

2023年度夏入試 / 2023 Summer Entrance Examination

東京大学
大学院情報理工学系研究科
創造情報学専攻

Department of Creative
Informatics
Graduate School of Information
Science and Technology
The University of Tokyo

創造情報学 1

Creative Informatics 1

注意事項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開かないこと。
2. この表紙の下部にある受験番号欄に受験番号を記入すること。
3. 日本語ないし英語で回答すること。
4. 解答用紙のおもて面に書ききれないときには、うら面にわたってもよい。
5. 解答用紙の指定された箇所に、受験番号および問題番号を忘れずに記入すること。
6. 解答用紙および問題冊子は持ち帰らないこと。

INSTRUCTIONS

1. Do not open this booklet until the start of the examination is announced.
2. Write your examinee's number below on this cover page.
3. Answer in Japanese or English.
4. You may write on the back of the answer sheet.
5. Write your examinee's number and the problem number inside the top blanks of each sheet.
6. Do not bring the answer sheet or this booklet out of this room.

受験番号 / Examinee's number _____

このページは空白。
This page is blank.

このページは空白。
This page is blank.

第1問

二つの2進整数の和が3の倍数かどうかを判定する決定性有限オートマトン(DFA)を作りたい。

(1) DFAは状態遷移図と呼ばれる有向グラフで表現される。図1は状態遷移図の例である。DFAの状態はグラフの節点で表される。ある状態 q で記号 a を読み取ったとき、状態 q に対応する節点の a のラベルを持つ出力辺に従って状態を変える。入力として許される記号の集合は有限集合である。この集合をそのDFAの入力アルファベットと言う。DFAの状態遷移図では、どの節点も入力アルファベットの各記号に対して出力辺を丁度一つずつ持つ。

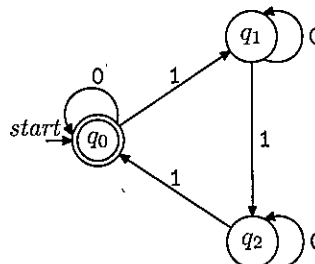


図1: M_1 の状態遷移図

状態のうちの一つは開始状態であり、 $start$ のラベルが付いた矢印で表される。いくつかの状態は受理状態として指定されており、二重丸で表される。開始状態にあるDFA M が、記号列 w を左から右に1記号ずつ全て読み取った後いずれかの受理状態になるとき、 M は w を受理するという。

(1-1) 図1で表されるDFAを M_1 とする。 M_1 の入力アルファベットは $\{0, 1\}$ である。 M_1 が開始状態から始めて記号列0101110を読んだ後の状態を答えよ。

(1-2) DFA M_1 が受理する、0101110から始まる最短の記号列を答えよ。

(1-3) 記号列 w の長さが偶数のとき、かつ、そのときに限り w を受理するDFA M_2 を作り、その状態遷移図を描け。ただし M_2 は以下の条件を満たすこと。

(条件1) M_2 の状態数は2とする。

(条件2) M_2 の入力アルファベットは $\{0, 1\}$ とする。

(2) $\{0, 1\}$ の要素である記号の列を2進数と考えよう。 n 桁の2進数で、下位から i 桁目($0 \leq i < n$)の数字が $x_i \in \{0, 1\}$ である2進数を $(x_{n-1}x_{n-2} \cdots x_0)_2$ で表す。また、その値を $\mathcal{V}(x_{n-1}x_{n-2} \cdots x_0)$ で表す。列 $x_{n-1}x_{n-2} \cdots x_0$ が0の列で始まるときは、 $\mathcal{V}(x_{n-1}x_{n-2} \cdots x_0)$ をその0の列を取り除いた2進数の値とする。長さが0の列は空列と言い、 ε で表される。 $\mathcal{V}(\varepsilon) = 0$ とする。例えば、 $\mathcal{V}(0101110)$ は10進表現では46である。

桁数が偶数の任意の2進数 $(x_{2n-1}x_{2n-2} \cdots x_0)_2$ について、

$$\mathcal{V}(x_{2n-1}x_{2n-2} \cdots x_0) \equiv \left(2 \sum_{i=0}^{n-1} x_{2i+1} + \sum_{i=0}^{n-1} x_{2i} \right) \pmod{3}$$

が成り立つことを示せ。ただし「 $a \equiv b \pmod{3}$ 」は a と b をそれぞれ3で割った余りが等しいことを表す。以降では、「 $\pmod{3}$ 」を省略して単に「 $a \equiv b$ 」と書くことにする。

(3) $\{0, 1\}$ の要素である記号の列 w を 2 進数 $(w)_2$ と考える。 w の長さが偶数で、かつ、

$$\mathcal{V}(w) \equiv 0$$

が成り立つとき、かつ、そのときに限り、 w を逆順に並べた列 w^R を受理する DFA M_3 を作り、その状態遷移図を描け。ただし M_3 は以下の条件を満たすこと。

(条件 1) M_3 の状態数は 6 とする。

(条件 2) M_3 の入力アルファベットは $\{0, 1\}$ とする。

(4) $\{0, 1\}$ の要素である記号の列 w を 2 進数 $(w)_2$ と考える。 w の長さにかかわらず

$$\mathcal{V}(w) \equiv 0$$

が成り立つとき、かつ、そのときに限り w^R を受理する DFA M_4 を作り、その状態遷移図を描け。ただし M_4 は以下の条件を満たすこと。

(条件 1) M_4 の状態数は 3 とする。

(条件 2) M_4 の入力アルファベットは $\{0, 1\}$ とする。

(5) Σ を

$$\Sigma = \left\{ \binom{a}{b} \mid a, b \in \{0, 1\} \right\}$$

とする。 Σ の要素である記号の長さ n の列 $w = \binom{x_{n-1}}{y_{n-1}} \binom{x_{n-2}}{y_{n-2}} \cdots \binom{x_0}{y_0}$ について、

$$\mathcal{V}(x_{n-1}x_{n-2}\cdots x_0) + \mathcal{V}(y_{n-1}y_{n-2}\cdots y_0) \equiv 0$$

が成り立つとき、かつ、そのときに限り w^R を受理する DFA M_5 を作り、その状態遷移図を描け。ただし M_5 は以下の条件を満たすこと。

(条件 1) M_5 の状態数は 3 とする。

(条件 2) M_5 の入力アルファベットは Σ とする。

Problem 1

We are constructing a deterministic finite automaton (DFA) that judges whether the sum of two binary integers is a multiple of three or not.

(1) A DFA is represented by a directed graph called a state diagram. Figure 1 is an example of a state diagram. The states of a DFA are represented by the nodes of the graph. When a DFA in state q reads a symbol a , it changes its state according to the outgoing edge labeled a of the node corresponding to q . The set of allowed input symbols is a finite set, which is called its input alphabet. In the state graph of a DFA, each node has exactly one outgoing edge for each symbol in its input alphabet.

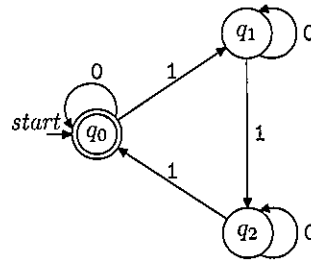


Figure 1: State diagram of M_1

One of the states is the start state, which is indicated by the arrow labeled *start*. Some states are designated as final states, which are indicated by double circles. When a DFA M in its start state will be in one of the final states after reading all symbols of a symbol string w one-by-one from left to right, we say M accepts w .

- (1-1) Let M_1 be the DFA represented by Figure 1. The input alphabet of M_1 is $\{0, 1\}$. Answer the state that M_1 will be in after reading the symbol string 0101110 starting in the start state.
- (1-2) Answer the shortest symbol string starting with 0101110 that the DFA M_1 accepts.
- (1-3) Construct a DFA M_2 that accepts a symbol string w if and only if the length of w is an even number, and draw its state diagram. M_2 must satisfy the following conditions.
- (Condition 1) The number of states of M_2 is two.
- (Condition 2) The input alphabet of M_2 is $\{0, 1\}$.

(2) Consider a string of symbols in $\{0, 1\}$ to be a binary number. Let $(x_{n-1}x_{n-2} \cdots x_0)_2$ denote the n -digit binary number whose i -th digit ($0 \leq i < n$) from the least significant digit is $x_i \in \{0, 1\}$. Let $\mathcal{V}(x_{n-1}x_{n-2} \cdots x_0)$ denote its value. When the string $x_{n-1}x_{n-2} \cdots x_0$ starts with a sequence of 0s, let $\mathcal{V}(x_{n-1}x_{n-2} \cdots x_0)$ denote the value of the string without the sequence of 0s. The string whose length is zero is called an empty string, denoted by ε . Let $\mathcal{V}(\varepsilon) = 0$. For example, $\mathcal{V}(0101110)$ is 46 in decimal.

For every binary number with an even number of digits $(x_{2n-1}x_{2n-2} \cdots x_0)_2$, show

$$\mathcal{V}(x_{2n-1}x_{2n-2} \cdots x_0) \equiv \left(2 \sum_{i=0}^{n-1} x_{2i+1} + \sum_{i=0}^{n-1} x_{2i} \right) \pmod{3}.$$

Here, " $a \equiv b \pmod{3}$ " denotes the remainders of a and b are the same when they are divided by three. In what follows, we will omit " $\pmod{3}$ " and simply denote " $a \equiv b$."

(3) Consider w , a string of symbols in $\{0, 1\}$, to be a binary number $(w)_2$. Construct a DFA M_3 that accepts $w^{\mathcal{R}}$, the string w in reverse order, if and only if its length is an even number, and

$$\mathcal{V}(w) \equiv 0$$

holds, and draw its state diagram. M_3 must satisfy the following conditions.

(Condition 1) The number of states of M_3 is six.

(Condition 2) The input alphabet of M_3 is $\{0, 1\}$.

(4) Consider w , a string of symbols in $\{0, 1\}$, to be a binary number $(w)_2$. Construct a DFA M_4 that accepts $w^{\mathcal{R}}$ if and only if

$$\mathcal{V}(w) \equiv 0$$

holds regardless of the length of w , and draw its state diagram. M_4 must satisfy the following conditions.

(Condition 1) The number of states of M_4 is three.

(Condition 2) The input alphabet of M_4 is $\{0, 1\}$.

(5) Let

$$\Sigma = \left\{ \binom{a}{b} \mid a, b \in \{0, 1\} \right\}.$$

For $w = \binom{x_{n-1}}{y_{n-1}} \binom{x_{n-2}}{y_{n-2}} \cdots \binom{x_0}{y_0}$, a string of symbols in Σ with length n , construct a DFA M_5 that accepts $w^{\mathcal{R}}$ if and only if

$$\mathcal{V}(x_{n-1}x_{n-2}\cdots x_0) + \mathcal{V}(y_{n-1}y_{n-2}\cdots y_0) \equiv 0$$

holds, and draw its state diagram. M_5 must satisfy the following conditions.

(Condition 1) The number of states of M_5 is three.

(Condition 2) The input alphabet of M_5 is Σ .

このページは空白。
This page is blank.

このページは空白。
This page is blank.

2023年度夏入試 / 2023 Summer Entrance Examination

東京大学
大学院情報理工学系研究科
創造情報学専攻

Department of Creative
Informatics
Graduate School of Information
Science and Technology
The University of Tokyo

創造情報学 2

Creative Informatics 2

注意事項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開かないこと。
2. この表紙の下部にある受験番号欄に受験番号を記入すること。
3. 日本語ないし英語で回答すること。
4. 解答用紙のおもて面に書ききれないときには、うら面にわたってもよい。
5. 解答用紙の指定された箇所に、受験番号および問題番号を忘れずに記入すること。
6. 解答用紙および問題冊子は持ち帰らないこと。

INSTRUCTIONS

1. Do not open this booklet until the start of the examination is announced.
2. Write your examinee's number below on this cover page.
3. Answer in Japanese or English.
4. You may write on the back of the answer sheet.
5. Write your examinee's number and the problem number inside the top blanks of each sheet.
6. Do not bring the answer sheet or this booklet out of this room.

受験番号 / Examinee's number _____

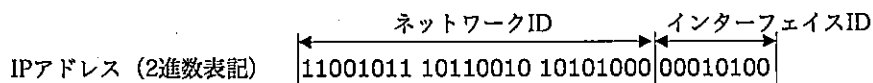
このページは空白。
This page is blank.

このページは空白。
This page is blank.

第2問

インターネット上の場所を示す IPv4 アドレスは、32bits (4 バイト) の数値である。図 1 に示される通り、8bits (1 バイト) ごとに 10 進数でドット "." で区切り表現されることが多い。IP アドレスはネットワークインターフェイス (ノードと物理リンクの間の境界) に対して割り振られる。IP アドレスは、ネットワークを識別するネットワーク ID と、インターフェイスを識別するインターフェイス ID で構成される。ネットワーク表記では、IP アドレスの 10 進数表記に "/" とネットワーク ID の長さ (ビット数) を付加して図 1 のようにネットワークを表す。

IPアドレス (10進数表記) 203.178.168.20



ネットワーク表記 203.178.168.0/24
ネットワークIDの長さ (ビット数)

図 1

ネットワークはサブネットに分割できる。個々のサブネットは、一意なネットワーク ID を持つ。ネットワーク管理者は、サブネットのネットワーク ID を持つ IP アドレスの範囲 (ブロック) から IP アドレスを、そのサブネットに接続するインターフェイスへ割り当てる。

例えば、203.178.168.0/24 は、IP アドレス範囲が 203.178.168.0 から 203.178.168.127 までの 203.178.168.0/25 と、IP アドレス範囲が 203.178.168.128 から 203.178.168.255 までの 203.178.168.128/25 に分割できる。加えて 203.178.168.0/27 のサブネットを作ることもできる。203.178.168.0/25 と 203.178.168.0/27 を別のサブネットに割り当てる場合は、アドレス重複を避けなければならない。つまり、203.178.168.0/25 のサブネットに接続するインターフェイスには、203.178.168.0/27 のサブネットのアドレスの範囲以外から IP アドレスを割り当てる。これは、203.178.168.0/27 が 203.178.168.0/25 に含まれるからである。以下の問いに答えよ。

- (1) インターネット上に一意に識別可能な IPv4 アドレスは何個あるか?
- (2) 16 進数表記が、C0A864C8 である IPv4 アドレスを 10 進数表記で表せ。
- (3) ネットワーク ID の長さが 20 ビットのネットワークにおける、割り当てが可能な IP アドレスは最大いくつ? ただし、インターフェイス ID が 2 進数表記で全て 0、または全て 1 の ID は予約 ID であり、インターフェイスに割り当てられない。

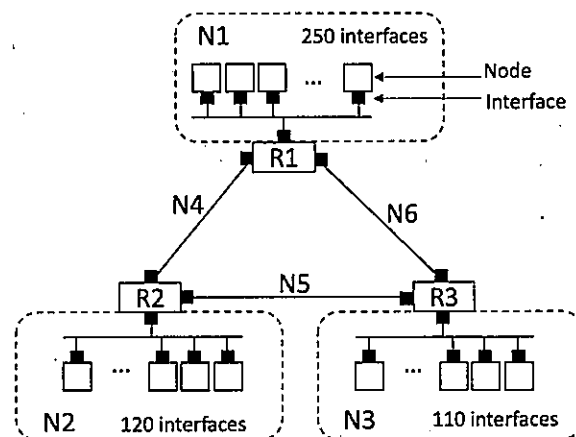


図 2

- (4) 192.168.254.0/23 を分割し、図2の6つのサブネット (N1~N6) へ、それぞれネットワークアドレスを割り当てる。ネットワークアドレスは、以下の制約を満たすように割り当てることとする。N1からN6までIPアドレスを小さい順に割り当てる。サブネット N1 は 250 個のインターフェイス、サブネット N2 は 120 個のインターフェイス、N3 は 110 個のインターフェイスに IP アドレスを割り当てる必要がある。N1~N3 に接続するインターフェイスにはそれぞれのルータ R1~R3 のものも含まれる。異なるサブネットに接続する複数のインターフェイスを持つノードをここではルータと呼ぶ。また、N4~N6 では両端のルータのインターフェイスにアドレスを割り当てる。それぞれのサブネットに割り当てるアドレスの範囲を 192.168.a.b - 192.168.d.e のような表記で示せ。なお、問(3)で述べた予約 ID の存在に注意せよ。

図3のネットワーク構成で、Voice-over IP アプリケーションのために UDP パケットを送信する。パケットは 100 バイトのヘッダと P バイトのペイロード (データ部分) で構成されているとする。このネットワークのボトルネックは Router1 と Router2 の間であり通信帯域は 6M bits/sec である。

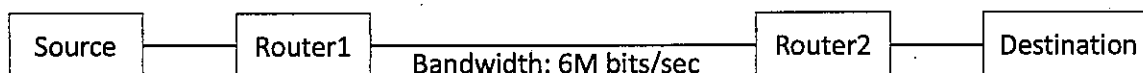


図3

- (5) Source ノードが、デジタル符号化された音声データを送信することを考える。音声データは 128kbps の一定レートで符号化されているとする。Source ノードがネットワークにパケットを送信する前に、各パケットが充填されると仮定する。Source ノードでは、データがペイロードに充填される時間を待つ必要があり、この遅延をパケット化遅延と呼ぶ。 $P = 1000$ バイトの時、パケット化遅延を求めよ。
- (6) 快適な会話のために、パケット化遅延を 20 ミリ秒以下に抑えたい場合、パケットサイズをどのように変更すべきか？
- (7) 次に、大きなファイルをなるべく早く送りたい。ペイロードのスループットを実効スループットと呼ぶ。最大実効スループットを、 P を用いて式で表せ。また、 $P = 100$ と、 $P = 1000$ バイトの時の最大実効スループットを答えよ。
- (8) インターネットでは、必要なときにルータはパケットを破棄する。ルータが確率 s でパケットを破棄するとき、図3において Source ノードが送信した (Destination に届かなかったものも含む) すべてのパケットの平均ホップ数を答えよ。パケットを次の宛先に届けることをホップするという。図3ではパケットが Source ノードから Destination ノードまで到達する時、3 ホップする。
- (9) 伝送路のビット誤り率が α ($0 \leq \alpha < 1$) である。誤り率を改善するため、送信側は各ビットを 3 つずつ連続して送信することにする。たとえば、0 を送信したい場合は、000 と送り、1 を送信するときは 111 と送る。受信側が多数決をとって元データを復元するとき、復元後のビット誤り率を式で表せ。
- (10) TCP/IP 通信の宛先ノードでは、複数のプロセスが動作していることが想定されており、宛先ポート番号を、受信したパケットの正しい宛先プロセスを識別するために利用する。TCP/IP の設計者たちは、プロセス識別子とは独立したポート番号という抽象識別子を利用することになぜしたのか。ポート番号を導入するメリットを 2 つ答えよ。

Problem 2

An IPv4 address, which indicates a location on the Internet, is a 32 bits (4 Bytes) number. Each 8 bits (1 Byte) is represented as a decimal number separated by a dot "." as in Figure 1. IP addresses are assigned to network interfaces (boundaries between nodes and physical links). An IP address consists of a network ID that identifies the network and an interface ID that identifies the interface. In the network notation, a network is expressed by a decimal notation of the IP address with "/" and a length of a network ID (number of bits), as shown in Figure 1.

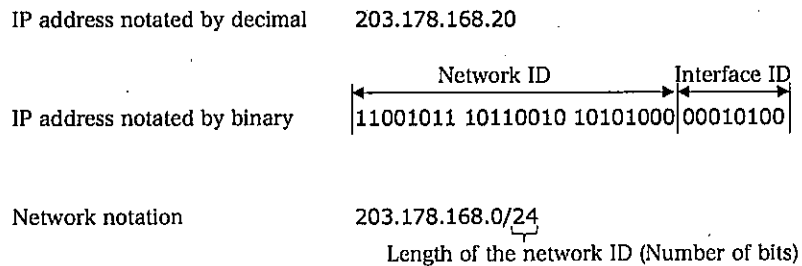


Figure. 1

A network can be divided into subnets. Each subnet has a unique network ID. The network administrator assigns IP addresses from the range (block) of IP addresses with the subnet's network ID to the interfaces connecting to that subnet.

For example, 203.178.168.0/24 can be divided into 203.178.168.0/25, with IP addresses ranging from 203.178.168.0 to 203.178.168.127, and 203.178.168.128/25, with IP addresses ranging from 203.178.168.128 to 203.178.168.255. In addition, a subnet of 203.178.168.0/27 can be created. Suppose 203.178.168.0/25 and 203.178.168.0/27 are assigned to different subnets. In that case, the network administrator must avoid IP address duplication. The administrator assigns IP addresses to the interfaces connecting to the subnet of 203.178.168.0/25 from the range excluding 203.178.168.0/27 because 203.178.168.0/25 includes 203.178.168.0/27.

Answer the following questions.

- (1) How many uniquely identifiable IPv4 addresses exist in the Internet?
- (2) Express in decimal representation the IPv4 address with the hexadecimal representation C0A864C8.
- (3) What is the maximum number of IP addresses that can be assigned in a network with a network ID length of 20 bits? However, the interface IDs are reserved when they are all 0 or 1. They are not assigned to interfaces.
- (4) Assign network addresses to each of the six subnets (N1 to N6) in Figure 2 from 192.168.254.0/23. The subnet assignment has

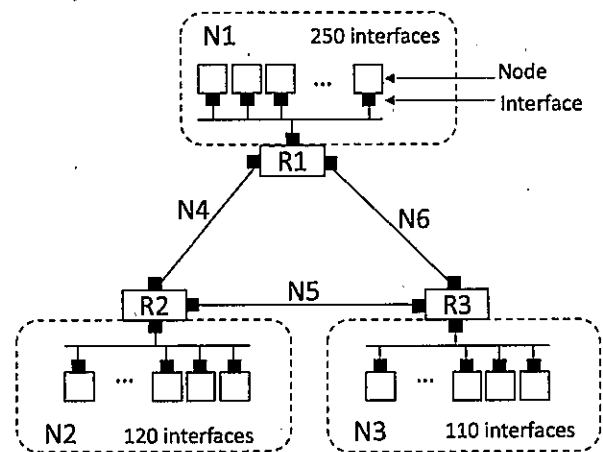


Figure. 2

the following constraints: IP addresses are assigned in ascending order from N1 to N6. IP addresses must be assigned on 250 interfaces in N1, IP addresses must be assigned on 120 interfaces in N2, and IP addresses must be assigned on 110 interfaces in N3. Note that the interfaces connected to N1 to N3 include those of the respective routers. A node with multiple interfaces connecting to different subnets is called a router here. In addition, we should assign IP addresses to the routers (R1 to R3)' interfaces in N4, N5 and N6. We have the same reserved IDs as in question (3). Answer the address range, such as 192.168.a.b - 192.168.d.e, to be assigned to each subnet.

A UDP packet is sent for a Voice-over IP application in a network shown in Figure 3. The packet consists of a 100-byte header and a P -byte payload (data part). The bottleneck in this network is between Router 1 and Router 2, with the bandwidth of 6M bits/sec.

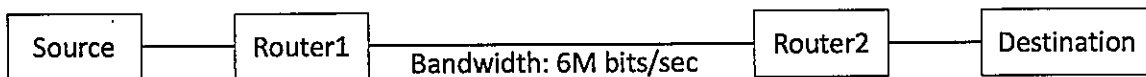


Figure. 3

- (5) Consider sending digitally encoded voice data directly from the source node to the destination node. Suppose the data is encoded at a constant rate of 128 kbps and each packet is entirely filled before the source sends the packet into the network. The source node must wait until the payload is filled with data, and this delay is called packetization delay. When $P = 1000$ bytes, determine the packetization delay.
- (6) If we want to keep packetization delay below 20 milliseconds for comfortable conversations, how should we change the packet size?
- (7) Next, we want to send large files as quickly as possible. Payload throughput is called effective throughput. Express the maximum effective throughput using P in an equation. Also, give the maximum effective throughput when $P = 100$ and $P = 1000$ bytes.
- (8) On the Internet, routers may discard packets when necessary. When a router discards a packet with probability s , give the average number of hops for all packets sent by the source node in Figure 3 (including those that did not reach the destination). Delivering a packet to the next destination is called hopping. In Figure 3, when a packet reaches the destination node from the source node, it hops three times.
- (9) The bit error rate of the transmission channel is α ($0 \leq \alpha < 1$). The source node sends each bit three times to improve the error rate. For example, when it transmits 0, it sends 000, and when it transmits 1, it sends 111. When the receiver restores the original data by majority vote, express bit error rate after the restoration as an equation.
- (10) In TCP/IP communication, since multiple processes are assumed to be running at the destination node, the destination port number is used to identify the destination process for the received packet. Why did the designers of TCP/IP choose an abstract identifier, the port number, which is independent of its process identifier? Answer two benefits of the port number.

このページは空白.

This page is blank.

このページは空白。
This page is blank.

2023年度夏入試 / 2023 Summer Entrance Examination

東京大学
大学院情報理工学系研究科
創造情報学専攻

Department of Creative
Informatics
Graduate School of Information
Science and Technology
The University of Tokyo

創造情報学 3

Creative Informatics 3

注意事項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開かないこと。
2. この表紙の下部にある受験番号欄に受験番号を記入すること。
3. 日本語ないし英語で回答すること。
4. 解答用紙のおもて面に書ききれないときには、うら面にわたってもよい。
5. 解答用紙の指定された箇所に、受験番号および問題番号を忘れずに記入すること。
6. 解答用紙および問題冊子は持ち帰らないこと。

INSTRUCTIONS

1. Do not open this booklet until the start of the examination is announced.
2. Write your examinee's number below on this cover page.
3. Answer in Japanese or English.
4. You may write on the back of the answer sheet.
5. Write your examinee's number and the problem number inside the top blanks of each sheet.
6. Do not bring the answer sheet or this booklet out of this room.

受験番号 / Examinee's number _____

このページは空白。
This page is blank.

このページは空白.

This page is blank.

第3問

以下に示す情報システムに関する8項目から4項目を選択し、各項目を4~8行程度で説明せよ。必要に応じて例や図、数式を用いてよい。

- (1) ハッシュテーブル
- (2) プロセスとスレッド
- (3) CSMA/CD
- (4) ラウス・フルビッツの安定判別法
- (5) ランダムフォレスト
- (6) 関数型プログラミング
- (7) フリップフロップ
- (8) SLAM (Simultaneous localization and mapping)

Problem 3

Select four items out of the following eight items concerning information systems, and explain each item in approximately from four to eight lines of text. If necessary, use examples, figures or equations.

- (1) Hash table
- (2) Process and Thread
- (3) CSMA/CD
- (4) Routh–Hurwitz stability criterion
- (5) Random forest
- (6) Functional programming
- (7) Flip-flop
- (8) SLAM (Simultaneous localization and mapping)

このページは空白。
This page is blank.

このページは空白。
This page is blank.