

修士課程 社会情報学専攻入学者選抜試験問題
(情報学基礎)

Entrance Examination for Master's Program
(Fundamentals of Informatics)
Department of Social Informatics

令和 3 年 7 月 31 日 10:00~12:00
July 31, 2021, 10:00-12:00

【注意】

- ・ 試験開始の合図があるまで中を見てはいけない。
- ・ 問題用紙は表紙を含めて 13 枚である。試験開始後、枚数を確認し、落丁または印刷の不鮮明なものがあれば直ちに申し出ること。
- ・ 問題は 5 題である。このうち 3 題を選択し、解答しなさい。
- ・ 解答用紙の表紙に記載されている注意事項についても留意すること。
- ・ 問題 1 題につき、解答用紙 1 枚を使用すること。解答用紙は裏面を使用しても構わないが、使用する場合は裏面に継続することを明記すること。

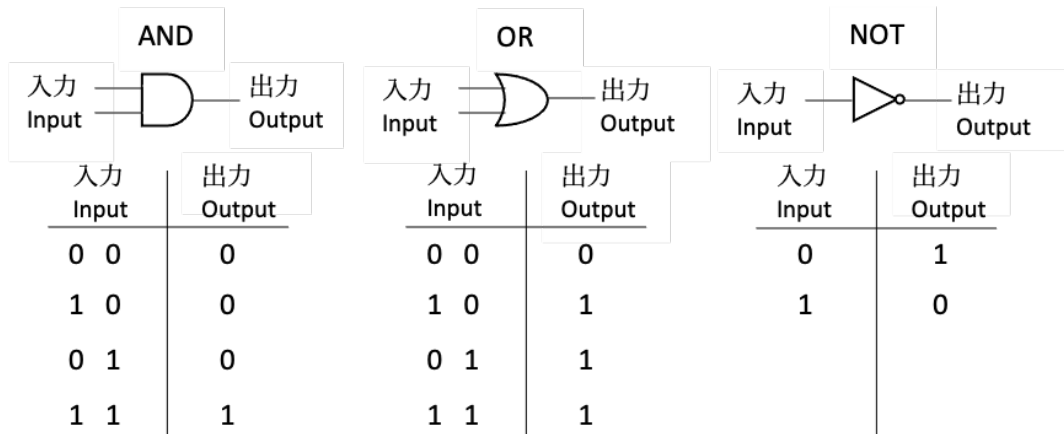
NOTES

- ・ Do not open the pages before the signal to start the examination is given.
- ・ This is the Question Booklet of 13 pages including this front cover. After the examination starts, check that all pages are in order and notify proctors immediately if missing pages or unclear printings are found.
- ・ There are 5 questions. Choose and answer 3 questions in total.
- ・ Carefully read the notes on the front cover of the Answer Sheets, too.
- ・ Use one answer sheet for each question. You may use the reverse side of the sheet, but if you do, be sure to indicate it clearly by writing "See reverse side" at the end of the front side.

問題番号 (Number) 1

(1) AND ゲート, OR ゲート, NOT ゲートの図形表示と入出力値は下に示す通りとなる.

The graphical representation, as well as the input-output tables, of AND, OR and NOT gates, are given below.



以下の問いに答えよ.

Answer the following questions.

(a) これら 3 種のゲートの一つずつ使ったフリップフロップ回路を図示せよ.

Draw a flip-flop circuit that makes use of these 3 gates, one for each.

(b) (a)で示したフリップフロップ回路の仕組みを説明せよ.

Explain the mechanism of the flip-flop circuit you drew for (a).

(2) 3 ビットパターンにパリティビットを加えた 4 ビットパターンが偶数個の 1 を含むようにしたい. 3 ビットを入力値として取り, それに対応するパリティビットを出力する回路を示せ. ただし, 回路中には XOR ゲートのみを使用せよ.

Suppose you would like to add one parity bit to a 3-bit pattern so that the 4-bit pattern contains an even number of 1s. Draw a circuit that takes 3 bits as inputs to output the corresponding parity bit, using only XOR gates.

(3) a, b, c を真か偽の文とする。 (a OR (NOT b)) AND (a OR c) という複合文を考える時、この文と真理値が等しく、長さが一番短い文を、以下のそれぞれの場合についてひとつ示せ。

Suppose each of a, b, and c is a true or false sentence. Given a compound sentence (a OR (NOT b)) AND (a OR c), write down a shortest-length sentence with the same truth value as this sentence for the following cases.

- (a) a が真の時。 When a is true.
- (b) a が偽の時。 When a is false.
- (c) b が真の時。 When b is true.
- (d) b が偽の時。 When b is false.

ただし、下記に留意せよ。

Heed the following conditions in writing down your answers.

- a, b, c, OR, AND, NOT のいずれも、ひとつにつき長さ 1 と仮定する。
The length of each of a, b, c, OR, AND, and NOT shall be 1.
- “(”と“)”の長さは 0 と仮定する。
The length of each of “(” and “)” shall be 0.
- 複合文の長さはその文中に現れるものの長さの単純和とする。
The length of a compound sentence shall be the simple sum of the lengths of its constituents.
- 答えには a, b, c, OR, AND, NOT, “(”, “)”以外のもを含めてはならない。
Only a, b, c, OR, AND, NOT, “(” and “)” may be included in your answers.

問題番号 (Number) 2

参考書「入門 コンピュータ科学 ITを支える技術と理論の基礎知識」(Brookshear 著、神林靖・長尾高弘 翻訳)、第2章演習問題18、19、33から抽出された問題。

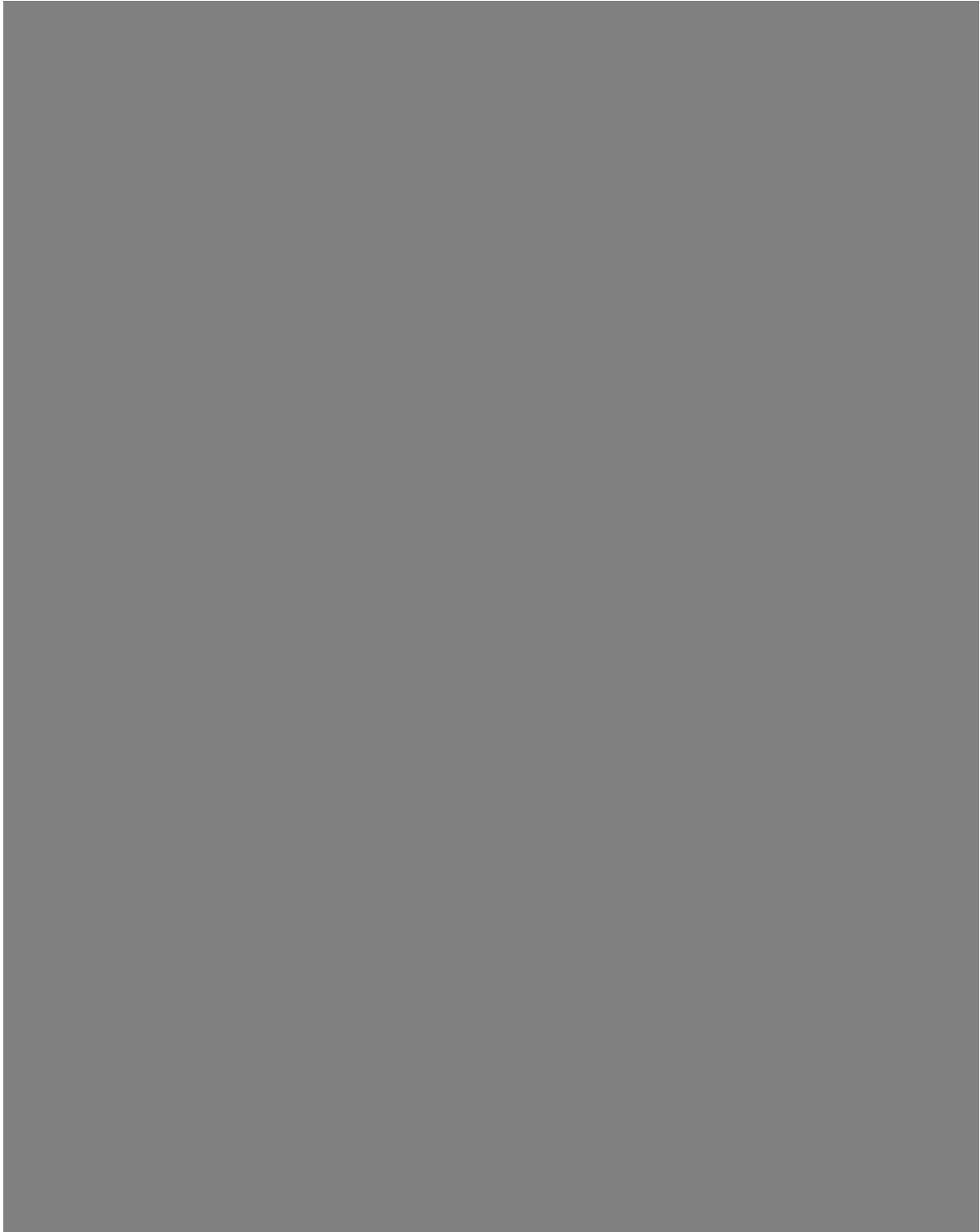
著作権上の理由で非表示

Question extracted from Exercises 18, 19, 33 in Chapter 2 of the reference book "Computer Science: An Overview (12th Edition)" by G. Brookshear, D. Brylow

Not shown due to copyright









問題番号 (Number) 3

ネットワークとインターネットに関する以下の問いに答えよ.

- (1) クライアントサーバモデルとピアツーピアモデルにおいて, それぞれどのようにプロセス間通信が行われるか説明せよ.
- (2) クラスタコンピューティングとグリッドコンピューティング, クラウドコンピューティングの違いを述べよ.
- (3) TCP (Transmission Control Protocol) と UDP (User Datagram Protocol) とは何かそれぞれ説明せよ. また, 信頼性と効率性の観点から, TCP に基づくトランスポート層と UDP に基づくトランスポート層について比較せよ.
- (4) 公開鍵暗号の原理について説明せよ.

Answer the following questions on networking and the Internet.

- (1) Explain how interprocess communication is conducted in the client-server model and in the peer-to-peer (P2P) model, respectively.
- (2) Explain the differences among cluster computing, grid computing and cloud computing.
- (3) Explain what the TCP (Transmission Control Protocol) and the UDP (User Datagram Protocol) are. Then, compare the transport layer based on the TCP and the one based on the UDP from the viewpoints of reliability and efficiency.
- (4) Explain how public-key encryption works.

問題番号 (Number) 4

以下の整列アルゴリズムに関する問いに答えよ.

(1) 挿入法の擬似コードを記述せよ.

(2) バブルソートはよく知られている整列アルゴリズムである. リスト中の隣接する二つの要素を比較して正しい順番に交換していくものである. リストに n 個の要素があるとすると, バブルソートは, 最初 n と $n-1$ の位置にある要素を比較 (そして場合によっては交換) して開始する. そして, $n-1$ と $n-2$ の位置にある要素を比較 (そして場合によっては交換) することを, 最初と 2 番目の位置にある要素まで続ける. このようにすると最小の要素がリストの先頭に送られることに注目してほしい. そしてもう一度同じことを行くと 2 番目に小さな要素が 2 番目の位置に来る. つまり全体で $n-1$ 回の行程をリストに対して実行すると, リスト全体が整列することになる. 以下のバブルソートに関する問いに答えよ.

(a) バブルソートの擬似コードを記述せよ.

(b) バブルソートでプログラムされたマシンが, 100 個の名前のリストを整列するのに平均一秒かかることが分かった. このマシンを利用して 1000 個の名前のリストを整列するのにかかる平均時間を推定せよ.

(c) 最良計算時間, 最悪計算時間と平均計算時間を用いてバブルソートの効率性について説明せよ.

Answer the following questions related to sorting algorithms.

- (1) Write the insertion sort algorithm in pseudocode.

- (2) Another well-known sorting algorithm is the bubble sort. It is based on the process of repeatedly comparing two adjacent entries and interchanging them if they are not in the correct order relative to each other. Suppose there are n entries in the list. The bubble sort would begin by comparing (and possibly interchanging) the entries in positions n and $n-1$. Then, it would consider the entries in positions $n-1$ and $n-2$, and continue moving forward in the list until the first and second entries in the list had been compared (and possibly interchanged). Observe that this pass through the list will pull the smallest entry to the front of the list. Likewise, another such pass will ensure that the next to the smallest entry will be pulled to the second position in the list. Thus, by making a total of $n-1$ passes through the list, the entire list will be sorted. Answer the following questions related to the bubble sort algorithm.
 - (a) Write the bubble sort algorithm in pseudocode.
 - (b) Suppose we find that a machine programmed with the bubble sort algorithm requires an average of one second to sort a list of 100 names. Estimate the average time it takes to sort a list of 1,000 names.
 - (c) Explain the efficiency of the bubble sort algorithm by using the worst-case, best-case, and average time complexity.

問題番号 (Number) 5

データ構造に関する以下の問いに答えよ.

- (1) 配列に関する以下の設問(a) (b)に答えよ.
 - (a) R 行 C 列の配列がアドレス x (基数 10) から行優先順に格納されている. 配列の各要素がメモリセル 1 つだけ必要とするなら, i 行 j 列目の要素のアドレスを求めよ.
 - (b) 3 次元配列を格納するための方法を記述せよ. i 番目の平面, j 番目の行, k 番目の列の要素の場所を示すアドレス多項式を求めよ.
- (2) スタックの一番下の要素だけを取り除き, 他はそのままにする手続きを設計せよ. スタックには, プッシュとポップ演算だけを使用せよ. この問題を解くのに, どのような補助ストレージ構造が必要か. 設計した手続きの擬似コードを記述せよ.
- (3) リストデータを木構造としてメモリに格納するのがふさわしい例を述べよ. 木データをリスト構造としてメモリに格納するのがふさわしい例を述べよ.
- (4) ユーザ定義のデータ型と抽象データ型, クラスはどのように似ているか. どのように異なっているか. 具体例を用いて説明せよ.

Answer the following questions on data structures.

- (1) Answer the following questions (a) and (b) regarding arrays.
 - (a) Suppose an array with R rows and C columns is stored in row major order starting at an address x (base 10). If each entry in the array requires one memory cell, what is the address if the entry is in the i^{th} row and j^{th} column?
 - (b) Describe a method for storing a three-dimensional array. Then, give the formula for finding the address of the entry in the i^{th} plane, j^{th} row, and k^{th} column.

- (2) Design a procedure for removing the bottom entry from a stack so that the rest of the stack is retained. You should access the stack using only push and pop operations. What auxiliary storage structure should be used to solve this problem? Write a pseudocode for the designed procedure.

- (3) Give an example in which you might want to store data of a list as a tree structure in the memory. Give an example in which you might want to store data of a tree as a list structure in the memory.

- (4) How similar are user-defined data types, abstract data types, and classes? How are they different? Use specific examples to explain your answer.

修士課程 社会情報学専攻入学者選抜試験問題
(専門科目)

Entrance Examination for Master's Program
(Specialized Subjects)
Department of Social Informatics

令和 3 年 7 月 31 日 13:00~16:00
July 31, 2021, 13:00-16:00

【注意】

- ・ 試験開始の合図があるまで中を見てはいけない。
- ・ 問題用紙は表紙を含めて 28 枚である。試験開始後、枚数を確認し、落丁または印刷の不鮮明なものがあれば直ちに申し出ること。
- ・ 問題は 22 題である。このうち第一位の志望区分が指定する条件を満足する 3 題を選択し、解答しなさい。志望区分ごとの指定条件を次ページに示した。
- ・ 解答用紙の表紙に記載されている注意事項についても留意すること。
- ・ 問題 1 題につき、解答用紙 1 枚を使用すること。解答用紙は裏面を使用しても構わないが、使用する場合は裏面に継続することを明記すること。

NOTES

- ・ Do not open the pages before the signal to start the examination is given.
- ・ This is the Question Booklet consisting of 28 pages including this front cover. After the examination starts, check that all pages are in order and notify proctors immediately if missing pages or unclear printings are found.
- ・ There are 22 questions. Choose and answer 3 questions in total. The questions you must choose are assigned based on your first-choice application group. The list of conditions is given on the next page.
- ・ Carefully read the notes on the front cover of the Answer Sheets, too.
- ・ Use one answer sheet for each question. You may use the reverse side of the sheet, but if you do, be sure to indicate it clearly by writing "See reverse side" at the end of the front side.

第 1 志望区分の問題選択条件

第 1 志望区分	選択条件
社-1、社-2、社-3、社-5、社-6、社-14	T1～T6 から 3 題
社-8・9	B1～B5 から 3 題
社-10、社-11、社-12	D1～D5 から 3 題
社-13a、社-13b	M1～M6 から 3 題

Questions to be chosen depending on the first-choice application group

First-choice application group	Questions to answer
SI-1, SI-2, SI-3, SI-5, SI-6, SI-14	Select three among T1～T6
SI-8,9	Select three among B1～B5
SI-10, SI-11, SI-12	Select three among D1～D5
SI-13a, SI-13b	Select three among M1～M6

問題番号 (Number): T-1

1. データベースのファイル編成法に関する以下の設問に答えよ.
 - (a) B+ 木とハッシュファイルのそれぞれを図を用いて詳しく説明せよ.
 - (b) B+ 木とハッシュファイルの特徴を両者を比較しながら詳しく説明せよ.
 - (c) あるオンライン商店の顧客に関する次の関係スキーマを考える.

$Customer(\underline{customer_id}, name, sales)$

ここで、属性 $customer_id, name, sales$ は、それぞれ顧客番号、顧客名、購買額を表すものとする。この関係に対し利用者から頻繁に発行される問合せや更新としてはどのようなものが考えられるかを述べ、そのような問合せや更新を高速に処理するためには、この関係のためのファイル編成や索引構造はどのようなものが望ましいか図を用いて説明せよ。

2. 関係スキーマ $R(ABCDE)$ を考える。 R の上には次の四つの関数従属性が成立するものとする。

FD₁: $C \rightarrow D$

FD₂: $AB \rightarrow E$

FD₃: $C \rightarrow A$

FD₄: $AB \rightarrow C$

以下の設問に答えよ。

- (a) 分解法により R を情報無損失分解し、ボイス-コッド正規形 (BCNF) の関係スキーマのみから成る関係データベーススキーマを求めよ。分解の過程を詳しく説明すること。
- (b) 分解法により R を情報無損失分解し、関係データベーススキーマを求めよ。ただし、求めた関係データベーススキーマにおいて、各関係スキーマはボイス-コッド正規形 (BCNF) または第3正規形 (3NF) でなければならない。また、四つの関数従属性 FD₁, FD₂, FD₃, FD₄ のそれぞれは少なくとも一つの関係スキーマで保持されるようにすること。分解の過程を詳しく説明すること。

1. Answer the following questions about file organizations in databases.
 - (a) Give a detailed explanation about B+ tree and hash file using figures.
 - (b) Give a detailed explanation about features of B+ tree and hash file by comparing them.
 - (c) Consider the following relational schema on customers of an online shop.

Customer(*customer_id*, *name*, *sales*)

Here, the attributes, *customer_id*, *name*, *sales*, mean customer id, customer name and the amount of sales, respectively. Describe possible frequently-issued queries and updates against this relation. Furthermore, explain by using figures file organizations and index structures for this relation that are appropriate to accelerate the processing of such queries and updates.

2. Consider a relational schema $R(ABCDE)$. We assume the following four functional dependencies hold on R .

FD₁: $C \rightarrow D$

FD₂: $AB \rightarrow E$

FD₃: $C \rightarrow A$

FD₄: $AB \rightarrow C$

Answer the following questions.

- (a) Decompose R in information lossless manner using the decomposition method, and obtain a relational database schema which includes only Boyce-Codd normal form (BCNF) relational schemas. Give a detailed explanation of your decomposition process.
- (b) Decompose R in information lossless manner using the decomposition method, and obtain a relational database schema. In the obtained relational database schema, each relational schema must be in Boyce-Codd normal form (BCNF) or the third normal form (3NF). Make sure each of the four functional dependencies FD₁, FD₂, FD₃, FD₄ is maintained in at least one of the relational schemas. Give a detailed explanation of your decomposition process.

問題番号 (Number): T-2

機械学習に関する以下の問題(1)~(5)に回答せよ:

- (1) 以下の用語を説明せよ:
「ハイパーパラメータ」「スムージング」「ホールドアウトデータ」
「単純ベイズ分類器」「帰納学習」
- (2) 「パーセプトロン」の学習のアルゴリズムを示せ
- (3) パーセプトロンの学習が収束する場合と収束しない場合を、具体例を挙げて説明せよ。また、収束しない場合にはどのような改良を行うべきか、説明せよ。
- (4) 「モデル」「訓練データ」「仮説空間」の用語を用いて、「一般化」と「オーバーフィッティング」について説明せよ
- (5) 機械学習の諸手法から深層学習を選択すべきなのはどのような場合か、いくつかの利用例を挙げながら議論せよ。少なくとも「特徴量」と「データ量」の論点を議論に含めること。

Answer all the following questions (1)-(5) on machine learning:

- (1) Explain the following terms:
"hyper-parameters", "smoothing", "hold-out data", "naïve Bayes",
"inductive learning."
- (2) Describe the "Perceptron" learning algorithm.
- (3) In which cases Perceptron learning converges, and in which cases Perceptron learning does not converge? Make your own example and use it for the explanation. Finally, explain what kind of improvements should be applied if it does not converge.
- (4) Explain "generalization" and "over-fitting" using terms "model", "training data", and "hypothesis space."
- (5) Among various machine-learning methods, when should we choose deep-learning? Discuss it with reference to a few example applications. At the very least, you need to include arguments about "features" and "amount of data" in your discussion.

問題番号 (Number): T-3

ソフトウェア工学に関する以下の問題(1)~(5)に回答せよ :

- (1) ソフトウェア開発プロセスについて、ウォーターフォールモデルとアジャイルプロセスモデルの長所と短所を比較し説明せよ。
- (2) UML のユースケース図の役割について例を用いて説明せよ。
- (3) ファンクションポイント法について例を用いて説明せよ。
- (4) エージェント指向ソフトウェア工学とは何かを説明せよ。
- (5) ソフトウェア開発におけるピアレビューとは何か説明せよ。

Answer all the following questions (1)-(5) on software engineering.

- (1) About software developing processes, explain the waterfall development model and the agile development model with their advantages and disadvantages.
- (2) Explain the role of the use case diagram in UML with an example.
- (3) Explain the function point method with an example.
- (4) Explain the agent-oriented software engineering.
- (5) Explain what is the peer-review in software developments.

問題番号 (Number): T-4

1. 情報検索においてランキングの良さの指標として用いられる MRR (Mean Reciprocal Rank) と MAP (Mean Average Precision) について, それぞれ, ユーザがどのような行動をし, どのような効用を得ると仮定しているか説明せよ.
2. $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ を頂点集合とする有向グラフ G を考え, G の隣接行列が A で与えられているとする. すなわち, A の i, j 成分 $A_{i,j}$ は頂点 v_i から頂点 v_j への辺がある時は 1, そうでない時は 0 である. このグラフ G の各頂点 v_i と時刻 $t = 0, 1, 2, \dots$ に対し, 時刻 t における v_i のスコア $s(v_i, t)$ を以下で定義する.

$$t = 0 \text{ なら } s(v_1, t) = \dots = s(v_n, t) = 1,$$

$$t \neq 0 \text{ なら } \begin{pmatrix} s(v_1, t) \\ \vdots \\ s(v_n, t) \end{pmatrix} = A^T A \begin{pmatrix} s(v_1, t-1) \\ \vdots \\ s(v_n, t-1) \end{pmatrix}.$$

ただし, A^T は A の転置行列を表す.

- (a) 以下の条件を満たす二頂点 v_i, v_j を含む有向グラフの例を示せ.

$$d^-(v_i) \neq d^-(v_j) \quad (\text{ただし, } d^-(v) \text{ は } v \text{ の入次数})$$

$$(\forall t \in \{0, 1, 2, \dots\})(s(v_i, t) = s(v_j, t))$$

どの頂点が v_i, v_j であるかを明示すること.

- (b) 以下の条件を満たす二頂点 v_i, v_j を含む有向グラフの例を示せ.

$$d^-(v_i) > d^-(v_j) \quad (\text{ただし, } d^-(v) \text{ は } v \text{ の入次数})$$

$$(\forall t \in \{1, 2, \dots\})(s(v_i, t) < s(v_j, t))$$

どの頂点が v_i, v_j であるかを明示すること.

3. 頂点集合 V と辺集合 E からなり自己ループを含まない無向グラフ G を考える. G に既存二頂点間の辺 (v_1, v_2) を追加した無向グラフを $G + (v_1, v_2)$ と書くことにする. また, G における頂点 $v \in V$ のクラスタ係数 $C_G(v)$ は以下のように定義される.

$$C_G(v) = \frac{G \text{ における } v \text{ を含む三角形の数}}{d_G(v)(d_G(v) - 1)/2}$$

ただし, $d_G(v)$ は G における v の次数である. $d_G(v) < 2$ の時は $C_G(v)$ は定義されない. $G + (v_1, v_2)$ におけるクラスタ係数 $C_{G+(v_1, v_2)}(v)$ も同様に定義される.

- (a) 以下の三条件を全て満たす G の例を挙げよ.

$$(\forall v \in V)(d(v) \geq 2)$$

$$|E| < |V| \times (|V| - 1)/2$$

$$(\forall v_1, v_2 \in E)(v_1 = v_2 \vee (v_1, v_2) \in E \vee$$

$$(\forall v \in V)(C_G(v) < C_{G+(v_1, v_2)}(v)))$$

- (b) 以下の二条件を全て満たす G の例を挙げよ.

$$(\forall v \in V)(d(v) \geq 2)$$

$$(\exists v_1, v_2 \in E)(v_1 \neq v_2 \wedge (v_1, v_2) \notin E \wedge$$

$$(\forall v \in V)(C_G(v) \geq C_{G+(v_1, v_2)}(v)))$$

Answer the following questions.

1. MRR (Mean Reciprocal Rank) and MAP (Mean Average Precision) are measures of ranking quality widely used in information retrieval. Explain what kind of users' behaviors and what kind of users' benefits are assumed in the design of each of these two measures.
2. Suppose we have a directed graph G with the node set $V = \{v_1, \dots, v_n\}$, whose adjacency matrix is given by A . That is, $A_{i,j}$, the i, j component of A , is 1 if there is an edge from v_i to v_j , and 0 otherwise. For each node v_i in G and time $t = 0, 1, 2, \dots$, we define $s(v_i, t)$, the score of v_i at time t , as follows.

$$\begin{aligned} &\text{If } t = 0, \quad s(v_1, t) = \dots = s(v_n, t) = 1, \\ &\text{if } t \neq 0, \quad \begin{pmatrix} s(v_1, t) \\ \vdots \\ s(v_n, t) \end{pmatrix} = A^T A \begin{pmatrix} s(v_1, t-1) \\ \vdots \\ s(v_n, t-1) \end{pmatrix}, \end{aligned}$$

where A^T denotes the transpose of the matrix A .

- (a) Show an example of a directed graph including two nodes v_i, v_j such that:

$$\begin{aligned} &d^-(v_i) \neq d^-(v_j) \quad (\text{where } d^-(v) \text{ is the indegree of } v) \\ &(\forall t \in \{0, 1, 2, \dots\})(s(v_i, t) = s(v_j, t)) \end{aligned}$$

When showing the graph, specify which nodes are v_i and v_j .

- (b) Show an example of a directed graph including two nodes v_i, v_j such that:

$$\begin{aligned} &d^-(v_i) > d^-(v_j) \quad (\text{where } d^-(v) \text{ is the indegree of } v) \\ &(\forall t \in \{1, 2, \dots\})(s(v_i, t) < s(v_j, t)) \end{aligned}$$

When showing the graph, specify which nodes are v_i and v_j .

3. Let us consider an undirected graph G with a node set V and an edge set E , and without self-loops. Let $G + (v_1, v_2)$ denote an undirected graph produced by adding an edge (v_1, v_2) between two existing nodes in G . The cluster coefficient of $v \in V$ in G , denoted by $C_G(v)$, is defined as follows:

$$C_G(v) = \frac{\text{the number of triangles including } v \text{ in } G}{d_G(v)(d_G(v) - 1)/2}$$

where $d_G(v)$ is the degree of v in G . $C_{G+(v_1, v_2)}(v)$, the cluster coefficient in $G + (v_1, v_2)$, is defined in the same way.

- (a) Show an example of G satisfying all the following three conditions:

$$\begin{aligned} &(\forall v \in V)(d(v) \geq 2) \\ &|E| < |V| \times (|V| - 1)/2 \\ &(\forall v_1, v_2 \in E)(v_1 = v_2 \vee (v_1, v_2) \in E \vee \\ &\quad (\forall v \in V)(C_G(v) < C_{G+(v_1, v_2)}(v))) \end{aligned}$$

- (b) Show an example of G satisfying all the following two conditions:

$$\begin{aligned} &(\forall v \in V)(d(v) \geq 2) \\ &(\exists v_1, v_2 \in E)(v_1 \neq v_2 \wedge (v_1, v_2) \notin E \wedge \\ &\quad (\forall v \in V)(C_G(v) \geq C_{G+(v_1, v_2)}(v))) \end{aligned}$$

問題番号 (Number): T-5

1. アリスとボブは有限集合 X の空でない部分集合 A_0, A_1 を共有し、以下のゲームを行う。まず、アリスは $b \in \{0, 1\}$ を一様ランダムに選択し、同様に $x \in A_b$ も一様ランダムに選択する。アリスは x をボブに送信し、ボブは受信した情報に基づいて b を推測し、1 ビットの値 b' を出力する。即ちこれは、ボブが x を入力とする何らかの (確率的) アルゴリズム B を実行して 1 ビットの b' を出力し、 $b' = b$ ならばボブの勝ち、そうでなければ負けと判定されるゲームである。アルゴリズム B をボブの戦略と呼ぶ。以下に定義する量をアルゴリズム B によるボブの勝率差と呼ぶ。

$$\Delta = \Pr [b' = b] - \Pr [b' \neq b]$$

より大きな勝率差を持つアルゴリズム B をより良いアルゴリズムとする。

- (a) $b' \in \{0, 1\}$ を入力 x と独立に一様ランダムに選択するアルゴリズム B は $\Delta = 0$ となることを示せ。
- (b) 集合 A_0 と A_1 が互いに素 (即ち $A_0 \cap A_1 = \emptyset$) のとき、 $\Delta = 1$ となるアルゴリズム B を示せ。また、そのアルゴリズムが (勝率差の観点で) 最適であることを説明せよ。
- (c) 一般の集合の場合、Bob が達成できる最大の勝率差は次の式で与えられることを示せ。

$$\Delta^{\text{opt}} = 1 - \frac{|A_0 \cap A_1|}{\max(|A_0|, |A_1|)}$$

($|S|$ は有限集合 S の要素数を表す。) また、この勝率差を持つアルゴリズムを示せ。例えば、最適なアルゴリズムはある $\beta \in [0, 1]$ で次の手順に従うしかないことを示し、 β の最適値を求めれば良い。

- x が A_0 の要素であって A_1 の要素でないならば、0 を出力
- x が A_1 の要素であって A_0 の要素でないならば、1 を出力
- 上記のいずれでもない (即ち $x \in A_0 \cap A_1$) ならば、確率 β で 0 を出力し、確率 $1 - \beta$ で 1 を出力

2. 次に、アリスとボブはより複雑なゲームを行う。両者は各整数 n に対して集合 F_n の部分集合 U_n を共有しているものとする。ここで、 F_n は入出力域がともに n 要素の集合 $\{1, 2, \dots, n\}$ である全ての関数からなる集合である。与えられた n に対して、以下を実行する。まず、アリスは $b \in \{0, 1\}$ を一様ランダムに選ぶ。 $b = 0$ ならば、アリスは関数 f を F_n から一様ランダムに選ぶ。 $b = 1$ ならば、 f を U_n から一様ランダムに選ぶ。次に、ボブは任意個の要素 $y_i \in \{1, 2, \dots, n\}$ をアリスに送信し、アリスは $x_i = f(y_i)$ を返信する。最後に、ボブは b を推測し、 b' を出力する。ボブの勝率差を n の関数で以下のように定義する。

$$\Delta(n) = \Pr [b' = b] - \Pr [b' \neq b]$$

- (a) 最良なボブの勝率差は

$$\Delta^{\text{opt}}(n) = 1 - \frac{|U_n|}{|F_n|}$$

であることを示せ。また、その勝率差となるアルゴリズムを示せ。たとえば設問1への帰着によってそのようなアルゴリズムを示すことができる。

(b) 全ての十分大きな n に対しゲームの勝率差が $\Delta^{\text{opt}}(n) \geq 1/2$ であるとき、族 (U_n) は「ランダムと容易に識別可能」であるという。以下に示す U_n の族に対して $\lim_{n \rightarrow +\infty} \Delta^{\text{opt}}(n)$ を求め、これらの族はいずれもランダムと容易に識別可能であることを示せ。

- $U_n = I_n$ は $\{1, 2, \dots, n\}$ からそれ自体への非減少的な、すなわち $y \geq x$ に対して $f(y) \geq f(x)$ となる関数 f の集合
- $U_n = S_n$ は $\{1, 2, \dots, n\}$ 上の置換（即ち $\{1, 2, \dots, n\}$ からそれ自体への全単射な関数）の集合
- $U_n = D_n$ は $\{1, 2, \dots, n\}$ からそれ自身への関数であって、全ての y に対して $f(y) \neq y$ である関数 f の集合

(c) 全ての十分大きな n に対しゲームの勝率差が $\Delta^{\text{opt}}(n) < n^{-c}$ である、即ち、

$$\forall c > 0, \quad \lim_{n \rightarrow +\infty} n^c \cdot \Delta^{\text{opt}}(n) = 0$$

であるとき、族 (U_n) は「ランダムと識別不可能」であるという。全ての n に対して、 $\{1, 2, \dots, n\}$ からそれ自身への関数で $f(y) \neq y$ となる $y \in \{1, 2, \dots, n\}$ が存在する関数 f の集合を V_n とする。このとき、族 (V_n) はランダムと識別不可能であることを示せ。

(d) ランダムと容易に識別可能ではなく、識別不可能でもない族 (U_n) を例示し、そうであることを説明せよ。

1. Alice and Bob agree on two non-empty subsets A_0, A_1 of a finite set X , and play the following game. Alice chooses $b \in \{0, 1\}$ uniformly at random, and then picks $x \in A_b$ again uniformly at random. She sends x to Bob, and based on that information, Bob makes a guess b' for the bit b . In other words, Bob applies some (possibly probabilistic) algorithm B , called his strategy, that takes x as input and outputs a bit b' ; he wins if $b' = b$ and loses otherwise. The following quantity is called the *advantage* of Bob using his algorithm B :

$$\Delta = \Pr [b' = b] - \Pr [b' \neq b].$$

A strategy B is better if it has a higher advantage.

- (a) Suppose that an algorithm B used by Bob chooses the bit $b' \in \{0, 1\}$ uniformly at random independently of x . Show that $\Delta = 0$.
- (b) In the case when A_0 and A_1 are disjoint (i.e., $A_0 \cap A_1 = \emptyset$), describe an algorithm B such that $\Delta = 1$, and show that this is optimal (in the sense that the advantage is maximal).
- (c) In the general case, show that the highest possible advantage achievable by Bob is given by:

$$\Delta^{\text{opt}} = 1 - \frac{|A_0 \cap A_1|}{\max(|A_0|, |A_1|)}$$

(where $|S|$ denotes the number of elements of a finite set S), and propose a strategy that realizes this advantage. You can for example show that an optimal strategy must be of the following form for some $\beta \in [0, 1]$:

- if x is in A_0 but not in A_1 , return 0;
- if x is in A_1 but not in A_0 , return 1;
- otherwise ($x \in A_0 \cap A_1$), return 0 with probability β and 1 with probability $1 - \beta$;

and discuss the best possible choice of β .

2. Alice and Bob now play a slightly more complicated game. For each integer n , they agree on a subset U_n of the set F_n of all functions from the n -element set $\{1, 2, \dots, n\}$ to itself. Then, for a given n , they play as follows. Alice chooses $b \in \{0, 1\}$ uniformly at random. If $b = 0$, she picks some function f uniformly at random in F_n ; otherwise, she picks f uniformly at random in U_n . After that, Bob is allowed to send arbitrarily many elements $y_i \in \{1, 2, \dots, n\}$ to Alice, who replies with $x_i = f(y_i)$. At the end, Bob makes a guess b' for the bit b . Again, his advantage, which is now a function of n , is given by:

$$\Delta(n) = \Pr [b' = b] - \Pr [b' \neq b].$$

- (a) Show that the best possible advantage achievable by Bob is given by:

$$\Delta^{\text{opt}}(n) = 1 - \frac{|U_n|}{|F_n|},$$

and describe a corresponding strategy. You can do so by reducing the problem to the previous question.

- (b) We say that a family (U_n) is *easy to distinguish from random* if for all sufficiently large n , $\Delta^{\text{opt}}(n) \geq 1/2$ in this game. In each of the following cases, compute $\lim_{n \rightarrow +\infty} \Delta^{\text{opt}}(n)$, and deduce that these families are all easy to distinguish from random:
- the set $U_n = I_n$ of non-decreasing functions, i.e., if $y \geq x$, $f(y) \geq f(x)$, from $\{1, 2, \dots, n\}$ to itself;
 - the set $U_n = S_n$ of permutations of $\{1, 2, \dots, n\}$ (i.e., bijective functions from $\{1, 2, \dots, n\}$ to itself);
 - the set $U_n = D_n$ of functions f from $\{1, 2, \dots, n\}$ to itself such that $f(y) \neq y$ for all y .
- (c) We say that a family (U_n) is *indistinguishable from random* if for all $c > 0$ and for all sufficiently large n , $\Delta^{\text{opt}}(n) < n^{-c}$, or equivalently:

$$\forall c > 0, \quad \lim_{n \rightarrow +\infty} n^c \cdot \Delta^{\text{opt}}(n) = 0.$$

For all n , let V_n be the set of functions f from $\{1, 2, \dots, n\}$ to itself satisfying that there exists $y \in \{1, 2, \dots, n\}$ such that $f(y) \neq y$. Show that the family (V_n) is indistinguishable from random.

- (d) Give an example of a family (U_n) which is neither easy to distinguish from random nor indistinguishable from random. Justify.

問題番号 (Number): T-6

ユーザインタフェースの設計と利用について以下の問いに答えよ。

(1) ニールセンが提唱したユーザビリティ 10 原則を全てあげ、各項目を 200 文字以内で説明せよ。

(2) ノーマンのデザイン原理の 6 項目を全てあげ、各項目を 200 文字以内で説明せよ。

(3) 上記で示した、ユーザビリティ 10 原則とデザイン原理 6 項目を比較し、類似点や相違点について 1000 文字以内で論ぜよ。

Answer the following questions about user interfaces.

(1) Describe Nielsen's 10 Usability Principles, and explain each of them in less than 100 words each.

(2) Describe Norman's 6 Design Principles, and explain each of them in less than 100 words each.

(3) Compare the 10 usability principles and the 6 design principles mentioned above, and describe similarities and differences of them within 500 words.

問題番号 (Number): B-1

1. 移動性の動物が利用している地磁気コンパスには、極方向を知覚するもの（極性コンパス）と伏角を利用するもの（伏角コンパス）があることが知られている。図 1 に示す地球上における地磁気の特徴をもとに、それぞれの磁気コンパスの特徴について説明しなさい。

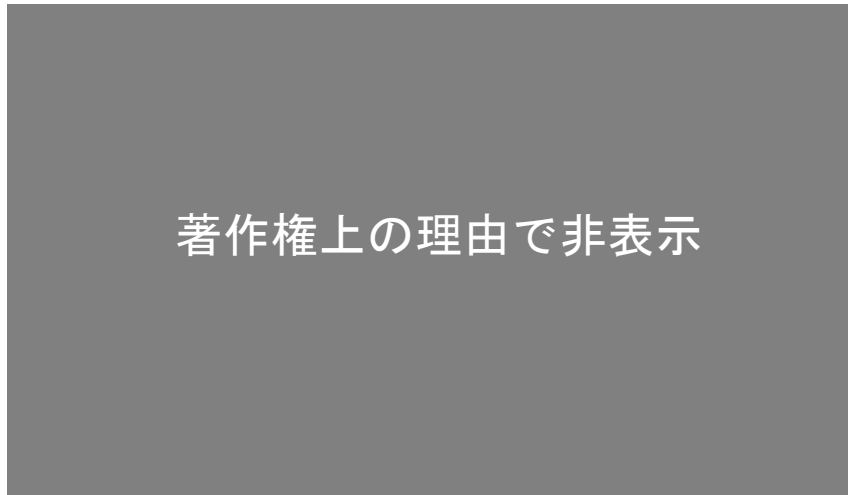


図 1 （左）地球における地磁気の様子。矢印は磁力線の北方向を示す。（右）地磁気ベクトルの持つ特徴。

Source: Lohmann KJ, Hester JT, Lohmann CMF (1999) *Ethology Ecology & Evolution* 11: 1–23.

2. 図 2 は、フロリダにおけるアカウミガメ孵化幼体の磁場に対する定位について実験した結果を示している。アカウミガメが極性コンパスと伏角コンパスのどちらを利用しているといえるか、根拠とともに説明しなさい。

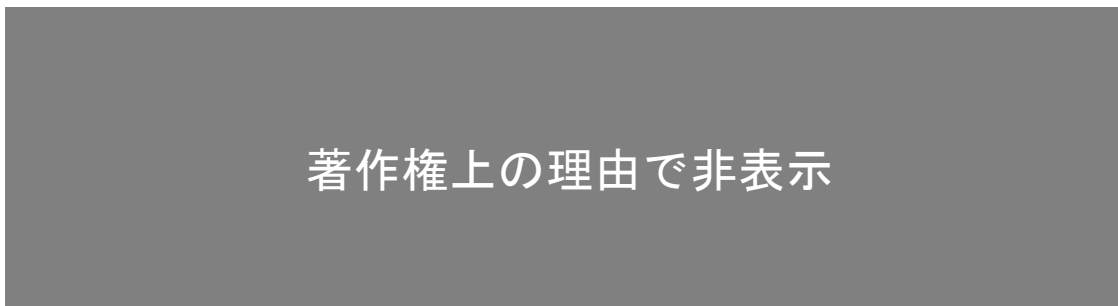


図 2 (A) アカウミガメが通常経験する地磁気 (B) 鉛直成分を反転させた地磁気 (C) 鉛直・水平成分をともに反転させた地磁気 (D) 水平成分のみ の各磁場に対する定位結果。各点は各個体の平均定位方位、矢印は全個体の平均定位角を示す。NS は特定の方位への定位がみられなかったことを表す。

Source: Light P, Salmon M, Lohmann KJ (1993) *Journal of Experimental Biology* 182: 1–10.

1. The geomagnetic compass used by migratory animals includes a polarity compass, that distinguishes the poleward direction, and an inclination compass, that senses the inclination angle. See Figure 1 that illustrates the geomagnetic field, and explain the features of these two types of geomagnetic compasses.



Figure 1 (Left) Diagram of earth's magnetic field. Arrows indicate the direction to magnetic north in magnetic lines. (Right) Features of geomagnetic field vectors.

Source: Lohmann KJ, Hester JT, Lohmann CMF (1999) *Ethology Ecology & Evolution* 11: 1–23.

2. Figure 2 indicates the experimental results of the orientation of hatchling loggerhead turtles in Florida in relation to magnetic fields. Based on the results, explain whether loggerhead turtles have a polarity compass or an inclination compass.

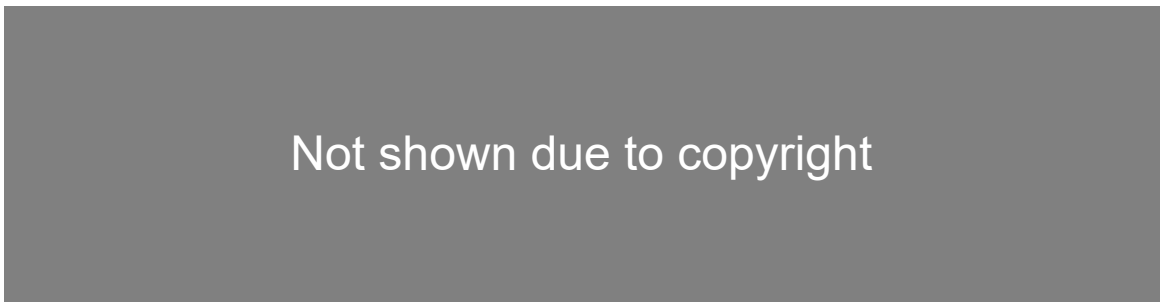


Figure 2 Results of experiments for orientation under (A) the usual geomagnetic field for loggerhead turtle hatchlings, (B) reversed vertical component, (C) both the vertical and horizontal components reversed, (D) horizontal component of geomagnetic field. Each data point represents the mean angle of orientation for a single hatchling. Arrows indicate the mean angle of orientation for all turtles in each condition. NS means not significant orientation to specific angles.

Source: Light P, Salmon M, Lohmann KJ (1993) *Journal of Experimental Biology* 182: 1–10.

問題番号 (Number): B-2

森林生態系における窒素循環について、以下の問題に答えなさい。

図 A は、近接する 2 つの森林集水域において片方の植生をすべて伐採するという実験を行ったときの、2 つの集水域から流出する溪流における硝酸イオン (NO_3^-) の濃度変化を示している。伐採は 1965 年 12 月に実施され、地上部バイオマスはすべて集水域外に搬出された。

1. 森林生態系における窒素循環の主要な特徴を、炭素循環と対比して説明しなさい。
2. 伐採された集水域溪流の NO_3^- 濃度が上昇する理由を説明しなさい。
3. 同じようなパターンでカルシウムイオン (Ca^{2+}) 濃度も上昇している (図 B)。この理由を説明しなさい。

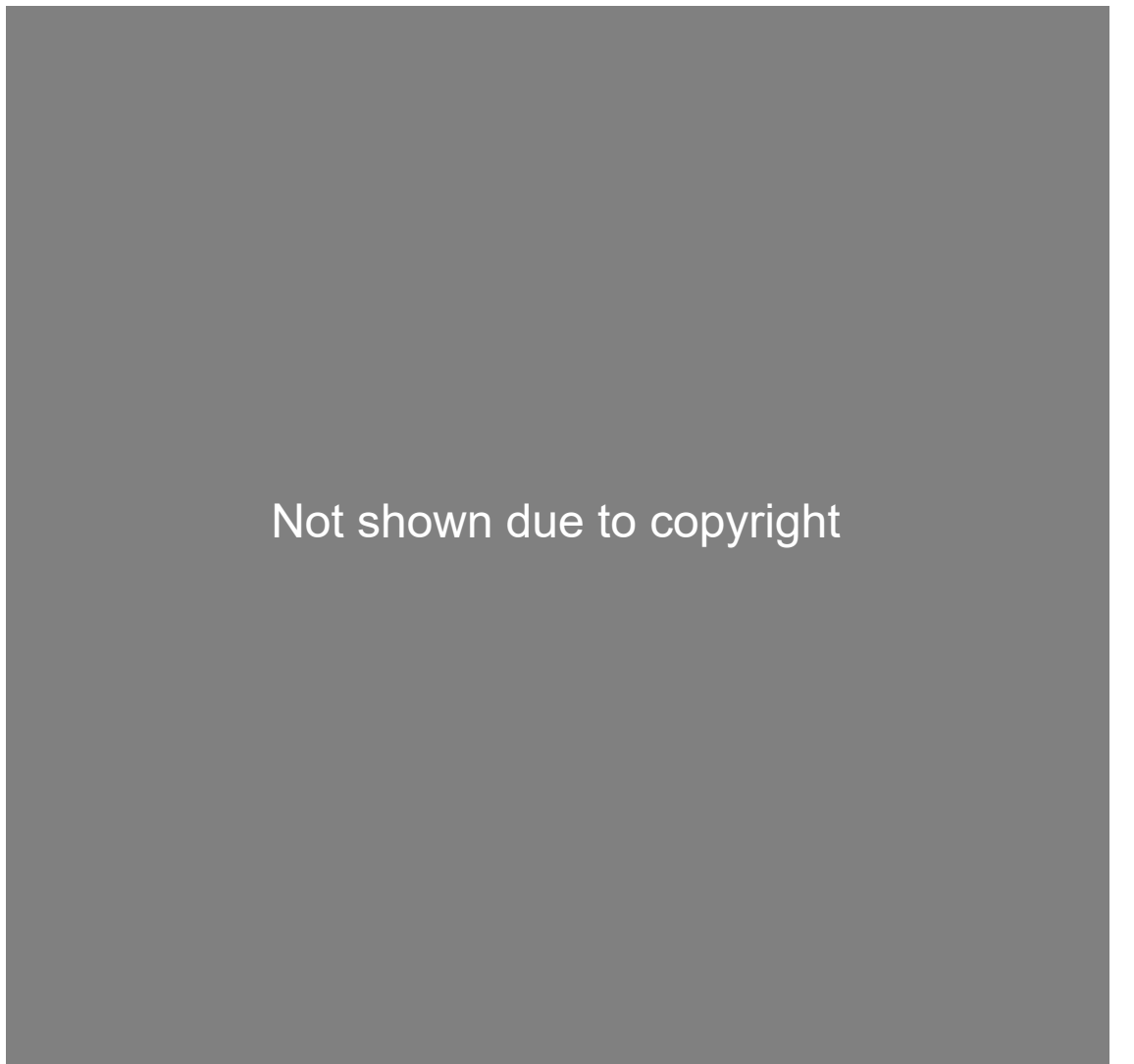
著作権上の理由で非表示

(Likens et al., Ecological Monographs, 40(1), p26, 1970 より作成)

Answer the following questions about the nitrogen cycle in forest ecosystems.

Figure A shows the change in nitrate (NO_3^-) concentration in a stream flowing out of two adjacent forest catchments during an experiment in which all the vegetation on one of the catchment was cut down. The clearing took place in December 1965, and all aboveground biomass was removed from the catchment.

1. Explain the main characteristics of the nitrogen cycle in a forest ecosystem, in contrast to the carbon cycle.
2. Explain why the NO_3^- concentration in the stream of the clear-cut catchment increases.
3. Calcium ion (Ca^{2+}) concentrations also increase in a similar pattern (Figure B). Explain the reason for this.



Not shown due to copyright

(After Likens et al., *Ecological Monographs*, 40(1), p26, 1970)

問題番号 (Number): B-3

生態系サービスはしばしば、供給、調整、文化、基盤、保全の5つに大別され、それぞれに複数の生態系サービスが分類される。

1. 供給サービスと調整サービスに含まれる具体的な生態系サービスをそれぞれについて1つ以上答えなさい。
2. 日本のある地方の天然林が伐採され、人工林に転換されたとする。この転換によって、その森林の生態系サービスにどのような変化が生じるだろうか。変化が想定される生態系サービスを2つ以上あげて、それぞれどのような変化が生じるかを論じなさい。

Ecosystem services are often divided into five broad categories: provisioning, regulating, cultural, supporting, and preserving, with multiple ecosystem services classified in each category.

1. Describe specific ecosystem services that are included in the provisioning and regulating categories, one or more for each service category.
2. Suppose that a natural forest in a region of Japan is cut down and converted into an artificial forest (plantation). What changes will occur in the ecosystem services of the forest as a result of this conversion? List two or more ecosystem services that are expected to change and discuss what changes will occur in each.

問題番号 (Number): B-4

1. 図 1 は、ある作物 2 品種を 4 種類の播種方法で育てたときの収量について想定される 5 つの結果を模式的に表現した交互作用図である。これら A-E の 5 つのそれぞれについて、品種・播種方法・交互作用の効果の有無について説明しなさい。

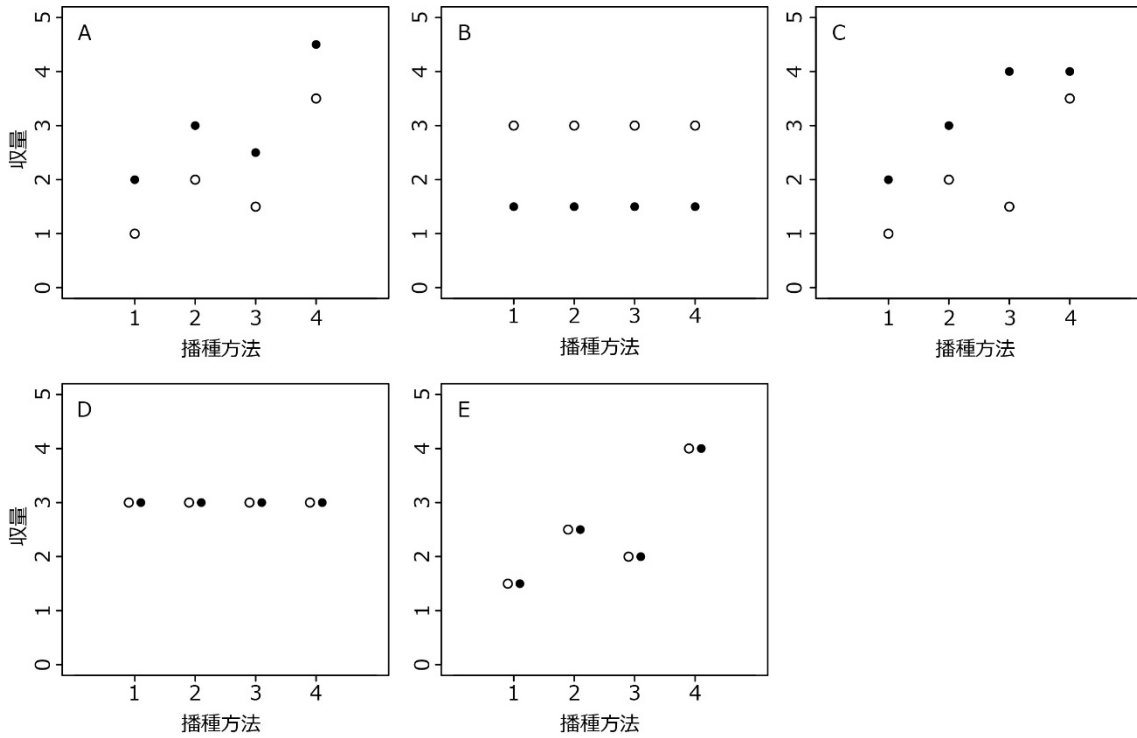


図 1 品種と播種方法の効果を示す交互作用図。○は品種 1、●は品種 2 を表すとする。

2. 上記図 1 は 2 元配置分散分析の例といえる。共分散分析 (品種と水分量を変数として考える) の場合に想定される 5 つの交互作用図を描きなさい。

1. Figure 1 is an interaction diagram that schematically shows the five cases of possible results when two varieties of crop are bred by four sowing methods. Explain the presence / absence of effects of variety, sowing method, and their interaction in each of these five cases (A–E).

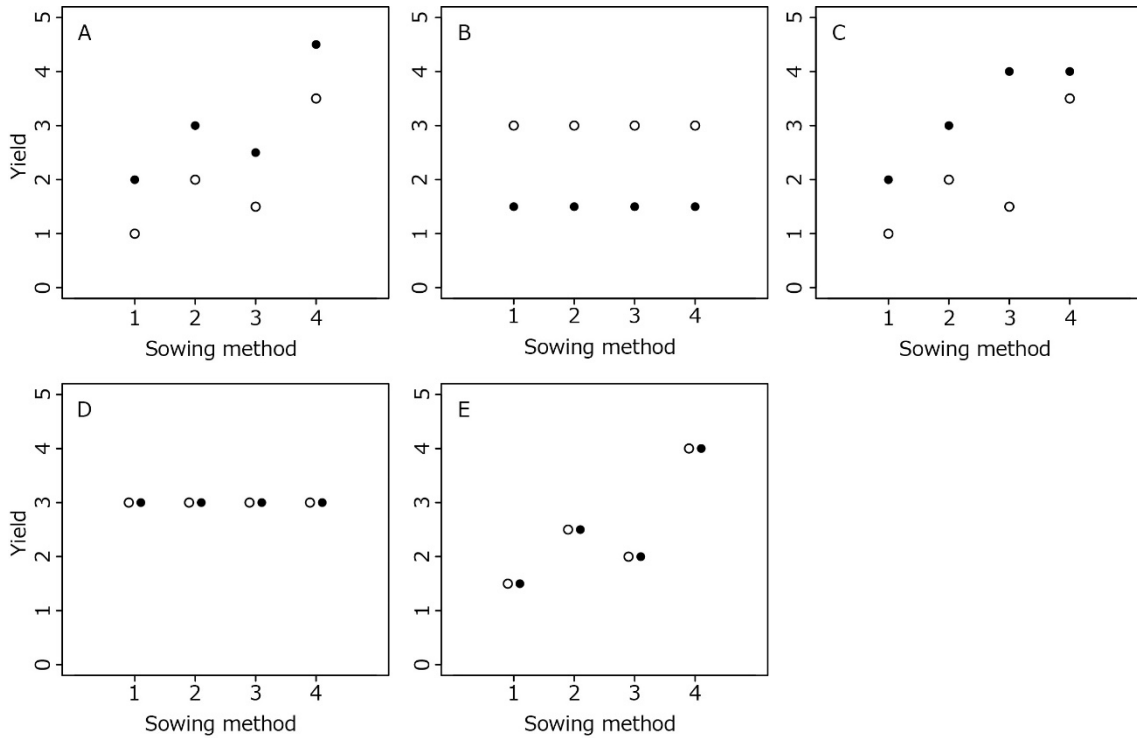


Figure 1 Interaction diagram for the effects of varieties and sowing methods. Variety 1 is indicated by ○, and variety 2 is indicated by ●.

2. Above Figure 1 shows an example of two-way analysis of variance (ANOVA). Consider a case of analysis of covariance (ANCOVA) that includes variety and water content as variables and draw five cases of interaction diagram.

問題番号 (Number): B-5

1. 外来種によって生じ得る問題を3つ挙げ、それぞれについて説明しなさい。
2. ある地域において外来種と見なされる種と地域名の組み合わせを具体的に一つ挙げ、その種がその地域の生態系に及ぼしていると考えられる影響について200字程度で説明しなさい。

1. List three problems caused by invasive species and explain each of them.
2. Give an example of invasive species and related geographic area, and describe the influence of the invasive species on the area's ecosystem in about 120 words.

問題番号 (Number): D-1

防災計画の文脈におけるリスク管理と危機管理の目的、プロセス、共通点と相違点について説明せよ。

Explain the purpose, process, similarities and differences of risk management and crisis management in the context of disaster management.

問題番号 (Number): D-2

次の数理計画問題について、以下の問いに答えよ。

Answer the questions on the following mathematical programming problem:

$$\begin{aligned} & \max x_1 x_2^a \\ & \text{subject to} \\ & \quad 2x_1 + x_2 \leq 8 \\ & \quad x_1 + x_2 \leq 5 \\ & \quad x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

(1) $a=1$ のとき、最適解を示せ。

Solve the problem and show the optimal solution, when $a=1$.

(2) 最適解が $(x_1, x_2) = (3, 2)$ となる a の範囲を示せ。

Show the interval of a in which the optimal solution of the problem is $(x_1, x_2) = (3, 2)$.

問題番号 (Number): D-3

災害文化とは何か。この概念について具体的な事例を二、三あげて論じなさい。

What is disaster culture? Discuss this concept by giving a few concrete examples.

問題番号 (Number): D-4

米国の危機管理標準である緊急事態管理システム（NIMS ; National Incident Management System）において、危機対応を成功に導く主要な要素として「Communication and Information Management」がある。「Communication and Information Management」について具体例に基づき論じなさい。

The National Emergency Management System (NIMS), a US crisis management standard, is organized into three major components. "Communication and Information Management" is one of the components. Discuss "Communication and Information Management" with a concrete example.

問題番号 (Number): D-5

図は、ISO 19123 (Geographic information — Schema for coverage geometry and functions: 2005)における「CV_DiscreteGridPointCoverage」のUML図である。この図に関連する以下の用語を説明しなさい。

- (1) CV_Grid
- (2) CV_GridValueMatrix
- (3) CV_GridPointValuePair

また、「CV_DiscreteGridPointCoverage」で示される主題図の例を示し、そのデータ構造について説明しなさい。

This figure shows the UML diagrams of “CV_DiscreteGridPointCoverage” in ISO 19123 document (Geographic information — Schema for coverage geometry and functions: 2005). Explain the following items in the figure.

- (1) CV_Grid
- (2) CV_GridValueMatrix
- (3) CV_GridPointValuePair

Also, show an example of a thematic diagram shown in “CV_DiscreteGridPointCoverage” and explain its data structure.

著作権上の理由で非表示
Not shown due to copyright

CV_DiscreteGridPointCoverage in ISO 19123

問題番号 (Number): M-1

医療・健康に関する情報を用いて研究を行う際の注意点について、以下の 10 個の用語をすべて用いて論述せよ。なお、回答内のこれら 10 個の用語については下線をつけて明示すること。

含有すべき 10 個の用語：エビデンスレベル、無作為化対照試験、前向き、後向き、費用・労力、交絡因子、偏向スコア、マッチング、層別化解析、二次利用

Discuss what researchers who handle medical and healthcare information should keep in mind using all ten of the following terms. The following ten terms should be clearly underlined in the response.

Terms to be used: evidence level, randomized control trial, prospective, retrospective, costs, confounding factors, propensity score, matching, stratified analysis, and secondary use.

問題番号 (Number): M-2

医療情報を取り巻く下記の用語について、それぞれどういう意味か、回答せよ。

- a) DICOM
- b) DPC/PDPS
- c) CAD
- d) CDSS
- e) EHR

Explain the following technical terms related to medical informatics.

- a) DICOM
- b) DPC/PDPS
- c) CAD
- d) CDSS
- e) EHR

問題番号 (Number): M-3

昨今、CT/MRI 装置の進歩に伴い、1mm 厚程の薄いスライスの画像が診断に利用されることが増えている。

- a) CT 画像は、白黒の 16 ビット階調の縦横 512 ピクセルの解像度の画像として保存されることが多い。1 ピクセルが 2 バイトで保存され、データを圧縮しない場合のデータサイズは 1 スライス当たり何バイトとなるか答えよ。
- b) a) で示した CT 画像 1024 スライスからなるデータを 1Gbps のネットワークでダウンロードするには最短で何秒必要になるか答えよ。(1G=1024M, 1M=1024k, 1k=1024 として計算)
- c) a) で示した CT 画像を、各色 8 ビット階調のカラー、フレームレート 30fps で表示した動画を、1Gbps のネットワークでストリーミング表示するには、送信側で表示倍率を何%以下にする必要があるか答えよ。

Owing to recent advancements in CT/MRI scanners, the use of thin slice images, i.e., with 1 mm thickness, is getting popular in the field of diagnostic imaging.

- a) CT slice data are usually saved in a 16-bit grayscale, 512-by-512 resolution image. Calculate the size of a slice image in bytes, supposing each pixel is saved using 2 bytes and no data compression is used.
- b) Calculate how many seconds it takes to download 1024 slices of such CT data via a 1G-bps network. (Supposing 1G=1024M, 1M=1024k, 1k=1024)
- c) Suppose that video streaming is used to send such CT data, at 30 fps, with color images with 8 bits per channel, via a 1G-bps network. Assuming the sender may scale the frame, what is the maximum possible magnification ratio (%)?

問題番号 (Number): M-4

医療情報の電子化により、医療施設間での情報の共有が容易になり、患者がより適切な診療を迅速に受けられるようになることが期待される。医療情報の共有を目的とした情報基盤の構築における技術的課題を二つ挙げ、それらについて簡潔に説明せよ。

The digitization of medical information is expected to make it easier to share information among medical organizations and to enable patients to receive more appropriate medical care quickly. Briefly explain two technical challenges in the construction of an information infrastructure for sharing of medical information.

問題番号 (Number): M-5

近年、ゲームが医療支援を目的として利用されることがある。例えば、リハビリテーションを行っている患者のモチベーションを上げるために利用される。ここで、リハビリテーションを行う患者を支援するための新しいゲームを作成することを考える。リハビリテーションを行う患者の特殊な状況や環境を考えると、このようなゲームをデザインするためにはいくつかの課題があると思われる。患者と療法士の視点を考慮して、リハビリテーションを行う患者を支援するためのゲームをデザインする際に考えられる問題を説明せよ。

In recent years, games have been used more and more to support medical treatment. For instance, games can be used to motivate patients undergoing physical rehabilitation. Imagine that a new game will be created to help patients doing physical rehabilitation. Given the special conditions of people undergoing rehabilitation treatment, and the environment in which rehabilitation training is performed, there might be many problems when designing such a game. Considering the points of view of the patient and of the therapist, explain possible difficulties when designing a game for this purpose.

問題番号 (Number): M-6

近年、医療の ICT 化の進展とともに、蓄積される医療情報の量も膨大になっており、その有効な利活用が求められている。一方で、医療情報は患者の診療情報等機微な個人情報を含んでいることからその取扱いにおいては様々な法令や指針、ガイドラインが作成されており、遵守すべきルールが定められている。

医療情報の取り扱いに関わる法令や指針、ガイドラインを二つ以上挙げ、それぞれについて簡潔に説明せよ。

In recent years, with the progress of medical ICT, the amount of medical data has become enormous. So, it is necessary to make effective use of it. On the other hand, since medical data contains sensitive private information such as the medical history of patients, various laws and guidelines have been created for its handling.

List two or more laws or guidelines related to the handling of medical data, and explain each of them briefly.