

2022年9月・2023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。
かなら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。

2022年9月・2023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、定義されていない物理量は必要に応じて定義しなさい。

1. x, y 直交座標 (Cartesian coordinates) の点 $(a, 0)$ $(0, a)$ にそれぞれ $2Q$ と $-Q$ の電荷 (electric charge) が配置されている。 (a, a) における電位を 0 にするためには $(0, 0)$ にどのような電荷を配置すればいいのか求めなさい。
2. 静電容量が C_0 である並行平板コンデンサ (capacitor) を別々に V_1, V_2 の電圧 (voltage) で充電した後に並列に接続した (正極同士を接続)。接続後のコンデンサの両端に現れる電位差を求めなさい。また並列接続の前後で変化するエネルギー量を求めなさい。
3. コンデンサの性能を示す指標の一つに耐圧 (voltage proof) がある。どのくらいの印可電圧までコンデンサが利用可能かを示すものである。主にコンデンサに使われる誘電体 (dielectric materials) の絶縁が保たれなくなる電界によって決定される。比誘電率 ϵ_1 、絶縁破壊電界強度 (dielectric breakdown electric field strength) E の物質で満たされた並行平板コンデンサによって耐圧 V で静電容量 C_1 のコンデンサを作製する場合、並行平板の面積 S をどれくらいにする必要があるのかを求めなさい。このコンデンサを 2 つ並列接続したときの耐圧がどう変化するかを求めなさい。また直列接続した場合の耐圧変化についても求めなさい。

2022年9月・2023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

以下の真空中の電磁場に関する問いに答えなさい。なお、真空の誘電率(permittivity of vacuum)を ε_0 、真空の透磁率(permeability of vacuum)を μ_0 としなさい。

1. 任意の座標 $\mathbf{r} = (x, y, z)$ の時刻 t における真空中の電場 (electric field) $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$ と磁束密度 (magnetic flux density) $\mathbf{B}(\mathbf{r}, t)$ が満たすマックスウェルの方程式 (Maxwell's equations) を微分形で書きなさい。
2. 真空中のマックスウェルの方程式より、 $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$ が満たす微分方程式 (differential equation) を求めなさい。
3. 電場が $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = (E_x(z, t), 0, 0)$ と記述される場合、この電場が満たす偏微分方程式を書き、その解は $s = z - \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} t$ を用いて $E_x(s)$ という s の関数で表されることを示しなさい。また、 E_x が s の関数で表されることの物理的意味を説明しなさい。

2022年9月・2023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. 電源の角周波数(angular frequency)を ω [rad/s]とすると、図1の回路について以下の問いに答えよ。虚数単位は j として答えよ。
- (1) 端子(terminal)ab に ω [rad/s]の電源(power source)をつないだ場合の、端子 ab からみたインピーダンス(impedance) Z_{ab} を R , C , ω で表せ。
 - (2) $V_{ab} = V e^{j0}$ とするとき、 V_{cd} を V , R , C , ω を用いて表せ。
 - (3) (2) で V_{cd} は V_{ab} に対し位相(phase)が $\frac{\pi}{2}$ 遅れ(lag)のとき、 ω を R , C を用いて答えよ。また、 V_{cd} の大きさを V を用いて答えよ。

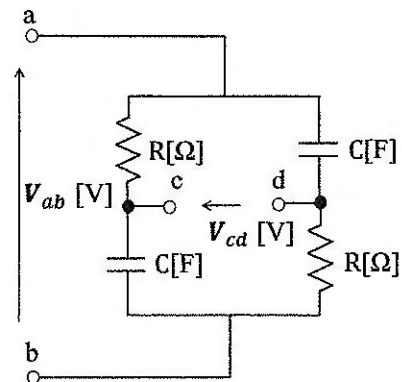


図 1

2. 図2の回路について以下の問いに答えよ。虚数単位は j として答えよ。
- (1) フェーザ(phaser)電流 (current) I_R を V_s , R , L , C , ω を用いて表せ。
 - (2) (1) で V_R の大きさが V_s であった。このときの ω を R , L , C を用いて答えよ。

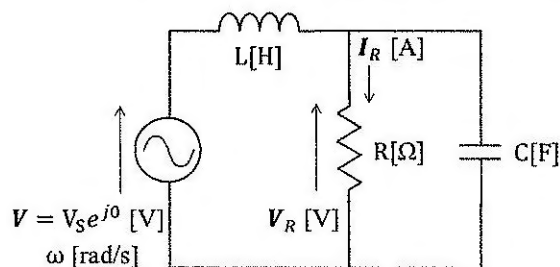


図 2

3. 図3の回路について以下の問いに答えよ。ただし、電流・電圧フェーザの大きさは対応する瞬時値の実効値を表す。
- (1) I_1 , I_2 および I_3 のフェーザ電流を求め極座標(polar coordinate)表現で答えよ。
 - (2) 電源周波数が 50Hz のとき、 I_1 , I_2 および I_3 の瞬時値(instantaneous value) $i_1(t)$, $i_2(t)$ および $i_3(t)$ を答えよ。
 - (3) V を基準とし、電流相互の大きさ(magnitude)や位相(phase)の概略がわかるように I_1 , I_2 および I_3 のフェーザを描画せよ。
 - (4) 電源が供給する有効電力(active power) P [W], 無効電力(reactive power) Q [Var], 皮相電力(apparent power) S [VA]を求めよ。

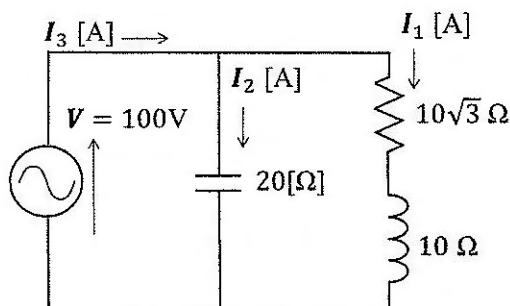
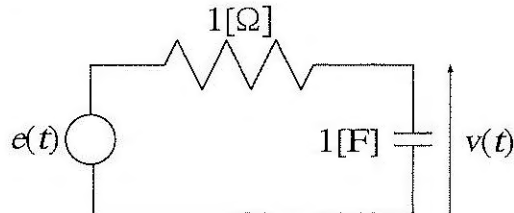


図 3

2022年9月・2023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. 次の RC 回路(circuit)を考える。

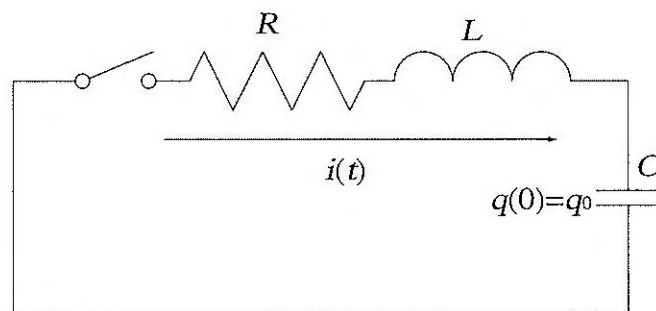
電源電圧(power supply voltage) $e(t)$ [V]は次で与えられているものとする。

$$e(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ \frac{1}{a}, & 0 \leq t < a \\ 0, & a \leq t \end{cases}$$

コンデンサ(capacitor)の初期電荷(initial charge)は零(zero)とする。

- (1) $0 \leq t < a$ における回路方程式(circuit equation)と, $a \leq t$ における回路方程式を求めよ。
- (2) $t \geq 0$ におけるコンデンサの電圧(voltage) $v(t)$ [V]を求めよ。
- (3) $a \rightarrow 0$ とした場合におけるコンデンサの電圧 $v(t)$ [V] を求めよ。

2. 次の RLC 回路を考える。

図の回路で $t = 0$ でスイッチ(switch)を閉じる。コンデンサの初期電荷 $q(0)$ は $q(0) = q_0$ であるものとする。次の(1)～(3)の場合について, $t \geq 0$ におけるコンデンサの電荷 $q(t)$ を求めよ。

- (1) $L = 1[\text{H}], R = 2[\Omega], C = 1[\text{F}], q_0 = 1[\text{C}]$
- (2) $L = 2[\text{H}], R = 0[\Omega], C = 0.5[\text{F}], q_0 = 2[\text{C}]$
- (3) $L = 2[\text{H}], R = 4[\Omega], C = 0.1[\text{F}], q_0 = 2[\text{C}]$

2022年9月・2023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1に示すフィードバック制御系 (feedback control system) を考える。

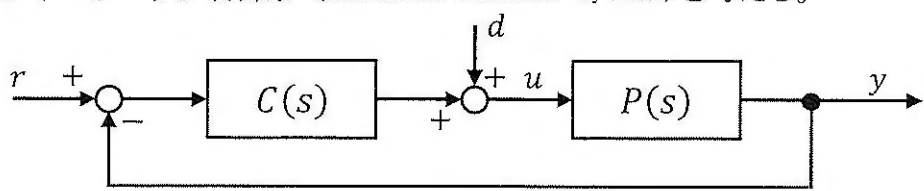


図1

ただし、制御対象(plant) $P(s)$ と制御器(controller) $C(s)$ はそれぞれ

$$P(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1}, \quad C(s) = \frac{K}{s}, \quad K > 0$$

で与えられ、 r を目標値(reference), u を制御入力(control input), d を外乱(disturbance), y を出力(output)とする。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 目標値から出力までの閉ループ伝達関数(closed loop transfer function) $G_{yr}(s)$, 外乱から出力までの閉ループ伝達関数 $G_{yd}(s)$ をそれぞれ求めよ。
- (2) $K=12$ のとき, $G_{yr}(s)$ の極(pole)と零点(zero)を求め, 安定性(stability)を判定せよ。
- (3) 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。
- (4) ナイキストの安定判別法(Nyquist stability criterion)を用いて, 図1に示すフィードバック制御系の内部安定性を判別せよ。

2. 状態空間(state space)表現で与えられる2つのサブシステム(subsystem)

$$S_1: \frac{d}{dt}x_1(t) = -2x_1(t) + u_1(t), \quad y_1(t) = x_1(t), \quad x_1(0) = 0$$

$$S_2: \frac{d}{dt}x_2(t) = -3x_2(t) + u_2(t), \quad y_2(t) = 4x_2(t), \quad x_2(0) = 0$$

を考える。ただし、 $x_1(t), x_2(t)$ はサブシステムの状態(state), $u_1(t), u_2(t)$ はサブシステムの入力(input), $y_1(t), y_2(t)$ はサブシステムの出力(output)である。このとき、図2に示す入力 $u(t)$, 出力 $y(t)$ とする、サブシステム S_1, S_2 が直列に結合された(series-connected)システム S (つまり, $u_1(t) = u(t)$, $u_2(t) = y_1(t)$, $y(t) = y_2(t)$ とする) に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) システム S の状態空間表現を求めよ。ただし、状態は $x(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$ とせよ。
- (2) システム S の可制御性(controllability)と可観測性(observability)を判定せよ。
- (3) システム S の減衰比／減衰係数(damping ratio), 自然角周波数／固有角周波数(natural frequency), および定常ゲイン／直流ゲイン(steady state gain/DC gain)を求めよ。
- (4) システム S のインパルス応答(impulse response)を求めよ。

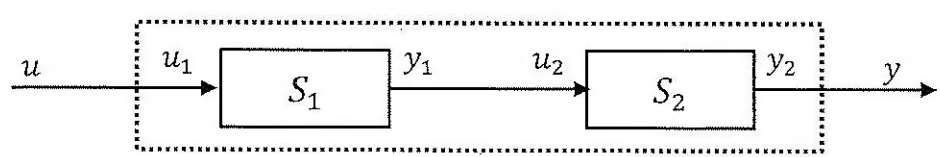


図2

2022年9月・2023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

離散型 (discrete) の確率変数 (random variable) X と Y について以下の間に答えなさい。

1. エントロピー (entropy) $H(X)$, 条件付きエントロピー (conditional entropy) $H(Y|X)$, 同時エントロピー (joint entropy) $H(X,Y)$ の定義を記載しなさい。
2. $H(X,Y) = H(X) + H(Y|X)$ が成立することを証明しなさい。
3. $H(X|Y)$ と $H(Y|X)$ が異なる具体的な例を1つ示しなさい。
4. 実関数 (real-valued function) f に対して, $H(f(X)) \leq H(X)$ が成立することを証明しなさい。また, 等号が成立しない場合の確率変数 X と実関数 f の具体的な例を1つ示しなさい。

2022年9月・2023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**

次の細胞骨格 (cytoskeleton) に関する文章を読み、以下の問について答えなさい。

細胞骨格 (cytoskeleton) として知られるタンパク質線維 (protein filaments) には (a), (b), (c) の3種類ある。(a) と (b) の構成単位は球状のタンパク質 (globular protein) であり、重合 (polymerize) してフィラメント構造 (filament structure) を形成し、(1) その構造には極性 (structural polarity) がある。(2) (a) はその重合と脱重合 (polymerization, depolymerization) の過程において、動的不安定性 (dynamic instability) があることが知られている。(a) の重合 (polymerization) には (d) の加水分解反応 (hydrolysis reaction) が関わり、(b) の重合には (e) の加水分解反応が関わっている。(3) 細胞周期 (cell cycle) においては、(a) は有糸分裂期 (mitotic phase) に、(b) は細胞質分裂 (cytokinesis) に重要な役割を果たす。

問1 (a) ~ (e) に当てはまる適切な単語を答えなさい。ただし、(d) と (e) にはヌクレオチドの名称が入る。

Answer the appropriate words. Answer the name of the nucleotide in (d) and (e).

問2 下線部(1)の性質は、細胞内でどのような機能に寄与しているか、(a) と (b) それぞれについて、1つずつ例を挙げて100文字程度で説明しなさい。

What function does the underlined property (1) contribute to in the cell?

問3 下線部(2)について、(a) の動的不安定性があることで、細胞のどのような機能を実現しているか、事例を挙げて100文字程度で説明しなさい。

Give an example of how dynamic instability enables the cell to function.

問4 下線部(3)において、(b) は細胞周期において、どのような重要な役割を果たすのか、50文字程度で答えなさい。

How does it play an important role in the cell cycles?

注意：問2～問4の説明では、重複しない事例を挙げること。

Note that, in explaining Q.2-4, give examples that are not duplicative.

2022年9月・2023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

問1 次の問題文を読み、(1)～(3)の問題に答えなさい。

タンパク質 (protein) の基本構成要素はアミノ酸 (amino acid) であり、それらが (a) 結合することによって (b) と呼ばれるタンパク質の1次元構造 (one dimensional structure) がつくられる。たとえば、10個のアミノ酸から作られた (b) があったとして、その構成アミノ酸を、(c) 種類あるアミノ酸から任意に選ぶことができるとすれば、(2) 理論的には何通りのポリペプチド鎖をつくることのできるだろうか (How many different polypeptide chains could theoretically be made) ? 実際には、細胞内環境でつくられるタンパク質はその理論値のうちほんのわずかであり、(3) でたためにアミノ酸を配置しても、必ずしも細胞内で機能するタンパク質になるわけではない (Randomly arranging amino acids does not necessarily result in a functional protein.)。

- (1) (a)～(c)に入る適切な語句や数を答えなさい。Answer the appropriate word or number.
- (2) 下線部(2)について、解答欄にその導出過程を簡単に記載し、下線部の質問に答えなさい。
Answer the underlined questions.
- (3) 下線部(3)の内容の理由について100文字程度で解答せよ。Answer the reasons.

問2 次の問題文を読み、(1)～(3)の問題に答えなさい。

細胞膜 (cell membrane) の主たる構成分子 (components) は (a) である。細胞のような(3) 水性環境 (aqueous environment) では、(a) は自発的に集合 (self assembly) して (b) を形成する。それは、(a) が両親媒性分子 (amphiphilic molecule) であるからだ。細胞膜には膜貫通タンパク質 (transmembrane protein) が配置され、それぞれさまざまな機能を持つ。そのタンパク質の膜を貫通する部分は α ヘリックス (alpha helix) を形成していることが多いが、 α ヘリックスの1回膜貫通タンパク質の側鎖の性質 (side chain properties) は主に (c) である。一方、複数回膜貫通タンパク質でできたチャネルタンパク質 (channel protein) の側鎖は(c)と(d)の両方の性質を持つ必要があり、チャネルの内側には(d)の側鎖が並ぶ。

- (1) (a), (b)に入る適切な語句を答えなさい。Answer the appropriate word.
- (2) (c), (d)に入る適切な語句を答えなさい。さらに、その性質を持つ側鎖の種類を次のうちから選びその記号 (A～D) を解答欄に記入しなさい。記入すべき記号は必ずしも一つではない。Answer the appropriate word for (c) and (d), then select the symbol(s) of side chain that has(have) the property.
A: 酸性 acidic, B: 塩基性 basic, C: 非荷電極性 uncharged polar, D: 非極性 nonpolar
- (3) 下線部(3)に関連して、細胞内分子間に働く4つの弱い非共有結合 (または効果) の名称を挙げなさい。また、下線部(3)の現象にとって、最も重要な非共有結合 (または効果) の名称の前に○を付けなさい。Name four weak non-covalent bonds (or effects) acting between intracellular molecules. Mark a circle in front of the most important word for the phenomena.

問3 「細胞」として機能する人工細胞をつくりたい。そのために必要と思われる構成要素を5つ挙げ、それぞれの機能を20文字以内で簡単に説明しなさい。We want to create artificial cells that function as 'cells.' List the five minimum necessary components, then explain the functions.

2022年9月・2023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

5' -GATCCCCGGG-3' という配列の短いオリゴ DNA (X と呼ぶ) を合成した。X に関して、以下の問い(1)-(7) に答えなさい。ただし、実験に先立ち X の 5' 末端には、T4 ポリヌクレオチドキナーゼを用いてリン酸基(phosphate)を付加した。

(1) X と同じ長さの DNA は何通り合成できるか。計算式を含めて答えなさい。ただし、通常使われる塩基以外は使用しないとする。(How many kinds of DNA that have the same length as X can be synthesized using normal deoxyribonucleotides?)

(2) X と相補的な (すべての塩基が対合する) オリゴ DNA の塩基配列を書きなさい。
(Describe the sequence of oligo nucleotides being complementary to X.)

(3) X の末端の GG 部分の化学構造を図示しなさい。ただし、塩基部分の構造は省略してよい。
(Illustrate the part of GG in X. Structures of bases can be omitted.)

(4) X を適切なバッファー条件下で冷却すると、それ自身の一部が対合して 2 量体 L となった。L はどのような構造と考えられるか。
(Illustrate the structure of X dimerized under the appropriate condition.)

(5) 上で生成した L を、酵素 A とある基質 B を加えて、適当なバッファー中でインキュベートしたところ、L が繋がってさまざまな長さの 2 本鎖 DNA (Y とする) が生成した。Y は、どのような DNA と考えられるか。図を書いて説明しなさい。また、A と B は何かを答えなさい。
(The dimerized X [termed L] can be linked together to generate the longer double-stranded DNA products [termed Y] in the presence of an enzyme A and its substrate B. Illustrate the structure(s) of Y and answer names of the enzyme A and substrate B.)

(6) 制限酵素 SmaI は CCCGGG という配列をもつ 2 本鎖 DNA を平滑末端(blunt end)に切断する。また、制限酵素 BamHI は GGATCC という配列をもつ 2 本鎖 DNA を、5' 側に 4 塩基突出した形(5' -overhanging [4 bases] end)で切断する。上で生成した Y を SmaI または BamHI で処理するとどうなるか。それぞれの場合に分けて何が起こるか答えなさい。(DNA に何も起こらない場合は、「何も起こらない」と答えること)
(SmaI and BamHI is restriction enzymes that cut CCCGGG and GGATCC to generate blunt and 4-bases-5' -overhanging ends, respectively. What changes occur after the treatment of Y with either of the two restriction enzymes? Answer "No change" if the enzyme does not give any change.)

(7) (4)-(6) の実験とは別に、X に強い紫外線(UV radiation)を照射し続けたところ、ヒトの皮膚で頻繁に見られる塩基部分の構造変化が観察された。X のうちのどの部分がどのように変化したと考えられるか。また、ヒトの皮膚ではこの変化はどのような応答を引き起こすか。
(Strong UV radiation induced structural changes of bases in X as often seen in the UV-irradiated human skin. Answer the structural changes occurred in X and the resultant biological responses that occur in the UV-irradiated human skin.)

2022年9月・2023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

次の5つについて、それぞれ図を描いて3行以上で説明しなさい。

(Illustrate each of the following 5 words and describe it with 3 or more lines.)

- (1) リボザイム(ribozyme)
- (2) 真核細胞(eukaryotic cell)と原核細胞(prokaryotic cell)の mRNA の違い
- (3) ゲノム編集(genome editing)
- (4) RNA 干渉(RNA interference)
- (5) 翻訳の仕組み(Mechanism of translation)

受験番号					
氏 名					

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

No.

1	/	10
---	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	1	科目名	電磁気学 (その1)
---------	---	-----	------------

受験番号					
氏 名					

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

No.

2	/	10
---	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	2	科目名	電磁気学（その2）
---------	---	-----	-----------

受験番号					
氏 名					

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

No.

3	/	10
---	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可	選択	問題番号	1	科目名	回路理論（その1）

受験番号					
氏 名					

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

No.

4	/	10
---	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可

選択	問題番号	2	科目名	回路理論 (その2)
----	------	---	-----	------------

受験番号					
氏 名					

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

No.

5	/	10
---	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	1	科目名	情報工学（その1）
---------	---	-----	-----------

受験番号					
氏 名					

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

No.

6	/	10
---	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	2	科目名	情報工学（その2）
---------	---	-----	-----------

受験番号					
氏 名					

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

No.

9	/	10
---	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可

選択	問題番号	1	科目名	分子生物学(その1)
----	------	---	-----	------------

(1)

式： _____ 答え： _____ 通り

(2)

(3)

(4)

(5)

Yの図と説明：

A： _____ B： _____

(6)

SmaI 処理の場合：

BamHI 処理の場合：

(7)

Xの変化：

ヒト皮膚における応答：

受験番号					
氏 名					

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

No.

10	/	10
----	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可	選択	問題番号	2	科目名	分子生物学(その2)
-----------	----	------	---	-----	------------

(1) リボザイム(ribozyme)

(2) 真核細胞(eukaryotic cell)と原核細胞(prokaryotic cell)の mRNA の違い

(3) ゲノム編集(genome editing)

(4) RNA 干渉(RNA interference)

(5) 翻訳の仕組み(Mechanism of translation)