

大学院入学試験参考問題（日本語・英語）

Sample Questions of the Graduate School Entrance Examination

(Japanese / English)

九州大学

大学院芸術工学府芸術工学専攻

未来共生デザインコース

Design Futures Course

Department of Design, Graduate School of Design

Kyushu University

2021 年 7 月

July 2021

未来共生デザインコース
Design Futures Course

目次
Contents

専門科目
Specialized Fields

数理生命情報学	Mathematics, Biology and Computer Science	pp.3-29
デザイン・アート実践論	Theory of Art and Design Practice	pp.30-34
文化環境論	Culture and Environment	pp.35-41

数理生命情報学

Mathematics, Biology and Computer Science

数理生命情報学

(13 枚中 1 枚目)

.....

[1] は**必答問題**です。(60 点)

さらに、[2]～[9] の中から **4 題を選択して**答えなさい。(各 35 点)

数理生命情報学

(13 枚中 2 枚目)

.....

[1]

次の 20 の語の中から 4 語を選び、それぞれ説明せよ。

- (1) PCR 法
- (2) コドン
- (3) (略)
- (4) (略)
- (5) (略)
- (6) (略)
- (7) (略)
- (8) (略、以上生物学用語)
- (9) テイラー展開
- (10) 正規分布
- (11) (略)
- (12) (略)
- (13) (略)
- (14) (略)
- (15) (略)
- (16) (略、以上数学用語)
- (17) 論理回路
- (18) 再帰関数
- (19) (略)
- (20) (略、以上情報科学用語)

数理生命情報学

(13 枚中 3 枚目)

.....

[2]

x の関数 $f(x) = e^x \cdot \log x$ について、その第 n 次導関数を $f^{(n)}(x)$ とかく。以下の問題に答えよ。

(1) $f^{(1)}(x), f^{(2)}(x)$, を求めよ。

(2) 正の整数 n について以下の等式が成り立つことを証明せよ。

$$f^{(n+1)}(x) = f^{(n)}(x) + \frac{d^n}{dx^n} \left(\frac{e^x}{x} \right)$$

(3) $f(x)$ を点 1 のまわりでテイラー展開し、 $(x - 1)$ の 4 次の項までをかけ。(2) の等式を用いてもよい。

数理生命情報学

(13 枚中 4 枚目)

[3]

アライグマは複数のねぐらを持つことが知られている。今あるアライグマはねぐら X と Y をもつ。 n 日目にこのアライグマがねぐら X, Y で寝る確率をそれぞれ x_n, y_n とする。 2×2 行列 A を用いて以下の式が与えられているとする。

$$\begin{pmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix}$$

$A = \begin{pmatrix} 0.8 & 0.3 \\ 0.2 & 0.7 \end{pmatrix}$ とするとき、次の各問に答えよ。

- (1) A の固有値 λ_1, λ_2 と、それぞれの固有値に対応する大きさ 1 の固有ベクトル $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2$ をもとめよ。
- (2) 固有ベクトルの線形結合によって、1 日目の確率 x_1, y_1 が

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} = k_1 \mathbf{v}_1 + k_2 \mathbf{v}_2$$

と表されるとき、2 日目の確率 x_2, y_2 は

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} = k_1 A \mathbf{v}_1 + k_2 A \mathbf{v}_2$$

と表される。任意の行列 X とその固有値 λ および固有ベクトル \mathbf{v} は $X\mathbf{v} = \lambda\mathbf{v}$ という等式を満たすことに注意して、 $\begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix}$ を k_1, k_2 を使って表わせ。

- (3) $n \rightarrow \infty$ のとき、 $\begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix}$ の収束値を求めよ。

数理生命情報学

(13 枚中 5 枚目)

[4]

DNA → mRNA →タンパク質という遺伝情報の流れを (a) という。DNA は (b) 種類のヌクレオチドが重合した物質である。DNA は、細胞内では核に主に存在するが、細胞小器官である (c) や (d) にも存在する。mRNA は (e) 種類のヌクレオチドが重合した物質である。タンパク質はアミノ酸が重合した物質である。mRNA 配列からタンパク質配列への翻訳は、遺伝暗号表と呼ばれる変換テーブルに基づいて行われる。標準的な遺伝暗号表は、3つの塩基の組である (f) それぞれに対して (g) 種類のアミノ酸または終止 (f) が割りあてられている。

次の各問に答えよ。

- (1) 文章中 (a) から (g) に入る最も適切な語または数字を記せ。
- (2) DNA が (c) や (d) にも存在することから予想された、細胞の進化に関する仮説を述べよ。
- (3) タンパク質の名前を1つあげ、その機能を述べよ。
- (4) DNA と mRNA はどちらが安定な物質であるか？その事実を踏まえて、DNA と mRNA の役割についてそれぞれ記せ。
- (5) DNA → mRNA →タンパク質という反応が起こる以前は RNA ワールドという RNA 中心の自己複製系があったのではないかという仮説がある。この仮説の根拠となる事実を1つ述べよ。
- (6) 遺伝暗号表はすべての生物において似ている。この事実から推定されることを述べよ。

数理生命情報学

(13 枚中 6 枚目)

[5]

分子遺伝学の手法に関する以下の問に答えなさい。

- (1) 以下の a～f の操作は、植物の幼葉からゲノム DNA を抽出する手順を示している。例のような表記で正しい操作手順に並べ替えなさい（例：a → f → e → d → c → b）。

- a 凍結した幼葉をすりつぶす。
- b 水を加え混合する。
- c エタノールを加え混合する。
- d 遠心分離し、上澄み液を捨てる。
- e 界面活性剤や塩化ナトリウムなどが入った溶液を加え混合する。
- f 遠心分離し、上澄み液を回収する。

- (2) ゲノム DNA を鋳型 DNA として、ある遺伝子の長さ 200bp の DNA 領域と、長さ 400bp の DNA 領域を PCR 法により、それぞれ別のチューブで増幅した。PCR サイクルとして、A と B の 2 通りを用い、どちらの長さに対しても A と B を別のチューブで反応させた。鋳型 DNA の量はどのチューブでも同じとした。さらに、別チューブにおいて、鋳型 DNA の代わりに精製水を入れるが、他の試薬はその他のチューブと同じとし、B の PCR サイクルを行った。その結果、5 つの PCR 反応液を得た。

< PCR サイクル A >

- ステップ 1： 95 °C, 1 分
- ステップ 2： 95 °C, 10 秒
- ステップ 3： 55 °C, 10 秒
- ステップ 4： 72 °C, 10 秒

ステップ 2～4 回を 15 回繰り返す。

< PCR サイクル B >

- ステップ 1： 95 °C, 1 分
- ステップ 2： 95 °C, 10 秒
- ステップ 3： 55 °C, 10 秒
- ステップ 4： 72 °C, 10 秒

ステップ 2～4 回を 20 回繰り返す。

PCR 産物を確認するため、アガロースゲル電気泳動を行い、図 1 に示す泳動像を得た。どのレーンでも等量の PCR 産物が泳動された。

得られた電気泳動像の 1～4 の各レーンにおける PCR 産物の長さ (200bp または 400bp) と実施した PCR サイクル (A または B) を答えなさい。

- (3) (2) に示す電気泳動像のレーン 5 では、鋳型 DNA の代わりに精製水を入れたが、その他の試薬はその他のレーンと同じである PCR 反応液を泳動した。このような操作を行う実験上の意義について説明しなさい。
- (4) プライマーを新たに設計し、300bp の長さの DNA 領域について (2) に示した PCR サイクル B で PCR 増幅し電気泳動を行ったところ、はっきりとしたバンドが得られず、200–500bp 全体にぼやけたバンドが現れた。目的の PCR 産物を得るためには、PCR サイクルにおいて何番目のステップをどのように変えるとよいと考えられるかを説明しなさい。
- (5) DNA 抽出および DNA の電気泳動の原理に共通して利用されている、DNA の性質を説明しなさい。

数理生命情報学

(13 枚中 7 枚目)

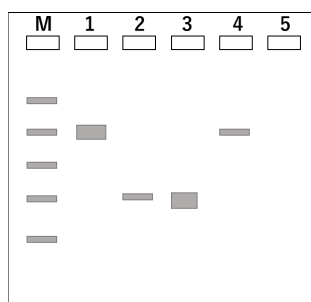


図 1 電気泳動像。M と記されたレーンでは、100bp, 200bp, 300bp, 400bp, 500bp の長さの DNA 断片が混合されたマーカー DNA を泳動した。泳動は、レーンの番号が示されているゲルの上側がマイナス極、下側がプラス極で行った。

数理生命情報学

(13 枚中 8 枚目)

[6]

表 1 および 2 の 6 つの RNA 塩基配列は、ヒトやコウモリを宿主とする 3 つのコロナウィルス系統 (SARS-CoV-2、Bat-CoV-RaTG13、Bat-CoV-BM48) のゲノム配列のうち、宿主細胞表面の受容体と結合するスパイクタンパク質をコードする *S* 遺伝子と、ウィルスゲノムと結合するヌクレオカプシドタンパク質をコードする *N* 遺伝子について、系統間で相同な一部分 (24 塩基) をコドンごとに示している^{*1}。

表 1 各系統における *S* 遺伝子の一部分の配列

SARS-CoV-2	5'-GGU AAU UAU AAU UAC CUG UAU AGA UUG UUU-3'
Bat-CoV-RaUG13	5'-GGU AAU UUU AAC UAU CUU UAC CGU CUC UUU-3'
Bat-CoV-BM48	5'-AGU UCC AAC GAA UUC UUU UAC AGG AGA UUC-3'

表 2 各系統における *N* 遺伝子の一部分の配列

SARS-CoV-2	5'-CGU CGG CCC CAA GGU UUA CCC AAU AAU ACU-3'
Bat-CoV-RaUG13	5'-CGU CGG CCU CAA GGU UUA CCC AAU AAU ACU-3'
Bat-CoV-BM48	5'-AGA AGA CCG CAA GGC CCU CCU AAC AAC ACA-3'

これらの配列について以下の問に答えよ。

- (1) 6 つの RNA 塩基配列がタンパク質に翻訳されると、それぞれどのようなアミノ酸配列になるかを答えなさい。ただし、ヒトやコウモリに感染したコロナウィルスの遺伝子は、表 3 に示す遺伝暗号表に従い正確に翻訳されるものとする。
- (2) 遺伝子ごとに、2 つの系統間 (例えば SARS-CoV-2 と Bat-CoV-BM48) の相同配列の比較で得られる、アミノ酸置換数、塩基置換数、アミノ酸置換数を塩基置換数で割った値 (アミノ酸置換数/塩基置換数) を求め、表 4 の (a)~(r) を埋めなさい。
- (3) (2) で得られた表 4 の数値に基づき、進化の観点から考察されることを述べなさい。

^{*1} SARS-CoV-2 は、ヒトを宿主とし COVID-19 パンデミックを引き起こした系統 (初期に登録された配列を示している) である。Bat-CoV-RaTG13 はアジアに生息するコウモリを宿主とする系統、Bat-CoV-BM48 はヨーロッパに生息するコウモリを宿主とする系統である。

数理生命情報学

(13 枚中 9 枚目)

表 3 遺伝暗号表。灰色のセル中のアルファベットは、一文字によるアミノ酸の略号である。

		2 番目の塩基									
		U		C		A		G			
1 番目の塩基	U	UUU	F	UCU	S	UAU	Y	UGU	C	U	3 番目の塩基
		UUC	F	UCC	S	UAC	Y	UGC	C	C	
		UUA	L	UCA	S	UAA	STOP	UGA	STOP	A	
		UUG	L	UCG	S	UAG	STOP	UGG	W	G	
	C	CUU	L	CCU	P	CAU	H	CGU	R	U	
		CUC	L	CCC	P	CAC	H	CGC	R	C	
		CUA	L	CCA	P	CAA	Q	CGA	R	A	
		CUG	L	CCG	P	CAG	Q	CGG	R	G	
	A	AUU	I	ACU	T	AAU	N	AGU	S	U	
		AUC	I	ACC	T	AAC	N	AGC	S	C	
		AUA	I	ACA	T	AAA	K	AGA	R	A	
		AUG	M	ACG	T	AAG	K	AGG	R	G	
	G	GUU	V	GCU	A	GAU	D	GGU	G	U	
		GUC	V	GCC	A	GAC	D	GGC	G	C	
		GUA	V	GCA	A	GAA	E	GGA	G	A	
		GUG	V	GCG	A	GAG	E	GGG	G	G	

表 4 相同配列の比較

		アミノ酸置換数	塩基置換数	アミノ酸置換数/ 塩基置換数
<i>S</i> 遺伝子	SARS-CoV-2 と Bat-CoV-BM48	(a)	(b)	(c)
	SARS-CoV-2 と Bat-CoV-RaTG13	(d)	(e)	(f)
	Bat-CoV-RaTG13 と Bat-CoV-BM48	(g)	(h)	(i)
<i>N</i> 遺伝子	SARS-CoV-2 と Bat-CoV-BM48	(j)	(k)	(l)
	SARS-CoV-2 と Bat-CoV-RaTG13	(m)	(n)	(o)
	Bat-CoV-RaTG13 と Bat-CoV-BM48	(p)	(q)	(r)

数理生命情報学

(13 枚中 10 枚目)

[7]

以下の問に答えよ。

- (1) ある生態系内の 2 生物種 A と B を考える。種 A の存在が種 B の個体数増加 に対して直接与える影響 $A \rightarrow B$ を、以下のように 3 分類することができる。

- + 種 A がいると、種 B の個体数が増加する
- 0 種 A の存在は、種 B の個体数に直接は影響しない
- 種 A がいると、種 B の個体数が減少する

種 B に種 A が与える影響 $B \rightarrow A$ についても同様である。たとえば種 A が種 B を捕食する関係を考えて、種 A がいると種 B は捕食されて減少するので $A \rightarrow B$ は “-”、種 B がいると種 A は栄養を得て繁殖できるので $B \rightarrow A$ は “+” である。以下の空欄 (a)～(e) にあてはまる記号 (+、0、-) を選べ。

関係	$A \rightarrow B$	$B \rightarrow A$
種 A が種 B を捕食	-	+
種 A と種 B が同じ餌をめぐる競争	-	(a)
種 A が種 B に寄生	(b)	(c)
種 A が種 B に片利共生	(d)	(e)
種 A と種 B が相利共生	(f)	(g)

- (2) 近縁 2 種の鳥 (種 A と種 B) のくちばし厚は遺伝的形質であり、硬い木の実を食べるには厚いくちばしが、柔らかい木の実を食べるには薄いくちばしが適しているという。図 3 に、植生が非常によく似た 3 つの島 1～3 で標本調査した両種個体のくちばし厚の分布を示す。

種 B がいない島 1 の種 A 個体群と、種 A がいない島 2 の種 B 個体群のくちばし厚の分布に大きな違いはなく、いっぽう両種が存在する島 3 では種 A と種 B の平均くちばし厚に差があるようにみえる。もともと島 3 で両種が種分化し、その後、種 B のみが島 2 に侵入したと仮定する。侵入後、どのような選択圧の下どのような進化が種 B に起こったのか、図 3 をもとに考察せよ。論理展開の正しさを評価する。

数理生命情報学

(13 枚中 11 枚目)

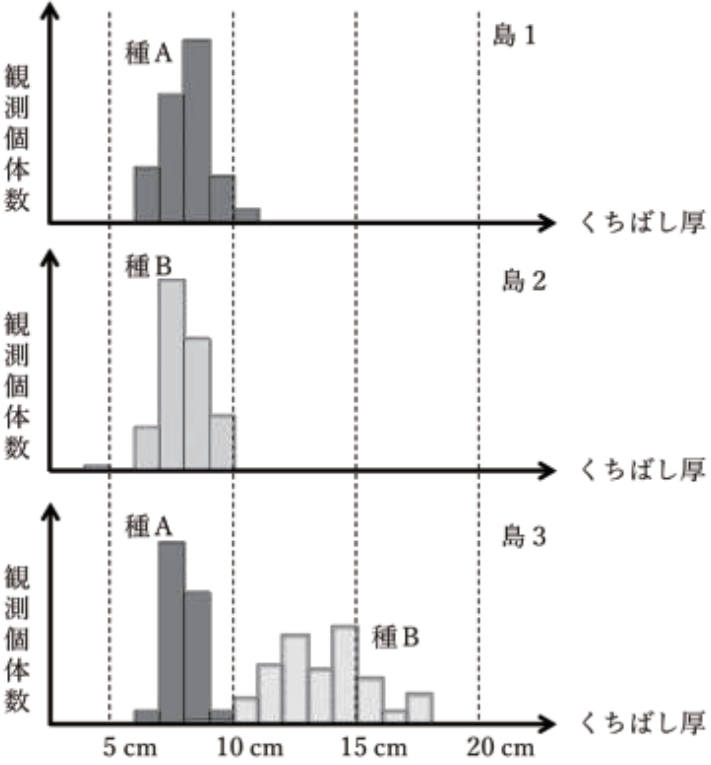


図 2

図 3 くちばし厚の分布

数理生命情報学

(13 枚中 12 枚目)

.....

[8]

次の各問いに答えなさい。

- (1) n を非負整数とする。関数 $\sin(x)$ の n 回微分を求めなさい。
- (2) $\sin(x)$ の原点周りのテイラー級数 $f(x)$ を求めなさい。
- (3) $f(x)$ の x^m の項の係数を C_m とする。 C_m を用いて C_{m+2} を表せ。
- (4) $f(x)$ の第 n 次項までを用いて $\sin(x)$ の近似値を計算するプログラムを記述しなさい。なお、計算プログラムの記述には、python などのプログラミング言語や、疑似プログラミング言語、プログラム構造表記法 (Problem Analysis Diagram, PAD) などを用いてよい。

数理生命情報学

(13 枚中 13 枚目)

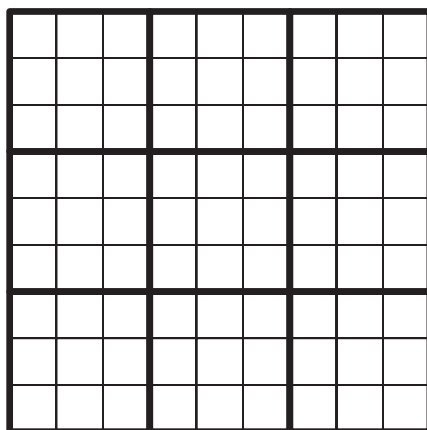
[9]

次の各問いに答えなさい。なお、計算プログラムの記述には、python などのプログラミング言語や、疑似プログラミング言語、プログラム構造表記法 (Problem Analysis Diagram, PAD) などを用いてよい。

- (1) 次の関数 $f(x_0, x_1, \dots, x_{d-1})$ を計算するプログラムを設計せよ。関数の引数 x_i ($i = 0, 1, \dots, d-1$) は実数配列 $x[d]$ で与えられる。指数関数 $\exp()$ 、正弦関数 $\sin()$ 、平方根を返す関数 $\text{sqrt}()$ の 3 関数は与えられているものとして使用してよい。また、実数値 a, b, c は予め与えられているものとする。

$$f(x_0, x_1, \dots, x_{d-1}) = -a \exp \left(-b \sqrt{\frac{1}{d} \sum_{i=0}^{d-1} x_i^2} \right) - \exp \left(\frac{1}{d} \sum_{i=0}^{d-1} |\sin(cx_i)| \right) + a$$

- (2) ナンバープレース (数独) は、各行、各列、そして図の太枠で囲まれた 3×3 の 9 つのブロックのそれぞれに 1 から 9 の各数字を 1 個ずつ配置しなければならない (図 4 参照)。このゲームの解答が配列 $\text{buf}[9][9]$ で与えられているとき、これが正しい解答であるか否かを判定するプログラムを設計せよ。

図 4 ナンバープレースの 9×9 のマス目

Question [1] is **compulsory** (60 Points).

In addition, select and answer **four questions** from among [2] through [9] (35 points each).

[1]

Select four of the following 20 words and describe them.

- (1) PCR method
- (2) Codon
- (3) (omitted)
- (4) (omitted)
- (5) (omitted)
- (6) (omitted)
- (7) (omitted)
- (8) (omitted, this and the above are biological terms)
- (9) Taylor expansion
- (10) Normal distribution
- (11) (omitted)
- (12) (omitted)
- (13) (omitted)
- (14) (omitted)
- (15) (omitted)
- (16) (omitted, this and the above are mathematical terms)
- (17) Logic circuit
- (18) Recursive function
- (19) (omitted)
- (20) (omitted, this and the above are computer science terms)

[2]

For the function of x , $f(x) = e^x \cdot \log x$, the n th derivative is $f^{(n)}(x)$. Answer the following questions:

- (1) Find $f^{(1)}(x)$ and $f^{(2)}(x)$.
- (2) Verify that the following equation holds for the positive integer n :

$$f^{(n+1)}(x) = f^{(n)}(x) + \frac{d^n}{dx^n} \left(\frac{e^x}{x} \right)$$

- (3) Use a Taylor expansion for $f(x)$ around point 1 and multiply by the fourth order term in $(x - 1)$. Equation in (2) may be used.

[3]

Raccoons are known to have multiple dens. A raccoon sleeps at either of two locations, X or Y. Let x_n and y_n be the probabilities that the raccoon will sleep at location X or Y on n th day, respectively. We assume the following difference equation,

$$\begin{pmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix},$$

where the transition matrix is

$$A = \begin{pmatrix} 0.8 & 0.3 \\ 0.2 & 0.7 \end{pmatrix}.$$

Answer the following questions.

- (1) Find the eigenvalues of A , i.e., λ_1, λ_2 , and the eigenvectors with a length of 1 corresponding to the eigenvalues, $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2$.
- (2) The linear combination of eigenvectors can represent the probability of the first day, x_1, y_1 , as follows:

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} = k_1 \mathbf{v}_1 + k_2 \mathbf{v}_2.$$

Thus, the probability of the second day, x_2, y_2 can be written as

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} = k_1 A \mathbf{v}_1 + k_2 A \mathbf{v}_2.$$

Express $\begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix}$ using k_1, k_2 . Note that any matrix X and its eigenvalue λ and eigenvector \mathbf{v} satisfy $X\mathbf{v} = \lambda\mathbf{v}$.

- (3) Find the limit of $\begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix}$, when $n \rightarrow \infty$.

Mathematics, Biology and Computer Science

5 / 13

[4]

The genetic information is transmitted from DNA to proteins through mRNA. This transmission is called (a) . (b) kinds of nucleotides polymerize DNA. DNA generally exists in the nucleus of eukaryotic cells. In addition, (c) and (d) , which are members of the organelles possess DNA. (e) kinds of nucleotides polymerize mRNA as well as DNA. Proteins consist of amino acids. The translation of an amino acid sequence from an mRNA sequence is conducted based on a genetic code table. The standard genetic table links (f) , which is a combination of three nucleotides, to (g) kinds of amino acids and stops (f) .

Answer the following questions.

- (1) Fill in (a) – (g) with the most appropriate words and numbers.
- (2) Describe the hypothesis regarding the evolution of cells, which is suggested based on the fact that DNA exists in (c) and (d) .
- (3) Provide an example of a protein. Describe its function.
- (4) Which is a more stable material, DNA or mRNA? Describe the role of DNA and mRNA based on such stability.
- (5) In the hypothesis “RNA world,” a self-replication system consisting of mRNA can be dominant before organisms acquire the genetic information flow from the DNA to the protein through mRNA. Describe one of the facts underlying the RNA world hypothesis.
- (6) The genetic table is shared among all organisms. What can be predicted from this fact?

[5]

Answer the following questions about molecular genetics techniques.

- (1) The following operations “a” through “f” describe the procedure for extracting genomic DNA from young leaves. Rearrange the letters and show the correct operating procedure, as in the notation shown in the example $a \rightarrow f \rightarrow e \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b$.

- a Grind frozen young leaves.
- b Add water and mix.
- c Add ethanol and mix.
- d Centrifuge and discard the supernatant.
- e Add a solution containing a surfactant and sodium chloride, and mix.
- f Centrifuge and collect the supernatant.

- (2) You conducted PCR reactions with genomic DNA as a template, and amplified 200 and 400 bp DNA regions of a gene using two PCR cycles, A and B. You conducted PCRs for two regions in different tubes and used separate tubes for the two cycles. You used the same amount of template DNA for all reactions. Furthermore, you conducted an extra PCR reaction with purified water instead of the template DNA (the other reagents were the same as in the other reactions) and cycle B was applied. As a result, you obtained five PCR reaction solutions.

< PCR Cycle A >

Step 1 : 95°C, 1 min

Step 2 : 95°C, 10 s

Step 3 : 55°C, 10 s

Step 4 : 72°C, 10 s

Repeat Steps 2–4, for 15 cycles

< PCR Cycle B >

Step 1 : 95°C, 1 min

Step 2 : 95°C, 10 s

Step 3 : 55°C, 10 s

Step 4 : 72°C, 10 s

Repeat Steps 2–4, for 20 cycles

After the PCR, you conducted agarose gel electrophoresis to check the PCR products and obtained the image (Figure 1). The same amount of PCR product was electrophoresed in all the lanes.

Answer the length (200 bp or 400 bp) and PCR cycle (A or B) of each PCR product electrophoresed on lanes 1 through 4.

- (3) The PCR product obtained by adding purified water instead of template DNA was electrophoresed on lane 5. Explain the experimental significance of doing this operation.
- (4) To amplify the 300 bp DNA region of the gene, you designed new primer pairs and conducted a PCR reaction with the PCR cycle B in (2). Electrophoresis of the PCR product showed a blurred band across the gel region corresponding to 200–500 bp. Explain how and at which step the PCR cycle should be changed to obtain the intended PCR product.
- (5) Describe the property of DNA that is commonly utilized in the principles of DNA extraction and DNA electrophoresis.

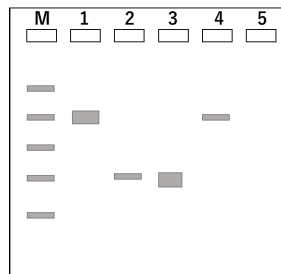


Figure 1: Note that in the lane marked “M,” a DNA sized marker containing 100, 200, 300, 400, and 500 bp DNA fragments was electrophoresed. The electrophoresis applied on the upper side where the lane numbers are shown has a negative polarity and the lower side of the gel has a positive polarity.

[6]

The following six RNA sequences (Tables 1 and 2) show, codon-by-codon, the portions (24 bases) of the genome sequences of three coronavirus strains (i.e., SARS-CoV-2, Bat-CoV-RaTG13, and Bat-CoV-BM48¹) that are homologous among the strains for the *S* gene, which encodes a spike protein binding to the receptors on the host cell surface, and the *N* gene, which encodes a nucleocapsid protein that binds to the viral genome.

Table 1: Sequence of a portion of the *S* gene in each strain

SARS-CoV-2	5'-GGU AAU UAU AAU UAC CUG UAU AGA UUG UUU-3'
Bat-CoV-RaUG13	5'-GGU AAU UUU AAC UAU CUU UAC CGU CUC UUU-3'
Bat-CoV-BM48	5'-AGU UCC AAC GAA UUC UUU UAC AGG AGA UUC-3'

Table 2: Sequence of a portion of the *N* gene in each strain

SARS-CoV-2	5'-CGU CGG CCC CAA GGU UUA CCC AAU AAU ACU-3'
Bat-CoV-RaUG13	5'-CGU CGG CCU CAA GGU UUA CCC AAU AAU ACU-3'
Bat-CoV-BM48	5'-AGA AGA CCG CAA GGC CCU CCU AAC AAC ACA-3'

Answer the following questions about these sequences.

- (1) Answer the translated amino acid sequences from the six RNA sequences. You can assume that the genes of coronaviruses that infect humans and bats are accurately translated based on the genetic code presented in Table 3.
- (2) For each gene, count the number of amino acid substitutions and the number of base substitutions between two strains (e.g., SARS-CoV-2 and Bat-CoV-BM48), and calculate the ratio of the number of amino acid substitutions to numbers of base substitutions (number of amino acid substitutions/numbers of base substitutions), and fill in (a)–(r) of Table 4.
- (3) Based on the values in Table 4 obtained in (2), describe what is considered from the perspective of evolution.

¹Note that SARS-CoV-2 is the strain that caused the COVID-19 pandemic in humans (early registered sequences are shown), Bat-CoV-RaTG13 is the strain that infects Asian bats, and Bat-CoV-BM48 is the strain that infects European bats.

Mathematics, Biology and Computer Science

Table 3: Genetic Code. The letters in the gray cells are single-letter abbreviations for amino acids.

		2nd base									
		U		C		A		G			
1st base	U	UUU	F	UCU	S	UAU	Y	UGU	C	U	3rd base
		UUC	F	UCC	S	UAC	Y	UGC	C	C	
		UUA	L	UCA	S	UAA	STOP	UGA	STOP	A	
		UUG	L	UCG	S	UAG	STOP	UGG	W	G	
	C	CUU	L	CCU	P	CAU	H	CGU	R	U	
		CUC	L	CCC	P	CAC	H	CGC	R	C	
		CUA	L	CCA	P	CAA	Q	CGA	R	A	
		CUG	L	CCG	P	CAG	Q	CGG	R	G	
	A	AUU	I	ACU	T	AAU	N	AGU	S	U	
		AUC	I	ACC	T	AAC	N	AGC	S	C	
		AUA	I	ACA	T	AAA	K	AGA	R	A	
		AUG	M	ACG	T	AAG	K	AGG	R	G	
	G	GUU	V	GCU	A	GAU	D	GGU	G	U	
		GUC	V	GCC	A	GAC	D	GGC	G	C	
		GUA	V	GCA	A	GAA	E	GGA	G	A	
		GUG	V	GCG	A	GAG	E	GGG	G	G	

Table 4: Comparison of homologous sequences

		Number of amino acid substitutions	Number of base substitutions	Number of amino acid substitutions / number of base substitutions
<i>S Gene</i>	SARS-CoV-2 and Bat-CoV-BM48	(a)	(b)	(c)
	SARS-CoV-2 and Bat-CoV-RaTG13	(d)	(e)	(f)
	Bat-CoV-RaTG13 and Bat-CoV-BM48	(g)	(h)	(i)
<i>N Gene</i>	SARS-CoV-2 and Bat-CoV-BM48	(j)	(k)	(l)
	SARS-CoV-2 and Bat-CoV-RaTG13	(m)	(n)	(o)
	Bat-CoV-RaTG13 and Bat-CoV-BM48	(p)	(q)	(r)

Mathematics, Biology and Computer Science

10 / 13

[7]

Answer the following questions.

- (1) Consider two species A and B in an ecosystem. The direct effect of the presence of species A on the population growth of species B, $A \rightarrow B$, can be classified into three categories:

- + The presence of species A increases the population of species B.
- 0 The presence of species A does not directly affect the population of species B
- The presence of species A reduces the population of species B

The same applies to $B \rightarrow A$, which is the effect species A has on species B. With regard to the effect of species A on species B $\rightarrow A$, consider, for example, the relationship in which species A preys on Species B. In such a case, $A \rightarrow B$ is “–” because species B is preyed upon and decreases in the presence of species A, and $B \rightarrow A$ is “+” because species A is nourished and propagates in the presence of species B. Select the symbols (+, 0, –) that apply to the blanks (a)–(e) below.

Relationship	$A \rightarrow B$	$B \rightarrow A$
Species A prey on species B	–	+
Species A and B compete for the same food	–	(a)
Species A parasitizes species B	(b)	(c)
Species A is commensal with species B	(d)	(e)
Species A and B are symbiotic	(f)	(g)

- (2) The beak depth of two closely related birds (species A and B) is a genetic trait, and thick beaks are suitable for eating hard nuts and thin beaks are beneficial for eating soft nuts. Figure 2 shows the distribution of beak depth for both species sampled on three islands, 1–3, with extremely similar vegetation. There is no significant difference in the distribution of beak depth between the species A population of island 1 without species B and the species B population of island 2 without species A. However, on island 3, where both species exist, there seems to be a difference in the average beak depth of both species A and B. Suppose that both species originally differentiated on island 3 and only species B then invaded island 2. Consider what evolution occurred in species B under what selective pressure after the invasion, based on Figure 2. The logical correctness of this argument will be evaluated.

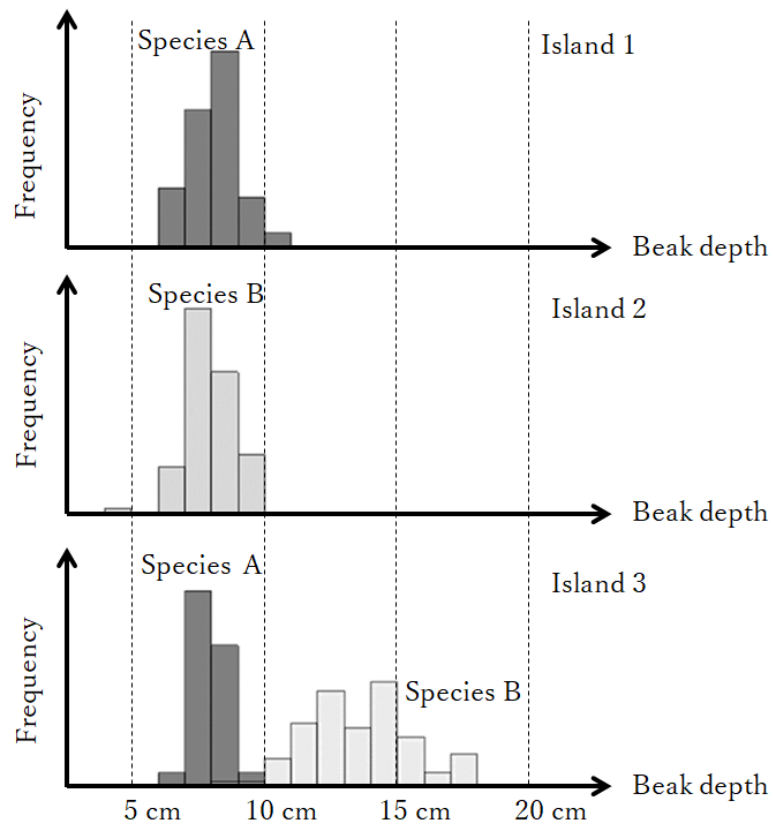


Figure 2: Distributions of beak depth.

[8]

Answer each of the following questions.

- (1) Let n be a non-negative integer. Find the n th derivative of the function $\sin(x)$.
- (2) Find the Taylor series $f(x)$ of $\sin(x)$ with derivatives at the origin.
- (3) Let C_m be the coefficient of the term of x^m of $f(x)$. Express C_{m+2} using C_m .
- (4) Write a program that calculates the approximate value of $\sin(x)$ using up to the term of x^n of $f(x)$.
A programming language such as python, a pseudo-programming language, a program structure notation (a problem analysis diagram, or PAD for short) or the like can be used to write the calculation program.

[9]

Answer each of the following questions. A programming language such as python, a pseudo-programming language, or a program structure notation (a problem analysis diagram, or PAD) can be used to describe the calculation program.

- (1) Design a program that calculates the following function $f(x_0, x_1, \dots, x_{d-1})$. The function argument x_i ($i = 0, 1, \dots, d-1$) is given in real array $x[d]$. The three functions (exponential function $\exp()$, sine function $\sin()$, and square root-returning function $\text{sqrt}()$) can be used as given. In addition, it is assumed that the real values a , b , and c are given in advance.

$$f(x_0, x_1, \dots, x_{d-1}) = -a \exp \left(-b \sqrt{\frac{1}{d} \sum_{i=0}^{d-1} x_i^2} \right) - \exp \left(\frac{1}{d} \sum_{i=0}^{d-1} |\sin(cx_i)| \right) + a$$

- (2) The goal of the game Sudoku is to fill a 9×9 grid with numbers so that each row, column and 3×3 subgrid contain all of the digits between 1 and 9. For an answer given in array `buf[9][9]`, design a program to determine if the given answer is correct.

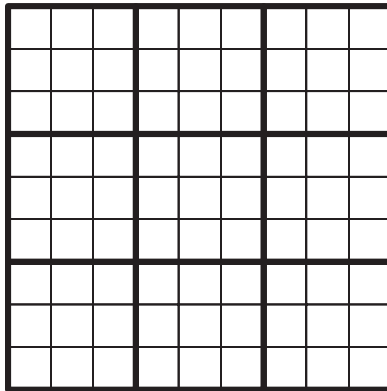


Figure 3: 9 x 9 squares in Sudoku

デザイン・アート実践論

Theory of Art and Design Practice

デザイン・アート実践論

[1] 次の文章を読んで、下記の設問に答えなさい。(100 点)

【下記の例のように、デザイン・アート実践に関する文章が出題されます。
英和辞書（紙媒体）の持ちみは可です。電子辞書は不可。】

私たちの失敗には多くの要因があるが、たぶんもっとも重要な要因のひとつは、専門分化が包括的な思考を妨げることに気づきもせず、この社会が、専門分化こそ成功の鍵だと考えていることだろう。(中略) 大学はすべて、ますます細かく専門分化するように組織化されてきた。専門分化は自然であり、不可避であり、望ましいことだと社会は思い込む。けれど、(中略) すべてを理解し、すべてを統合しようとする欲求。人の生の輝きとして、それ以上のものがあるだろうか？

引用出典: バックミンスター・フラー 著, 芹沢高志 訳『宇宙船地球号操縦マニュアル』株式会社筑摩書房, 2000 年, p.11

- (1) 「専門分化」について上記の文章に対する、あなた自身の考えを所定の回答欄に 1000 字程度で記述しなさい。反対あるいは賛成などの意見やその理由について実践的かつ具体的に述べること。
- (2) 「すべてを理解し、すべてを統合 (する)」について、実践的な具体例をあげながら、あなたの考えを所定の回答欄に 1000 字程度で記述しなさい。

- [2] 下記のデザイン・アート実践に関係する 16 個のキーワード（キーフレーズを含む）から 5 つを選択し、それぞれの解説を所定の回答欄に 500 字程度で記述しなさい。
（100 点）

デザイン思考	人間中心デザイン	ブランディング	社会的包摂
コ・デザイン	ユーザーエクスペリエンスデザイン	ポストモダンデザイン	アーツ・アンド・クラフツ運動
スタイリング	観察	アフォーダンス	ユニバーサルデザイン
光の三原色 （色光の原色）	ダダ（ダダイズム）	ファウンド・オブジェ	ロシア構成主義

A Sample of the Examination
For Design Futures Masters Course, Graduate School of Design

Theory of Art and Design Practice

[1] Read the text provided and answer questions below. (100 marks)

【Texts related to Art and Design Practice will be provided, such as the following example. Paper-based English Japanese dictionaries may be brought in. Electronic dictionaries are not permitted.】

Our failures are a consequence of many factors, but possibly one of the most important is the fact that society operates on the theory that specialization is the key to success, not realizing that specialization precludes comprehensive thinking. ... All universities have been progressively organized for ever finer specialization. Society assumes that specialization is natural, inevitable, and desirable. Yet ... Nothing seems to be more prominent about human life than its wanting to understand all and put everything together.

Quoted source: R. Buckminster Fuller, *Operating Manual for Spaceship Earth*, Lars Müller Publishers GmbH, 2008, pp.24-25

- (1) In approximately 500 words, describe your own thoughts on the above statement on "specialization" in the answer sheet provided. Please give a practical and concrete explanation of your positive or negative views and the reasons for them.

- (2) In approximately 500 words, please describe your thoughts on "understand all and put everything together" in the answer sheet provided, giving practical examples.

- [2] Select five of the following sixteen key words (or key phrases) relating to Art and Design Practice and provide an explanation of each in approximately 250 words in the space provided. (100 marks)

Design Thinking	Human Centered Design	Branding	Social Inclusion
Co-design	User Experience Design	Postmodern Design	Arts and Crafts Movement
Styling	Observation	Affordance	Universal Design
The three primary colours of light (The primary colours of coloured light)	Dada (Dadaism)	Found-object	Russian Constructivism

文化環境論

Culture and Environment

文化環境論

問題Ⅰ

次の文章を読んで、下記の設問に答えなさい。(100 点)

【英語の新聞や雑誌などから、500~1500 語の文章（時事問題、論説等）が出題されます。英和辞書（紙媒体）の持ち込みは可です。電子辞書は不可。】

1) 上記の文章の要旨を要約し、所定の回答欄に記述しなさい。

【回答は 600 字程度の日本語、もしくは 300 語程度の英語を想定。】

2) ○○○について、あなたの考えを記述しなさい。回答用紙 2 枚以内。

【○○○には、出題文で議論されている文言が入ります。回答は 1500~2000 語程度の日本語、もしくは 750~1000 語程度の英語を想定】

問題Ⅱ

以下の 15 個のキーワード（キーフレーズを含む）から 5 つを選択し、次の 2 点について回答しなさい。(100 点)

【キーワードが 15 個列挙されます。各出題分野（デザイン哲学、環境社会デザイン、社会包摂デザイン、教育における多様性、文化政策・アーツマネジメント）から 3 つずつ出題されます。出題内容は下記のキーワードと文献に基づきます。】

① キーワードの意味を、所定の回答欄に記述しなさい。

【回答は 100~200 字程度の日本語、もしくは 50~100 語程度の英語を想定。】

② キーワードに関する現代的課題を論じなさい。回答用紙 1 枚以内。

【回答は 700～1000 語程度の日本語、もしくは 350～500 語程度の英語を想定】

出題内容

「文化環境論」では、以下のキーワードと文献を参考に受験準備をしてください。

■デザイン哲学

[キーワード]

機能主義、意味論、プラグマティズム、技術の人間中心主義、中庸、コンセプト

[文献]

古賀徹編『デザインに哲学は必要か』武蔵野美術大学出版局、2019 年

■環境社会デザイン

[キーワード]

循環型社会、バイオマス、自然エネルギー、プラスチック、環境行動、持続可能性

[文献]

近藤加代子他『循環を地域から見る—自然循環型地域社会デザインに向けて』海鳥社、2010 年

■社会包摂デザイン

[キーワード]

多様性と包摂性、ソーシャルデザイン、共創、ファシリテーション、プロジェクトデザイン、評価

[文献]

大谷尚『質的研究の考え方—研究方法論から SCAT による分析まで』名古屋大学出版会、2019 年

文化庁×九州大学共同研究チーム編『文化事業の評価ハンドブック—新たな価値を社会にひらく』水曜社、2021 年

■教育における多様性

[Keywords]

instructional strategies, independent learning, tiered activities, differentiated learning

[Literature]

Carol Ann Tomlinson (2014), *The differentiated classroom: Responding to the needs of all learners* (2nd edition), Published by Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD)

■文化政策・アーツマネジメント

[キーワード]

文化政策、文化資源、文化支援、アーツマネジメント、アートプロジェクト、ワークショップ、アウトリーチ

[文献]

野田邦弘『文化政策の展開』学芸出版社、2014 年

松本茂章『はじまりのアーツマネジメント』水曜社、2021 年

A Sample of the Examination
For Design Futures Masters Course, Graduate School of Design

Culture and Environment

1. Read the article provided and answer questions below. (100 marks)

【An article from an English newspaper or magazine will be provided. The article may be about 500 to 1500 words. The content of the article may be related to current affairs, editorial, and others. Paper-based English Japanese dictionaries may be brought in. Electronic dictionaries are not permitted.】

i) Write a summary of the above article. Please write the summary in the answer sheet provided.

【Your summary should be about 600 words.】

ii) Write a short essay with respect to X from your perspective. Your essay should be no more than 2 answer sheets.

【X is something that will be discussed in the article provided. Your essay should be between 750-1000 words.】

2. From the keywords given below, select five keywords (or key phrases). For each keyword (or key phrase), provide your answers for (i) and (ii) respectively. (100 marks)

【Fifteen keywords (or key phrases) will be listed in this part of the question. Three keywords (or key phrases) will be provided from each research area (Design Philosophy,

Environment and Society, Design for Education, and Cultural Policy/Arts Management).
The questions below are based on the given keywords (or key phrases).】

i) For chosen keywords (or key phrases), briefly explain each keyword (or key phrase) in the answer sheet provided.

【Your answer for each keyword (key phrases) should be between 50 to 100 words.】

ii) For each keyword (or key phrases), discuss any relevant current issues that may be related to the keyword (key phrase). Please keep your answers to within one answer sheet provided.

【 Your answer for each keyword (key phrases) should be between 350 to 500 words.】

Research Areas and References

Candidates may prepare for the Culture and Environment examination by referring to the following keywords and references.

■Design Philosophy

[Keywords]

functionalism, design semantics, pragmatism, human-centered design, moderation, concept in design

[Recommended reading]

Read books on design epistemology, design ontology, and design ethics.

■Environment and Society

[Keywords]

sound material-cycle society, biomass, renewable energy, plastics, environmental behavior, sustainability

[Recommended reading]

Read books on sound material-cycle society, biomass, and renewable energy. Also see: K. Kondo eds., *For design of natural sound material-cycle from regional perspective*, Kaicho-sha, 2010 (in Japanese).

■Design for Diversity and Inclusion

[Keywords]

diversity and inclusion, social design, co-creation, facilitation, project design evaluation

[Recommended reading]

Read books on qualitative research method. Also see: The Agency for Cultural Affairs & Kyushu University Joint Research Team (2019), *Social Inclusion through Culture and the Arts: A Handbook for Beginners*, and *idem* (2020) *Social Inclusion through Culture and the Arts: A Handbook for Evaluation*, Social Art Lab at Kyushu University.

(<http://www.sal.design.kyushu-u.ac.jp/english/publications.html>)

■Diversity in Education

[Keywords]

instructional strategies, independent learning, tiered activities, differentiate learning

[Recommended reading]

Read: Carol Ann Tomlinson (2014), *The differentiated classroom: Responding to the needs of all learners* (2nd edition), Published by Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD)

■Cultural Policy/Arts Management

[Keywords]

cultural policy, cultural resources, cultural support, arts management, art project, workshop, outreach

[Recommended reading]

Read books on cultural policy, arts management. Also see: Sumiko Kumakura and Art Project Research Group (2015), *An Overview of Art Projects in Japan : A Society That Co-creates with Art*, Arts Council Tokyo.

(https://tarl.jp/wp/wp-content/uploads/2017/01/tarl_output_38-1.pdf)