

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 4 年 2 月 8 日 10:00~12:00  
February 8, 2022 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 14 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。

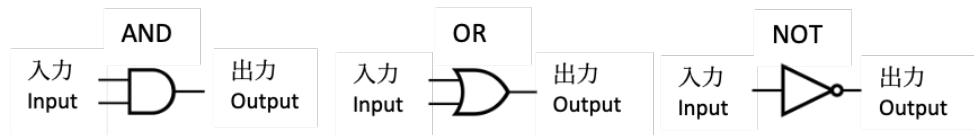
NOTES

- ・ Do not open the pages before the signal to start the examination is given.
- ・ This is the Question Booklet of 14 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.

## 問題番号 (Number) 1

(1) AND ゲート、OR ゲート、NOT ゲートの図形表示を以下に示す。

The graphical representations of AND, OR and NOT gates are shown below.



これら 3 種のゲートのみを使って XOR ゲートと同じ入出力値を持つ回路を構築せよ (それを図示せよ)。同じゲートを複数回使用しても良いし、全く使用しなくても良い。ただし、回路中のゲート数は最大で 5 つとする。

Using only these 3 types of gates, draw a circuit which has the same input-output values as an XOR gate. Each type of gate may be used multiple times or even 0 times. However, you may only use up to 5 gates in total in the circuit.

(2) 1 ビットの符号ビット  $b_7$ 、3 ビットのエクセス 4 記法の指数フィールド  $b_6b_5b_4$ 、4 ビットの仮数フィールド  $b_3b_2b_1b_0$  からなる浮動小数点形式  $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$  で基数 10 表現が格納されるとする時、以下の全ての要件を満たす 3 つの基数 10 表現  $x, y, z$  の組み合わせを一つ示せ。さらに、それらが指定要件を実際に満たしていることを示せ。

When we store base-10 expressions in the following 8-bit floating point format:  $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$  with 1 sign bit ( $b_7$ ), 3 exponent bits ( $b_6, b_5$ , and  $b_4$ ) in excess-4 notation, and 4 mantissa bits ( $b_3, b_2, b_1$ , and  $b_0$ ), show a combination of 3 base-10 expressions  $x, y$  and  $z$  that satisfy the two conditions below. Further, explicitly show that  $x, y$  and  $z$  indeed satisfy them.

- $x, y, z$  を格納する際に打ち切り誤差は発生しない。  
There are no truncation errors when  $x, y$  and  $z$  are stored in this format.
- 指定の浮動小数点形式で  $x, y, z$  の加算を行う時、 $x + (y + z) \neq (x + y) + z$  が成立する。  
 $x + (y + z) \neq (x + y) + z$  holds when the additions are handled in the given 8-bit floating point format.

(3) マスストレージに関する以下の問いに答えよ。

Answer the following questions concerning mass storage.

(a) ディスクストレージシステムの仕組みを簡潔に説明せよ。

Concisely explain the mechanism of a disk storage system.

(b) ゾーンビットレコーディングの仕組みを説明せよ。

Explain the mechanism of zoned bit recording.

## 問題番号 (Number) 2

本問題では、以下の表に記されるマシン語命令を仮定する。各マシン語命令は2バイト長とし、前半の4ビットがオペコード、後半の12ビットがオペランドフィールドとなる。記号 R, S, T は16進数によるレジスタ番号を、記号 X, Y は16進数によるレジスタではない変数フィールドを表す。

オペコード	オペランド	説明
1	RXY	LOAD: アドレスXYのメモリセルにあるビットパターンをレジスタRにロードする。例: 14A3は、アドレスA3のメモリセルの内容をレジスタ4に格納する。
2	RXY	LOAD: ビットパターンXYをレジスタRにロードする。
3	RXY	STORE: レジスタRにあるビットパターンをアドレスがXYのメモリセルに格納する。
4	ORS	MOVE: レジスタRにあるビットパターンをレジスタSに転送する。
5	RST	ADD: レジスタSとTにあるビットパターンを2の補数表現数として加算し、その結果をレジスタRに格納する。
6	RST	OR: レジスタSとTにあるビットパターンの論理和を取り、その結果をレジスタRに格納する。
7	RST	AND: レジスタSとTにあるビットパターンの論理積を取り、その結果をレジスタRに格納する。
8	RST	XOR: レジスタSとTにあるビットパターンの排他的論理和を取り、その結果をレジスタRに格納する。
9	ROX	ROTATE: レジスタRのビットパターンの1ビット巡回を右にX回行う。その都度最右端ビットを最左端に移動する。例: 9403は、レジスタ4の内容を3ビット右に循環シフトする。
A	RXY	JUMP: レジスタRのビットパターンがレジスタ0のビットパターンと等しければ、アドレスXYのメモリセルに位置する命令へジャンプする。そうでなければ、通常の実行を続行する。
B	000	HALT: 実行を停止する。

また、マシンは以下のものを仮定する。

- 0 から F（16 進数表記）まで番号の振られた 16 個の汎用レジスタを持ち、それぞれのレジスタの長さは 8 ビットである。
- メインメモリは 256 個のセルからなる。各セルのアドレスは 8 ビットのパターンとなる。
- 一命令を 3 ナノ秒で実行する。

これを踏まえて、以下の問いに答えよ。

(1) アドレス 00 から 0B（16 進数表記）のメモリセルが、下記のビットパターン（全て 16 進数表記）を含むとする。

アドレス	内容	アドレス	内容
00	21	06	71
01	88	07	12
02	22	08	61
03	F0	09	12
04	81	0A	B0
05	12	0B	00

マシンが、プログラムカウンタが 00 の状態で開始して、アドレス 0A の停止命令を最終的に実行するとき、以下のビットパターンを 2 進数表記 で示せ。

- アドレス 00 の命令を実行直後のレジスタ 1 のビットパターン。
- アドレス 02 の命令を実行直後のレジスタ 1 のビットパターン。
- アドレス 04 の命令を実行直後のレジスタ 1 のビットパターン。
- アドレス 06 の命令を実行直後のレジスタ 1 のビットパターン。
- アドレス 08 の命令を実行直後のレジスタ 1 のビットパターン。

(2) 以下の要件を全て満たすプログラムを示し、プログラムの概要も記せ。

- プログラムカウンタが A0 の状態でマシンが開始した後、12 ナノ秒以内にレジスタ 0 に 37（16 進数表記）が、レジスタ 1 に 88（16 進数表記）が、レジスタ 2 に FF（16 進数表記）が、レジスタ 3 に 01（16 進数表記）が格納される。その後、レジスタ 2 とレジスタ 3 の値はマシン停止まで変更されない。
- プログラムには 4 つ以上 5 つ未満の LOAD 命令がある。
- プログラムで使われるレジスタはレジスタ 0、レジスタ 1、レジスタ 2、レジスタ 3 のみである。
- マシン開始から停止までの所要時間は 45 ナノ秒以内である。
- マシンが停止命令を実行する直前に、レジスタ 0 には 88（16 進数表記）が、レジスタ 1 には 37（16 進数表記）が格納されている。

(3) CPU アーキテクチャの設計思想にはどのようなものがあるか記述せよ。また、それぞれの利点を挙げよ。

In this question, the machine instructions in the table below are assumed. Each machine instruction is 2-byte long with the first 4 bits representing the op-code and the last 12 bits making up the operand field. The symbols R, S, and T are placeholders for a 4-bit pattern identifying a register, and the symbols X and Y are placeholders for a 4-bit pattern not representing a register.

Op-code	Operand	Description
1	RXY	LOAD the register R with the bit pattern found in the memory cell with the address of XY. <i>Example:</i> 14A3 would cause the contents of the memory cell located at address A3 to be placed in register 4.
2	RXY	LOAD the register R with the bit pattern XY.
3	RXY	STORE the bit pattern found in register R in the memory cell with the address of XY.
4	ORS	MOVE the bit pattern found in register R to register S.
5	RST	ADD the bit patterns in registers S and T as though they were two's complement representations and leave the result in register R.
6	RST	OR the bit patterns in registers S and T and place the result in register R.
7	RST	AND the bit patterns in registers S and T and place the result in register R.
8	RST	EXCLUSIVE OR the bit patterns in registers S and T and place the result in register R.
9	ROX	ROTATE the bit pattern in register R one bit to the right X times. Each time, place the bit that started at the low-order end at the high-order end. <i>Example:</i> 9403 would cause the contents of register 4 to be rotated 3 bits to the right in a circular fashion.
A	RXY	JUMP to the instruction located in the memory cell at address XY if the bit pattern in register R is equal to the bit pattern in register number 0. Otherwise, continue with the normal sequence of execution.
B	000	HALT execution.

The following machine is furthermore assumed.

- It has 16 general-purpose registers numbered 0 through F (in hexadecimal). Each register is 8-bit long.
- There are 256 cells in the main memory. Each cell's address is 8-bit long.
- It executes an instruction every 3 nano seconds.

Answer the following questions.

(1) Suppose the memory cells at addresses 00 through 0B (in hexadecimal) contain the following bit patterns (in hexadecimal).

Address	Contents	Address	Contents
00	21	06	71
01	88	07	12
02	22	08	61
03	F0	09	12
04	81	0A	B0
05	12	0B	00

Presuming the machine starts with the program counter 00, show the following bit patterns in binary representation.

- The bit pattern in register 1 right after execution of address 00's instruction.
- The bit pattern in register 1 right after execution of address 02's instruction.
- The bit pattern in register 1 right after execution of address 04's instruction.
- The bit pattern in register 1 right after execution of address 06's instruction.
- The bit pattern in register 1 right after execution of address 08's instruction.



(2) Write a program that satisfies all the conditions below, and give a broad description of the program.

- Within 12 nano seconds after the machine starts with A0 in its program counter, 37 (in hexadecimal) is loaded in register 0, 88 (in hexadecimal) is loaded in register 1, FF (in hexadecimal) is loaded in register 2, and 01 (in hexadecimal) is loaded in register 3. The bit patterns in register 2 and register 3 remain unchanged after that until the machine halts.
- There are 4 and only 4 LOAD instructions in the program.
- Only register 0, register 1, register 2 and register 3 are used in the program.
- The machine halts within 45 nano seconds.
- Right before the machine halts, 88 (in hexadecimal) is in register 0 and 37 (in hexadecimal) is in register 1.

(3) Describe different design philosophies of the CPU architecture. List the advantages of each of them.

問題番号 (Number) 3

アルゴリズムに関する以下の問いに答えよ.

計算量  $\Theta(n^2)$  の整列アルゴリズムと計算量  $\Theta(n \log_2 n)$  の整列アルゴリズムをそれぞれ 1 つ挙げ, 擬似コードで記述せよ. また, なぜそれぞれの計算量が  $\Theta(n^2)$  と  $\Theta(n \log_2 n)$  であるか説明せよ.

Answer the following question on algorithms.

Give examples of sort algorithms running in  $\Theta(n^2)$  and  $\Theta(n \log_2 n)$ , respectively. Write pseudocode for each algorithm and explain the reason why the former runs in  $\Theta(n^2)$  and the latter runs in  $\Theta(n \log_2 n)$ .

問題番号 (Number) 4

プログラミング言語に関する以下の問いに答えよ.

- (1) 命令型, 宣言型, 関数型プログラミングパラダイムについてそれぞれ説明せよ.
- (2) プログラムをある言語から他の言語へと変換するプロセスのことを翻訳と呼ぶ. 元の形式のプログラムはソースプログラムであり, 翻訳されたプログラムはオブジェクトプログラムである. 翻訳プロセスの主要な 3 つのステップについて具体的に説明せよ.
- (3) オブジェクト指向プログラミングに関する以下の問いに答えよ.
  - a) クラスの具体例を 1 つ挙げ, 擬似コードを用いて記述せよ. クラス内のメソッドの詳細に関する記述は不要である.
  - b) クラスの継承とは何か説明せよ. また, a) で記述したクラスを継承するクラスの具体例を 1 つ挙げ, 擬似コードを用いて記述せよ.
  - c) コンストラクタとは何か説明せよ. また, a) で記述したクラスをコンストラクタを含むように設計せよ.
  - d) クラスの中で非公開とする項目があるのはなぜか説明せよ. また, a) で記述したクラスに非公開とする項目を 1 つ追加せよ.

Answer the following questions on programming languages.

- (1) Explain imperative, declarative, and functional programming paradigms.
- (2) The process of converting a program from one language to another is called translation. The program in its original form is the source program; the translated version is the object program. Explain three major steps of the translation process in detail.
- (3) Answer the following questions on object-oriented programming.
  - a) Give an example of a class and write pseudocode to show its definition. You do not need to include detailed descriptions for methods designed in the above class.
  - b) Explain what class inheritance means. Then, give an example of a class that inherits the class defined in a) and write pseudocode to show the definition of the inherited class.
  - c) Explain what a constructor is. Then, modify the class defined in a) so that it includes a constructor.
  - d) Explain the reason why some items within a class would be private. Then, add a private item in the class defined in a).

# 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) 整数を整列してデータ構造に格納したいと思っている。配列と連結リストの二つのデータ構造について、どのような時どちらのデータ構造を使うのがより適切であるのか述べよ。

(2) 整数のデータが連結リストに格納されている。次の問題を解くために設計した手続きの擬似コードを記述せよ。

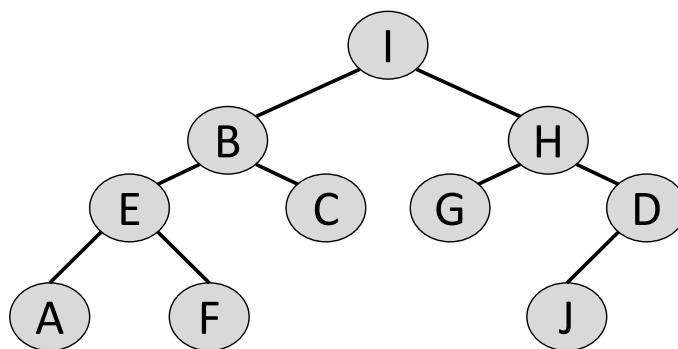
- (a) 連結リストに新しい要素を挿入する。
- (b) 連結リストから任意の要素を一つ削除する。

(3) 次の配列をメインメモリに列優先で格納すると、どのような配置になるかを示せ。

71	94	51
33	93	48
68	89	50

(4) R 行 C 列 P 平面の三次元の配列をメインメモリに行優先で格納するとき、どのように配置できるかを説明し、図示せよ。

(5) 次に示す二分木を格納する以下の二つの方法について、図示せよ。



- (a) 連結ストレージシステムを使用する方法。
- (b) 木全体を単一の連続したメモリセルに格納する方法。

Answer the following questions on data structures.

(1) Suppose you have integer items to be sorted and stored in a data structure. You have two options: an array or a linked list. Explain when and why you want to use one of these data structures.

(2) Integer items are stored in a linked list. Write pseudo code for the following tasks.

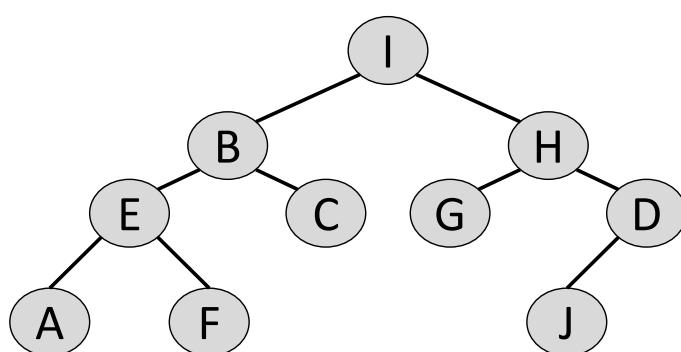
- (a) Inserting a new entry into the linked list
- (b) Removing a specific entry from the linked list

(3) Show how the array below would be arranged in main memory when stored in column major order.

71	94	51
33	93	48
68	89	50

(4) Explain how a three-dimensional array with R rows, C columns, and P planes is arranged in main memory and stored in row major order and draw a figure representing your explanation.

(5) Draw figures for storing the following binary tree in main memory using the methods (a) and (b).



- (a) using a linked storage system.
- (b) using a single contiguous block of memory cells for the entire tree.

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 4 年 2 月 8 日 13:00～16:00  
February 8, 2022 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 24 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 21 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。

NOTES

- ・ Do not open the pages before the signal to start the examination is given.
- ・ This is the Question Booklet consisting of 24 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 21 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.

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-4、社-5、社-6、社-14	T-1～T-6 から 3 題
社-8・9	B-1～B-4 から 3 題
社-10、社-11、社-12	D-1～D-6 から 3 題
社-13a、社-13b	M-1～M-5 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-4, SI-5, SI-6, SI-14	Select three among T-1～T-6
SI-8・9	Select three among B-1～B-4
SI-10, SI-11, SI-12	Select three among D-1～D-6
SI-13a, SI-13b	Select three among M-1～M-5



問題番号 (Number): T-1

以下の設問に答えよ.

Answer the following questions.

(1) 以下のスキーマについて考える :

Students (sid: integer, sname: string, age: real)

Books (bid: integer, bname: string, author: string, publisher: string)

Reserves (sid: integer, bid: integer, day: date)

キー属性に下線が引いてある. 属性の定義域は属性名の後に示している. 以下の問合せを関係代数, 組関係論理, 及び SQL で記述せよ.

(問合せ 1) 200 番 (bid=200) の本を予約している学生の名前を求める.

(問合せ 2) Books にあるすべての本を予約している学生の名前を求める.

Consider the following schema:

Students (sid: integer, sname: string, age: real)

Books (bid: integer, bname: string, author: string, publisher: string)

Reserves (sid: integer, bid: integer, day: date)

The key attributes are underlined, and the domain of each attribute is listed after its name. Write the following queries in relational algebra, tuple relational calculus, and SQL.

(Query 1) Find the names of students who have reserved book 200 (bid=200).

(Query 2) Find the names of students who have reserved all books in Books.

(2) 属性集合  $R = ABCDEGH$  と従属性集合  $F = \{AB \rightarrow C, AC \rightarrow B, AD \rightarrow E, B \rightarrow D, BC \rightarrow A, E \rightarrow G\}$  について考える.

(2a) 以下の属性集合((a),(b),(c),(d)と(e))のそれぞれに対して, 以下の設問に答えよ.

(a) ABC (b) ABCD (c) ABCEG (d) DCEGH (e) ACEH

(i) その集合の上で成り立つ従属性集合を計算し, 極小被覆集合を示せ.

(ii) これらの属性を含む関係で破られていない最強の正規形を挙げよ.

(iii) BCNF でない場合は BCNF に分解せよ.

(2b) 上記  $R$  と同じ従属性集合  $F$  を持つ属性集合  $R' = ABCDEG$  の下記の分解は, 従属性保存か, 情報無損失か, そうではないかを説明せよ.

(i)  $\{AB, BC, ABDE, EG\}$

(ii)  $\{ABC, ACDE, ADG\}$

Consider the attribute set  $R = ABCDEGH$  and the FD set  $F = \{AB \rightarrow C, AC \rightarrow B, AD \rightarrow E, B \rightarrow D, BC \rightarrow A, E \rightarrow G\}$ .

(2a) For each of the following attribute sets ((a),(b),(c),(d), and (e)), answer the following questions:

(a) ABC      (b) ABCD      (c) ABCEG      (d) DCEGH      (e) ACEH

(i) Compute the set of dependencies that hold over the set and write down a minimal cover.

(ii) Name the strongest normal form that is not violated by the relation containing these attributes.

(iii) Decompose it into a collection of BCNF relations if it is not in BCNF.

(2b) Describe the following decompositions of  $R' = ABCDEG$  is dependency-preserving, lossless-join, or not. The FD set of  $R'$  is  $F$ .

(i)  $\{AB, BC, ABDE, EG\}$

(ii)  $\{ABC, ACDE, ADG\}$

(3) 以下のトランザクション管理に関する用語について説明せよ.

(a) トランザクション

(b) ACID 属性

(c) 2相ロックプロトコルと厳密な2相ロックプロトコル

(d) 衝突等価, 最終状態等価と衝突直列化可能スケジュール

Explain the following terms related to transaction management.

(a) Transaction

(b) ACID properties

(c) 2PL and Strict 2PL

(d) Conflict equivalent, Final state equivalent, and Conflict serializable schedule

問題番号 (Number): T-2

敵対探索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:  
「エージェント」「完全情報」「状態空間」「ポリシー」「反復深化探索」
- (2) ミニマックス法の、アルゴリズムを示せ。また、その完全性、(コストの)最適性、(時間)計算量、記憶量を説明せよ。
- (3) アルファベータ手続き（枝刈り）を用いることで、最も理想的な状況において計算量がどの程度少なくなるか、例を示して図示しつつ説明せよ。
- (4) 相手プレイヤーがランダム行動すると分かっている場合に、ミニマックス法を用いるよりも効率的な方法を一つ説明せよ。
- (5) (時間)計算量、評価関数、機械学習、強化学習、といったキーワードを用いて、様々な二人ゲームにおいて、強いコンピュータのプレイヤーを実現する方法について論ぜよ。

Answer all the following questions (1)-(5) on adversarial search:

- (1) Explain the following terms:  
"agent", "perfect information", "state space", "policy", "iterative deepening search."
- (2) Describe the algorithm of the Minimax procedure. In addition, explain its completeness, (cost) optimality, time complexity, and space complexity.
- (3) Explain how much the alpha-beta pruning algorithm reduces the time complexity in the most ideal situation. Draw an example, and then use it for the explanation.
- (4) Assume that the opponent player is known to play in a random way. Explain a more efficient method than the Minimax procedure.
- (5) Using keywords such as time complexity, evaluation functions, machine learning, and reinforcement learning, discuss how to realize a strong computer player in various two-player games.

## 問題番号 (Number): T-3

以下の問いに答えよ.

1. ERR (Expected Reciprocal Rank) は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ものであり,  $ERR@k$  (順位  $k$  における ERR) は以下のように定義される.

$$ERR@k = \sum_{r \in R_k} p(r) \frac{1}{r}$$

ただし,  $R_k$  はランキング上位  $k$  件内に含まれる適合解の順位の集合で

$$p(r) = p_{stop}(r) \prod_{i=1}^{r-1} (1 - p_{stop}(i))$$

$$p_{stop}(i) = \frac{2^{rel_i} - 1}{2^{rel_{max}}}$$

であり,  $rel_i$  は順位  $i$  の解の適合度,  $rel_{max}$  は適合度の最大値である.

- (a) ERR はどのような種類のクエリに対して適しているか. その理由も述べよ.
- (b) ERR は, ユーザがどのような行動をし, どのような効用を得るという仮定に基づいて設計されているか説明せよ.

2. PageRank はグラフ上のランダムウォークとして解釈でき, グラフ上のランダムウォークは有限状態マルコフ連鎖とみなせる. 有限状態マルコフ連鎖に関する定理より, 各頂点の PageRank 値が収束する必要十分条件は, この有限状態マルコフ連鎖が既約かつ非周期的であることである.

- 有限状態マルコフ連鎖が既約であることの定義を述べよ
- 有限状態マルコフ連鎖が非周期的であることの定義を述べよ
- PageRank のランダムウォークが既約かつ非周期的な有限状態マルコフ連鎖になっていることを示せ.

3. 近接中心性最大の頂点の個数が一つ, 媒介中心性最大の頂点の個数が二つであるような無向グラフの例を書け.

Answer the following questions.

1. ERR (Expected Reciprocal Rank) is a measure of ranking quality used in information retrieval.  $ERR@k$  (ERR at the rank  $k$ ) is defined as follows:

$$ERR@k = \sum_{r \in R_k} p(r) \frac{1}{r}$$

where  $R_k$  is the set of ranks of relevant items within the top  $k$  of the ranking, and

$$p(r) = p_{stop}(r) \prod_{i=1}^{r-1} (1 - p_{stop}(i))$$

$$p_{stop}(i) = \frac{2^{rel_i} - 1}{2^{rel_{max}}}$$

and  $rel_i$  is the relevance of the item at rank  $i$ , and  $rel_{max}$  is the maximum value of the relevance.

- (a) For what kind of queries ERR is appropriate? Explain also why.
  - (b) Explain what kind of users' behaviors and benefits are assumed in the design of ERR.
2. PageRank can be modeled as a random walk on a graph, and a random walk on a graph can be regarded as a finite Markov chain. A theorem on finite Markov chains shows that the necessary and sufficient condition for the PageRank values of nodes in a graph to converge is that its finite Markov chain is irreducible and aperiodic.
    - (a) Explain the definition of irreducibility of finite Markov chains.
    - (b) Explain the definition of aperiodicity of finite Markov chains.
    - (c) Show that the random walk of PageRank is a irreducible and aperiodic finite Markov chain.
  3. Show an example of a graph where the number of nodes with the largest closeness centrality is one, and the number of nodes with the largest betweenness centrality is two.

問題番号 (Number): T-4

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 the peer-review in software developments is.

## 問題番号 (Number): T-5

アルファベット  $\{a, b\}$  上のワード  $w \in \{a, b\}^*$  は空であることを許した有限個のシンボルの順序的な並びであり、文字列とも呼ばれる。各シンボルは  $a$  または  $b$  のいずれかである。例えば、 $u = aba$  と  $v = aab$  は異なるワードである。ワード  $w$  の長さ  $|w|$  はそのワードが含むシンボルの個数を表す。例えば、上記の例では  $|u| = 3$  である。長さ 0 のワードを特に空ワードと呼び、 $\epsilon$  で表す。2つのワード  $p$  と  $q$  に対して、 $pq$  は結合を表す。すなわち、 $pq$  は文字列  $p$  に続いて文字列  $q$  を記してできる文字列である。よって、前記  $u, v$  に対して  $uv = abaaab$  となり、また、任意のワード  $w$  に対して  $\epsilon w = w\epsilon = w$  が成り立つ。ワード  $w$  のプリフィックスとは、あるワード  $q$  が存在して  $w = pq$  となるワード  $p$  を指す。例えば、 $\epsilon, a, ab, aba$  はいずれも前記  $u$  のプリフィックスである。長さ  $n$  のワード  $w$  に対して、 $1 \leq i \leq n$  なる  $i$  番目の文字を  $w_i$  と表す。

以下では複雑さの評価にランダウの big- $O$  記法を用いる。すなわち、 $f, g: \mathbf{N} \rightarrow \mathbf{R}$  に対して  $\exists C > 0 \forall n |f(n)| \leq C|g(n)|$  のとき  $f(n) = O(g(n))$  と書く。

以下の問いに答えよ。

1. アルファベット  $\{a, b\}$  上の文字列  $w \in \{a, b\}^*$  は、文字  $a$  と  $b$  を同じ個数含むときバランスしているという。

- (a) バランスしている文字列の長さは常に偶数であることを示せ。また、全ての  $n \geq 0$  に対して、長さ  $2n$  のバランスした文字列は  $\binom{2n}{n}$  個あることを示せ。
- (b)  $\{1, \dots, m\}$  の一様ランダムな整数を出力する手順  $\text{RANDOM}(m)$  を用いて、与えられた長さの一様ランダムなバランスした文字列を返すアルゴリズムを構成したい。次のアルゴリズムを考える。

```

1: procedure RANDOMBALANCED( $n$ )
2:    $w \leftarrow aa \dots a$       // 文字  $a$  のみからなる長さ  $2n$  の文字列
3:    $c \leftarrow 0$ 
4:   while  $c < n$  do
5:      $i \leftarrow \text{RANDOM}(2n)$ 
6:     if  $w_i = a$  then
7:        $w_i \leftarrow b$ 
8:        $c \leftarrow c + 1$ 
9:     end if
10:  end while
11:  return  $w$ 
12: end procedure
```

上記  $\text{RANDOMBALANCED}(n)$  が長さ  $2n$  の一様ランダムなバランスしたワードを出力することを示せ。また、手順内の各繰り返しで  $c$  がインクリメントされる確率が  $\geq 1/2$  であることを示し、アルゴリズムの平均実行時間 ( $\text{RANDOM}$  の呼び出し回数としてよい) が  $O(n)$  であることを説明せよ。



- (c) 上記 RANDOMBALANCED の最悪ケース実行時間が限定されないことを示せ。この問題を解決するために、RANDOM をちょうど  $n$  回呼び出し、実行時間を限定できるアルゴリズムを示せ。また、そのアルゴリズムの実行時間を解説せよ。
2. 文字列  $w \in \{a, b\}^*$  がバランスしていて、かつ、その各プリフィックスについて文字  $a$  の個数が文字  $b$  の個数以上であるとき、 $w$  は Dyck ワードであるという。例えば、 $abab$  はプリフィックスが  $\epsilon, a, ab, aba, abab$  であり、それぞれ  $b$  以上の  $a$  を含むため、Dyck ワードである。一方、 $abba$  はプリフィックス  $abb$  が  $a$  より多い  $b$  を含むため Dyck ワードではない。

本設問では以下に定義する Catalan 数を用いる。

$$\text{全ての整数 } n \geq 0 \text{ に対して} \quad C_n = \frac{1}{n+1} \binom{2n}{n}$$

解答では  $n \geq 1$  に対して次の恒等式が成り立つことを利用してよい。

$$C_n = \sum_{k=0}^{n-1} C_k C_{n-k-1}$$

- (a) 与えられたワード  $w \in \{a, b\}^*$  が Dyck ワードか否かを実行時間  $O(|w|)$  で判定するアルゴリズムを示し、その実行時間を説明せよ。
- (b) 任意の 2 つの Dyck ワード  $u, v$  に対して、 $w = auv$  は Dyck ワードとなることを示せ。
- (c) 空でない Dyck ワード  $w$  に対して、 $w = auv$  となる 2 つの Dyck ワード  $u, v$  が一意に定まることを示せ。
- (d) 長さ  $2n$  の Dyck ワードの総数を  $D_n$  とする。全ての  $n \geq 1$  に対して、

$$D_n = \sum_{k=0}^{n-1} D_k D_{n-k-1}$$

を示せ。また、その結果を用いて  $n \geq 0$  で  $D_n = C_n$  となることを示せ。

- (e) 以下のアルゴリズムについて考える。

```

1: procedure RANDOMDYCK( $n$ )
2:    $w \leftarrow$  RANDOMBALANCED( $n$ )
3:   if ISDYCK( $w$ ) then
4:     return  $w$ 
5:   else
6:     goto step 2
7:   end if
8: end procedure

```



上記  $\text{RANDOMDYCK}(n)$  が長さ  $2n$  の一様ランダムな Dyck ワードを返すことを示せ。また、その平均実行時間が  $O(n^2)$  であることを説明せよ。(ただし  $\text{RANDOMBALANCED}$  内で呼ばれる  $\text{RANDOM}$  の回数で評価すること。)

- 長さ  $2n$  の Dyck ワードはノード数  $n$  の二分木と一対一対応であることを示せ。それを利用して、 $n$  ノードの二分木を一様ランダムにサンプルするアルゴリズムを示せ。

A word  $w \in \{a, b\}^*$  on the alphabet  $\{a, b\}$  is a finite (possibly empty) ordered sequence of symbols (also called “letters”) each of which is either  $a$  or  $b$ . For example,  $u = aba$  and  $v = aab$  are distinct such words. The length  $|w|$  of a word  $w$  is the number of symbols it contains. For instance, the word  $u$  defined previously satisfies  $|u| = 3$ . The unique word of length 0 is called the empty word and denoted by  $\epsilon$ . If  $p$  and  $q$  are two words,  $pq$  denotes their concatenation: the word obtained by putting the letters of  $q$  after those of  $p$ . Thus, we have  $uv = abaaab$  for the above  $u$  and  $v$ , and  $\epsilon w = w\epsilon = w$  holds for any word  $w$ . A prefix of word  $w$  is any word  $p$  such that  $w$  can be written as  $pq$  for some word  $q$ . For instance, the prefixes of  $u$  are  $\epsilon$ ,  $a$ ,  $ab$  and  $aba$ . If  $w$  is a word of length  $n$  and  $1 \leq i \leq n$ , the  $i$ -th letter of  $w$  is denoted by  $w_i$ .

Complexity estimates use Landau’s big- $O$  notation, defined as follows. For  $f, g: \mathbf{N} \rightarrow \mathbf{R}$ , we write:

$$f(n) = O(g(n)) \quad \text{when } \exists C > 0 \forall n, |f(n)| \leq C|g(n)|.$$

Reply to the following questions.

1. A word  $w \in \{a, b\}^*$  on the alphabet  $\{a, b\}$  is called *balanced* if the letters  $a$  and  $b$  appear in it the same number of times.

- (a) Show that the length of a balanced word is always even, and that there are  $\binom{2n}{n}$  balanced words of length  $2n$  for all  $n \geq 0$ .
- (b) Given access to a procedure **RANDOM** such that **RANDOM**( $m$ ) returns a uniformly random integer in  $\{1, \dots, m\}$ , we want to construct an algorithm that returns a uniformly random balanced word of given length. Consider the following algorithm:

```

1: procedure RANDOMBALANCED( $n$ )
2:    $w \leftarrow aa \dots a$            // word of length  $2n$  containing only the letter
    $a$ 
3:    $c \leftarrow 0$ 
4:   while  $c < n$  do
5:      $i \leftarrow \text{RANDOM}(2n)$ 
6:     if  $w_i = a$  then
7:        $w_i \leftarrow b$ 
8:        $c \leftarrow c + 1$ 
9:     end if
10:  end while
11:  return  $w$ 
12: end procedure
```

Show that **RANDOMBALANCED**( $n$ ) returns a uniformly random balanced word of length  $2n$ . Moreover, show that the probability that  $c$  is incremented at a given iteration is  $\geq 1/2$ , and deduce that the average running time of the algorithm (measured in number of calls to **RANDOM**) is  $O(n)$ .

- (c) Justify that the running time of RANDOMBALANCED is unbounded in the worst case. Propose a different algorithm with bounded running time, that solves this problem and runs the RANDOM algorithm exactly  $n$  times. Analyze the complexity of your proposed algorithm.
2. A word  $w \in \{a, b\}^*$  is called a *Dyck word* if it is balanced, and if every prefix of  $w$  contains at least as many times the letter  $a$  as the letter  $b$ . For example, **abab** is a Dyck word, since all of its prefixes  $\epsilon$ , **a**, **ab**, **aba** and **abab** have at least as many  $a$ 's as  $b$ 's. However, **abba** is not a Dyck word, because the prefix **abb** has more  $b$ 's than  $a$ 's.

In addition, this question will make use of the so-called Catalan numbers, defined as follows:

$$C_n = \frac{1}{n+1} \binom{2n}{n} \quad \text{for all integers } n \geq 0.$$

The following identity holds for all  $n \geq 1$ , and can be used without proof:

$$C_n = \sum_{k=0}^{n-1} C_k C_{n-k-1}.$$

- (a) Propose an algorithm ISDYCK which, given a word  $w \in \{a, b\}^*$ , determines if it is a Dyck word in time  $O(|w|)$ . Justify your answer.
- (b) Show that for any two Dyck words  $u, v$ , the word  $w = \mathbf{a}ubv$  is also a Dyck word.
- (c) Show that if  $w$  is a non-empty Dyck word, then there exist two uniquely determined Dyck words  $u, v$  such that  $w = \mathbf{a}ubv$ .
- (d) Let  $D_n$  be the total number of Dyck words of length  $2n$ . Show that for all  $n \geq 1$ , we have:

$$D_n = \sum_{k=0}^{n-1} D_k D_{n-k-1}.$$

Deduce that  $D_n = C_n$  for all  $n \geq 0$ .

- (e) Consider the following algorithm.

```

1: procedure RANDOMDYCK( $n$ )
2:    $w \leftarrow$  RANDOMBALANCED( $n$ )
3:   if ISDYCK( $w$ ) then
4:     return  $w$ 
5:   else
6:     goto step 2
7:   end if
8: end procedure
```

Show that RANDOMDYCK( $n$ ) returns a uniformly random Dyck word of length  $2n$ . Moreover, show that the algorithm runs in time  $O(n^2)$  on average (again, measured in calls to RANDOM inside the RANDOMBALANCED subroutine).

3. Show that Dyck words of length  $2n$  are in one-to-one correspondence with binary trees with  $n$  nodes. Deduce an algorithm to sample a uniformly random binary tree with  $n$  nodes.

問題番号 (Number): T-6

ヒューマンインタフェースについて以下の問いに答えよ。

- (1) ニールセンのユーザビリティ 10 原則とノーマンのデザイン原理の 6 項目を全てあげよ。そして、2つの原則・原理の間で互いに類似する項目同士を線で結び、それらについて説明せよ。
- (2) 計算機を用いた複数のユーザによる協調作業や協働学習を支援するために必要とされるウェアネスのタイプを 5 つあげ、それぞれについて説明せよ。

Answer the following questions about human interfaces.

- (1) List Nielsen's 10 Usability Principles and Norman's 6 Design Principles, and draw a line to connect principles that are similar to each other, and then explain them.
- (2) Explain 5 types of awareness that should be provided in computer-supported cooperative work and collaborative learning.

問題番号 (Number): B-1

炭素と窒素の自然安定同位体比を用いて、食物網を解析できる原理について説明しなさい。

Explain the principle that the natural stable isotope ratios of carbon and nitrogen can be used to analyze a food web.

---

問題番号 (Number): B-2

陸上動物の空間利用を調査する手法を3つ挙げ、それらの長所と短所をそれぞれ説明しなさい。

List three methods for investigating the spatial use of terrestrial animals and describe the advantages and disadvantages of each method.

問題番号 (Number): B-3

海洋と森林の一次生産の特徴を述べなさい。また、地球規模の炭素循環において、海洋と森林が重要視される理由を論じなさい。

Describe the characteristics of marine primary production and forest primary production. Then, discuss the reasons why oceans and forests are considered important in global carbon cycling.

---

問題番号 (Number): B-4

以下の問いにすべて答えなさい。

Answer all of the following questions.

1. 適応と馴化の違いを説明しなさい  
Explain differences between biological adaptation and acclimation.
2. マイクロ波リモートセンシングの利点とは何か、説明しなさい  
Explain advantages of micro-wave remote sensing.
3. 相利共生、片利共生、寄生について、それぞれ説明しなさい  
Explain each of mutualism, commensalism, and parasitism.
4. 相関関係と因果関係の違いについて、交絡因子の影響とともに説明しなさい。  
Explain differences between correlation and causality with the effects of a confounding factor.

問題番号 (Number): D-1

自然災害のリスクとしての特徴と、これらの特徴が人間行動や経済にいかなる影響を及ぼすのかについて説明しなさい。

Describe major features of a natural disaster as a risky event and explain what kind of effects on human behavior and economy these features bring about?

---

問題番号 (Number): D-2

自然災害を対象としたリスク管理と危機管理の目的と手順を説明せよ。

Explain the objectives and procedures of risk management and crisis management for natural disasters.



問題番号 (Number): D-3

避難行動研究について、具体的な事例を二、三あげて論じなさい。

Discuss evacuation behavior research by giving a few concrete examples.

---

問題番号 (Number): D-4

災害関連死とは何か。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-related death? Discuss this concept by giving a few concrete examples.

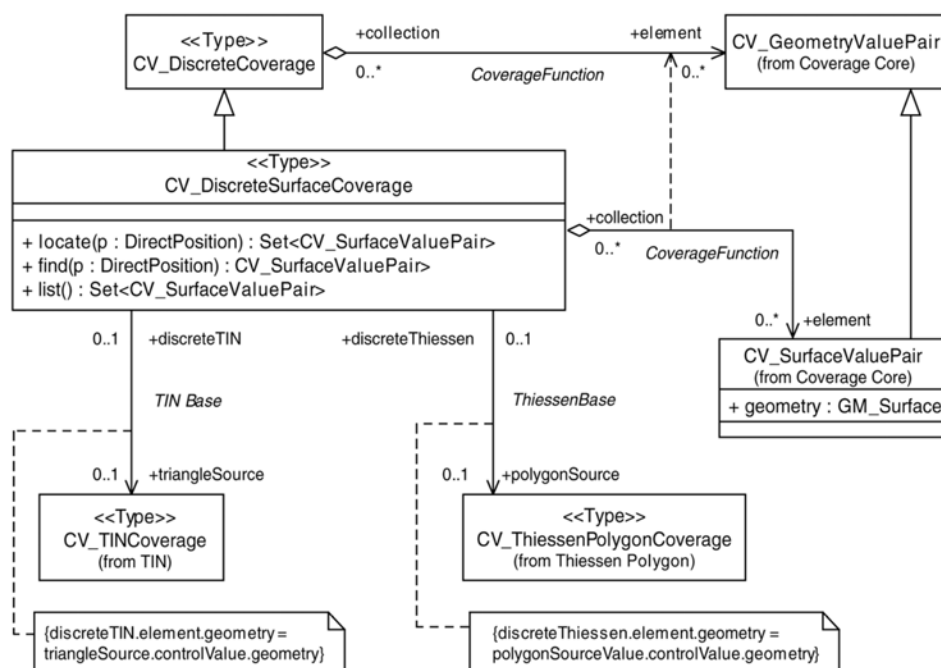
問題番号 (Number): D-5

図は, ISO 19123 (Geographic information — Schema for coverage geometry and functions: 2005)における「CV\_DiscreteSurfaceCoverage」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) GM\_Surface
- (2) TIN
- (3) Thiessen polygon

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

- (1) GM\_Surface
- (2) TIN
- (3) Thiessen polygon



CV\_DiscreteSurfaceCoverage in ISO 19123

問題番号 (Number): D-6

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「Resource Management」がある。「Resource 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 for successful crisis management. "Resource Management" is one of the components. Discuss "Resource Management" with a few concrete examples.

問題番号 (Number): M-1

病院情報システムは、複数の部門システムの集合体である。CT 画像検査に関係する下記の略称で示されている各システムの正式名称（英語）と役割を示せ。

A) CPOE    B) RIS    C) PACS    D) EMR (EHR)

A hospital information system consists of multiple sub-systems. Give the full English name of the following sub-systems related to CT-test and describe the role of each sub-system.

A) CPOE    B) RIS    C) PACS    D) EMR (EHR)

---

問題番号 (Number): M-2

病院情報システムでは患者データを取り扱うため、それを構成する個々のサブシステムだけでなく、それらを有機的に結びつけるネットワーク基盤（インフラ）も高い安全性を備えた設計が求められる。その一方で病院業務を円滑に進めるためには、サブシステム間のみならず、これらとクラウドサービス等の外部サービスとの通信経路の確立が必要とされる。これらを踏まえ、病院情報システムのネットワーク設計時の安全対策を三つあげ、ネットワーク構成を図示しつつそれらの安全性に関して論ぜよ。

Since a hospital information system (HIS) handles patient data, not only the individual subsystems that make up HIS, but also the network infrastructure that organically links them must be designed with a high level of security. On the other hand, in order to carry out hospital operations smoothly, it is necessary to establish various communication routes among the subsystems and between the subsystems and external services such as cloud services. Based on these considerations, list three safety solutions for the network design of HIS, and discuss their safety with an illustration of the network configurations.

問題番号 (Number): M-3

本邦の保険診療における診療報酬システムにおける保険者、被保険者（患者）、医療機関の役割について、以下のキーワードを用いて、三者の関係性がわかるように論ぜよ。

（医療の提供、診療報酬請求書（レセプト）、支払）

Discuss the roles of insurers, insured persons (patients), and medical institutions in the medical fee system in Japan, using the following keywords.

(Provision of medical care, health insurance claim, payment)

---

問題番号 (Number): M-4

医療情報の電子化に伴い、医療者間、医療施設間、医療施設-患者間など、様々な関係者間での情報共有が容易になった。情報共有基盤実現のためには多くの技術的裏付けが必要である。個人情報へのアクセスのしやすさや、機器の使いやすさ、セキュリティといった一般的情報技術は無論重要だが、医療医情報を扱うで特有の技術的課題もある。医療情報を扱う上で必要な技術的課題について、以下の2点に着目して説明せよ。

A) ID, B) 標準化

The computerization of medical information enables information sharing between various stakeholders, such as between medical professionals, between medical institutions, and between medical institutions and patients. Various technical underpinnings are necessary to realize the information sharing infrastructure. While general information technology, such as ease of access to personal information, ease of use, and security, is of course important, there are additional medical IT specific technical challenges. Discuss the medical IT specific technical challenges with reference to the following two issues.

A) ID, B) standardization

問題番号 (Number): M-5

(1) あるディスク装置を利用していた時、10,000 時間、5,000 時間、3,000 時間使用した時点で故障が発生した。このディスク装置の平均故障間隔を求めよ。

When using a disk drive, it failed after 10,000 hours, 5,000 hours, and 3,000 hours of use. Find the MTBF (*Mean Time Between Failures*) of this disk drive.

(2) このディスク装置を修理のために 5 時間、1 時間、3 時間の時間を要した。この平均修理時間を求めよ。

This disk drive took 5 hours, 1 hour, and 3 hours to repair. Find the MTTR (*Mean Time To Repair*) of this disk drive.

(3) 稼働率と平均故障時間、平均修理時間の関係を記せ。このディスク装置の稼働率を求めよ。

Describe the relationship between the operation rate, MTBF, and MTTR.  
Find the operation rate of this disk drive.