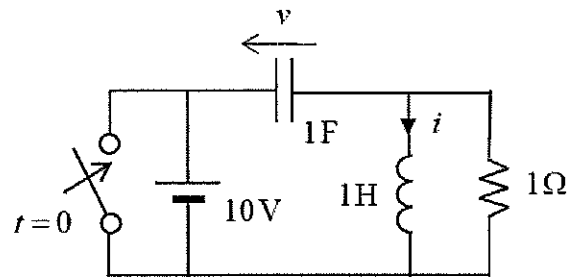


図2

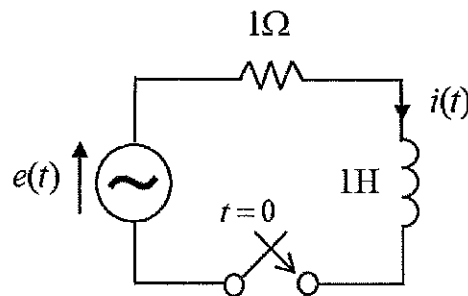


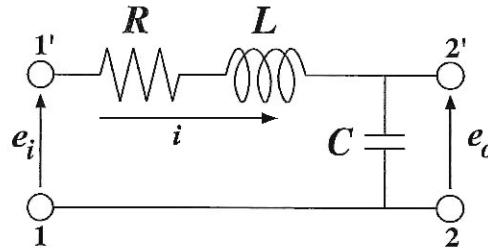
図3

2018年9月・2019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

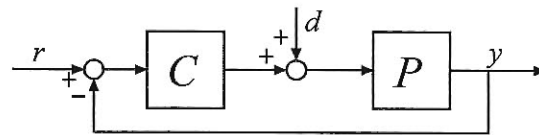
科目名： 情報工学 (その1)問題番号 1

1. 図の回路 (circuit) を考える。

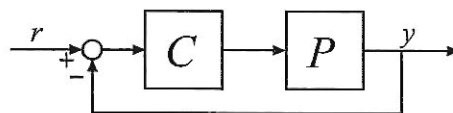


ここで、 $R[\Omega]$ は抵抗 (resistance), $C[F]$ はキャパシタンス (capacitance), $L[H]$ はインダクタンス (inductance)を表す。また $e_i[V]$ と $e_o[V]$ は端子電圧 (terminal voltage), $i[A]$ は回路を流れる電流を表す。回路の入力 (input) は e_i , 出力 (output) は e_o とする。

- 1) 回路の伝達関数 (transfer function) を求めよ。
- 2) $LC = 1/2$, $RC = 1$ とする。回路のインパルス応答 (impulse response) を求めよ。
- 3) $LC = 1$, $RC = 2$ とする。回路のステップ応答 (step response) を求めよ。

2. 図の制御系 (control system) において $C(s) = 1/(s + 1)$, $P(s) = 1/s$ であるものとする。

- 1) r から y への伝達関数 $G_{yr}(s)$, および d から y への伝達関数 $G_{yd}(s)$ を求めよ。
- 2) 以下のそれぞれの場合について、定常状態 (steady state) における $y(t)$ を求めよ。
 - a) $r(t) = \sin t$, $d(t) = 0$
 - b) $r(t) = 1$, $d(t) = \sin t + \cos t$

3. 図の制御系において $C(s) = k/s$, $P(s) = 1/(s + 1)(s + 2)$ であるものとする。制御系が内部安定 (internally stable) となる k の範囲 (range) を求めよ。

2018年9月・2019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

ある地方の毎日の天気は晴、曇、雨のいずれかとし、前日の天気のみ依存してその日の天気が確率的に決まるものとする。このようなモデルは、単純マルコフ情報源(1st-order Markov information source)、有限状態機械(finite state machine)などと呼ばれる。また、このモデルの状態変化は、下表のような状態遷移確率(state-transition probability)、もしくはこれを行列としてとらえた状態遷移行列(state-transition matrix)によって特徴づけられる。

		ある日の天気の確率		
		晴	曇	雨
前日の天気	晴	0.6	0.2	0.2
	曇	0.4	0.2	0.4
	雨	0.8	0.0	0.2

以下の問いに答えよ。但し、(4)、(5)は単位(unit)をビット(bit)で答えよ。また、 \log の底(base)が2の場合は2を省略して単に \log と表記せよ。

- (1) ある日の天気が雨とすると、明後日の天気が(晴、曇、雨)の確率をそれぞれ求めよ。
- (2) ある日の天気の確率を(晴、曇、雨) $= (x, y, z)$ (但し、 $x+y+z=1$, $x>0$, $y>0$, $z>0$) とすると、 n 日後 ($n = 1, 2, \dots$) の天気の確率を簡単な式で答えよ。
- (3) 遙か未来のある日の天気 W が(晴、曇、雨)の確率をそれぞれ求めよ。但しこの確率は収束するものと仮定してよい。また、この確率は状態遷移行列の左固有値(left eigenvalue)1に対応する左固有ベクトル(left eigenvector)で与えられる。
- (4) (3)の天気 W のシャノンエントロピー(Shannon entropy) $H(W)$ を求めよ。
- (5) (3)の天気 W を知り得ることができたとして、更にその翌日の天気 V の条件付エントロピー(conditional entropy) $H(V|W)$ を求める式を答えよ (整理、計算しなくてよい)。
- (6) 遙か未来のある日の天気が収束しない状態遷移行列の例を一つ挙げて、その特徴を述べよ。
- (7) 遙か未来のある日の天気が現在の天気に依存して収束する状態遷移行列の例を一つ挙げて、その特徴を述べよ。

以上

2018年9月・2019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

次の文章を読み、下の(1)～(7)の問いについて解答用紙の所定欄内に簡潔に解答しなさい。

細胞(cell)で起きていることを知るために、様々な方法が開発されてきた。最も直接的で古典的な手法は、光学顕微鏡(light microscope)を用いることである。しかし、この装置では可視光(visible light)で試料(specimen)を観察するために、細胞内の(a)小さい構造物(small objects)や(b)透明な構造物(transparent objects)が見えないなどの欠点があった。そこでその後、新たな観察手法が開発され現代では、(ア)位相差顕微鏡(phase-contrast microscope)、(イ)微分干渉顕微鏡(differential interference microscope)、(ウ)電子顕微鏡(electron microscope)、蛍光顕微鏡(fluorescence microscope)、共焦点顕微鏡(confocal microscope)などが、それぞれの用途に応じて用いられている。

微分干渉顕微鏡を用いると、細胞質内の小胞(vesicle)などの構造物が運動する様子が観察できる。ある小さい細胞内ではまったく(c)ランダムに運動していた(random motion)。このような運動はブラウン運動(Brownian motion)のモデルを用いて解析できる。ある期間 t にその分子が移動する平均的距離 R は、直線の中での運動(one-dimensional motion)を考える場合には $R^2=2Dt$ 、平面の中での運動(2-dimensional motion)を考える場合には $R^2=4Dt$ の関係式で与えられる。ここで、 D は拡散係数(diffusion coefficient)と呼ばれる定数であり、分子と媒質の種類などで決まる。一方、(d)イカの巨大軸索部(squid giant axon)より抽出した細胞質をスライドガラス上に展開して観察すると、一定方向に直線的に $1\mu\text{m/s}$ の速さで運動する(one dimensional and directional motion)小胞が見られた。

- (1) 下線部(a)に関して、可視光で観察できる構造物の大きさに限界(optical spatial resolution)があるのは何故か。
- (2) 下線部(a)と(b)に関して、それぞれの欠点を克服する(resolve the problems)ために開発された顕微鏡はどれか最も適切なものを(ア)～(ウ)から1つずつ選びその記号を記入しなさい。また、どのような原理に基づきどのような工夫(theory of the device)がされているか述べなさい。
- (3) (2)の(b)に対する工夫をして透明な構造物が見えるようになったとしても、その構造物が何であるかは特定できない(identify)。さらに、どのような工夫が必要だろうか。
- (4) 下線部(c)に関して、あるタンパク質分子(protein molecule)や小胞が、直径(diameter)が $10\mu\text{m}$ の扁平な細胞(a flatten cell)の中心から細胞の境界膜表面(細胞の上面や基底ではない)まで移動するのにかかる時間を求めなさい。計算結果のみ単位とともに答えなさい。ただし、タンパク質分子と小胞の拡散係数をそれぞれ、 $5\times 10^{-7}\text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $5\times 10^{-8}\text{ cm}^2/\text{s}$ とする。
- (5) 下線部(d)に関して、もし小胞が軸索中をブラウン運動によって移動するとすれば、 10cm の長さの軸索を端から端まで移動するには、どれくらい時間がかかるか。またそのときの速さを見積もれ。
- (6) (5)で計算した運動の速さと下線部(d)にある速さを比べて、ブラウン運動だけで神経末端(nerve terminal)で必要な物質を輸送していたらどのようなことがおこるだろうか答えなさい。
- (7) (6)に反して、実際には軸索にはどのようなしくみがあると考えられるか分子の名称を交えながら具体的に議論しなさい。

2018年9月・2019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

次の各問いについて、解答用紙の所定欄内に簡潔に解答しなさい。

- (1) 膜貫通タンパク質 (transmembrane protein) のアミノ酸配列 (amino acid sequence) の側鎖 (side chain) の性質にはどのようななどのような特徴が必要か。
- (2) 哺乳類 (Mammal) の赤血球 (red blood cell) はヘモグロビン (hemoglobin) による酸素運搬 (oxygen transport) という仕事に特化するため、核 (nucleus)、ミトコンドリア (mitochondrion)、リボソーム (ribosome) を成熟段階で消失する。それにもかかわらず、120 日程度は生き延びるといふ。ミトコンドリアを消失しているのに、どのようにすれば、細胞に必要なエネルギーを生成できるか。
- (3) 赤血球にミトコンドリアがいつまでも存在していたら、何が起こるか(2)の記述を踏まえて、考えなさい。
- (4) 真核生物 (eukaryote) の細胞内小器官 (organelle) (ア)～(ウ)は、膜 (membrane) によって細胞質 (cytoplasm) から隔てられている。もしもこれらの膜がなかったらどのようなことがおこると思われるか簡単に説明しなさい。
(ア) リソソーム (lysosome)
(イ) 核
(ウ) ミトコンドリア
- (5) 細胞周期 (cell cycle) について、次の言葉を正しい順に並べ矢印記号で時間の流れを図示しなさい。また、1細胞中のDNAの量が最大化する時期はどれか (when the amount of DNA in a cell is maximized) 選びなさい。
[S期, 細胞質分裂期 (cytokinesis), G₀期, G₁期, G₂期, 有糸分裂期 (mitosis)]
- (6) 次の言葉を原核生物 (prokaryote), 真核生物に分類しなさい
[シアノバクテリア (cyanobacteria), ペルオキシソーム (peroxisome), ゾウリムシ (*Paramecium*), 出芽酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*), ピロリ菌 (*Helicobacter pylori*), マイコプラズマ (*Mycoplasma*), バクテリオファージ (bacteriophage), シロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*)]
- (7) 人間の脳の重量 (weight of human brain) は2%ほどであるのに、身体全体の20%ものエネルギーを消費する (consume energy) といふ。神経細胞 (nerve cell) の性質を踏まえ、主に細胞のどのような活動にエネルギーが使われていると考えられるか議論しなさい。

2018年9月・2019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

以下の文章を読み、問いに答えよ。

線虫 *Caenorhabditis elegans* は細胞数が少なく、全細胞系譜 (cell lineage) が解明され、分子遺伝学 (molecular genetics) が使える代表的なモデル生物 (model organisms) (1) の一つである。

行動 (behavior) のメカニズムを解析するため、*C. elegans* を用い、ある行動に関する変異体をスクリーニングした (screening of mutants on a certain type of behavior) (2)。得られた行動変異体 x の原因遺伝子は機能の不明な 500 アミノ酸からなる蛋白質 X をコードしており、70 番目のコドンが終始コドンに変化していた。 x 遺伝子 mRNA の発現を野生型と変異体で比較 (comparison of x mRNA expression levels in the wild type and mutant strains) (3) したところ、変異体での x mRNA の発現は野生株 mRNA の 1/10 以下になっていた (x mRNA level was reduced in the mutant strain to 10% of that in the wild type strain) (4)。

機能未知 (unknown function) であるため、X 蛋白質の機能解析の一助として酵母 two-hybrid 系 (Yeast two-hybrid system) (5) を用いて [A] をスクリーニングした。このために *C. elegans* の cDNA ライブラリ (cDNA library) (6) を新たに作成した。

問 1. 下線部(1)に関して、バクテリア、真核単細胞、高等植物の代表的な分子遺伝学のモデル生物をあげよ (和名, 学名, 利点, 注意点など)。Describe each representative model organisms used for molecular genetic studies in bacteria, unicellular eukaryotes, and higher plants.

問 2. 下線部(2)に関して、変異体をスクリーニングする際、分子遺伝学ではランダムな突然変異を導入する手法がいくつか知られている。この実験に関わらず、代表的なもの (原理が出来るだけ異なる手法) を三種類あげよ。Describe three representative methods to introduce random mutagenesis onto model organisms.

問 3. 下線部(3)に関して、細胞から抽出した RNA から mRNA をより分けるためにはどのような実験操作を行えばよいか。Describe an experimental method to enrich mRNAs from total RNA extracted from cells.

問 4. 下線部(3)に関して、特定の mRNA (全 mRNA ではなく) の発現プロファイルを比較するための手法を二つあげよ。Describe two representative methods to investigate expression profiles of a certain mRNA.

問 5. 下線部(4)に関して、この結果から、 x 遺伝子の発現制御に関して示唆されることはなにか (必要に応じ、結論できることと示唆されることとを厳格に分別して書くこと)。From the result shown in the text (4), describe how you interpret about gene regulation on x gene expression.

問 7. 下線部(5)に関して、酵母 two-hybrid 法の概略を述べよ。Describe outline of the yeast-hybrid system.

問 8. 空欄 [A] に当てはまる最も適当な用語を書きなさい。Fill in the blank [A] with the most appropriate words.

問 9. 下線部(6)に関して、cDNA ライブラリとは何か。定義と調整の概略を述べよ。Describe the definition of and an outline to prepare a cDNA library.

2018年9月・2019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**

以下の文章を読み、質問に答えよ。

生命科学の技術革新には、安全性・倫理への配慮 (concerning about safety and ethical issues) が不可欠である。たとえば、iPS細胞の登場は、ES細胞に対してある種の倫理的問題を解決するものとして歓迎された (iPS cell technology is thought to solve a problem discussed on ES cells) (1)。一方で、iPS細胞にも実際の臨床応用に当たっては、新たな倫理的課題が提起されている (possible ethical consideration of application of iPS cells) (2)。

古典的には、1970年代に遺伝子工学の基礎的な技術 (basic technology for genetic recombinations) (3)が登場した際、研究者たちはその安全な運用ルールを話し合うために一時研究を自主的に停止し、1974年と1975年の2回にわたって会議 (アシロマ会議, Asilomer meeting) を招集した。激論の末にたどり着いた解決策の一つは、生物学的封じ込め (biological enclosure) (4)であった。その後、生物学的封じ込めと物理的封じ込め (physical enclosure) (5) の二つを軸とする米国立衛生研究所 (NIH) のガイドラインが制定され、本格的な遺伝子工学の時代を導いた。現在の日本では、遺伝子操作は生物多様性条約 (Convention on Biological Diversity) に基づく「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」 (Law Concerning the Conservation and Sustainable Use of Biological Diversity through Regulations on the Use of Living Modified Organisms) (6) によって管理され、研究に従事する者 (学生を含む) はその内容をしっかりと把握し、厳格に運用することが義務付けられている。

近年は、ゲノム編集技術 (genome editing) (7) が開発され、さらにバイオテクノロジーの展開は大きく加速されることになると予想される。そこでも新たな倫理的課題や安全な運用のための配慮 (ethical and safety issues about genome editing) (8) が不可欠と考えられている。

問1. 下線部(1)に関して、iPS細胞がES細胞の倫理的課題をどのように解決すると考えられているのか述べよ。Describe how iPS cell technology is thought to overcome ethical problem raised for ES cell technology.

問2. 下線部(2)に関して、iPS細胞が新たに提起する倫理的課題にはどのようなものがあるか述べよ。Describe newly raised ethical issues raised for iPS cell technology.

問3. 下線部(3)に関して、基本的な遺伝子工学の基盤となるプラスミドDNAの構築に使用される代表的な酵素を2種類あげよ。Write two representative enzymes often used for plasmid constructions.

問4. 下線部(4)に関して、生物学的封じ込めとは何か、簡潔に説明せよ。Describe what biological enclosure means.

問5. 下線部(5)に関して、物理的封じ込めとは何か、簡潔に説明せよ。Describe what physical enclosure means.

問6. 下線部(6)に関して、より一般的に知られるこの法律の慣用名を書きなさい (生物多様性条約の開催都市名を冠する)。Describe the common name of the law, featuring a city name hosting the convention.

問7. 下線部(7)に関して、ゲノム編集技術とはどのような技術か。概要と利点を述べよ。Describe the outline and advantages of genome editing technology.

問8. 下線部(8)に関して、ゲノム編集技術に関して憂慮されている課題とはなにか。Describe societal/ethical/safety issues to be concerned for genome editing technology.