

平成 20 年度 夏入試

東京大学情報理工学系研究科創造情報学専攻

専門科目

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しなさい。
3. 4問中3問を選択して、日本語ないし英語で解答すること。
4. 解答用紙は3枚配られる。1問ごとに必ず一枚の解答用紙を使用すること。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、受験番号およびその用紙で解答する問題番号を記入すること。
6. 解答に関係のない記号、符号、文言などを記入した答案は無効とする。
7. 解答用紙および問題冊子は持ち帰らないこと。

受験番号 _____

第1問

正の整数 J の約数の個数を N とする。与えられる N に対して最小の J を求めたい。なお、約数には 1 と J 自身も含まれる。

- (1) $N = 5$ および、 $N = 8$ のときの最小の J をそれぞれ求めなさい。
- (2) $0 \leq i < k$ に対し、 p_i を互いに異なる素数、 a_i を正の整数としたとき、 J は

$$J = \prod_{i=0}^{k-1} p_i^{a_i}$$

と素因数分解できるものとする。このとき、 J の約数の個数を数式で表現しなさい。

- (3) N が奇数のとき、 J はどのような数になるか。
- (4) (2) に基づき、 N を入力すると最小の J を求める手順の概要を記述しなさい。計算量を少なくする工夫があれば、それも記述しなさい。
- (5) $N=24$ の場合の最小の J を求めなさい。

第2問

並列コンピュータにおいて同期をとることは、排他制御や、生産者・消費者同期を実現するために必須である。並列コンピュータにおける同期の実現について、以下の問に答えよ。

- (1) 並列コンピュータがメモリを共有している場合、プロセス間の排他制御を実現する方法を1種述べ、動作の概要を疑似プログラムで示せ。
- (2) 排他制御を実現する際、メモリの読み出しと書き込み操作を不可分操作とすることが必要であり(注1)、test and set、または compare and swap 命令は必要な不可分操作を実現する。これら不可分操作が必要な理由を述べよ。(注2)
- (3) 分散メモリ型並列コンピュータでは、メッセージ通信を用いて同期を実現できる。メッセージ通信によるメッセージの受け渡しとセマフォが同期に関して同等の機能を有することを示せ。
- (4) (1) から (3) で示した同期方法では、単位時間にシステム全体で実現する同期の数、例えば排他制御の数は、システムのプロセッサ台数に関わらず一定である。すなわち、同期能力がコンピュータ台数に比例しない。システム全体での単位時間あたりの同期の数を、システム内のコンピュータ台数に比例して実現する方法について考察せよ。

(注1) 不可分操作を必要としない同期アルゴリズムは存在するが、実用的見地から一般的には用いられない。

(注2) 不可分操作を必要としない同期アルゴリズムを用いる場合には、不可分操作の必要性の示すかわりに、同期アルゴリズムを示すこと。

第3問

図1のように2色に塗り分けられた画像から、2本の領域境界直線を求める方法を考える。画像処理によって図1から図2のような境界点を得られたとして、以下の問いに答えよ。

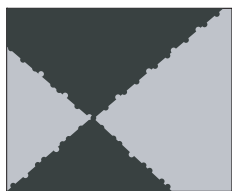


図1

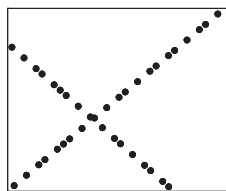


図2

- (1) 図3における点 (x_0, y_0) を通る直線 L_0 が、

$$y = a_0x + b_0$$

と表されるものとする。直線 L_0 を、 a - b パラメータ座標系 (図4) 上の点 $P_0(a_0, b_0)$ に対応させる。 a_0, b_0 は、 x - y 座標系の直線 L_0 の何を表すか、説明せよ。

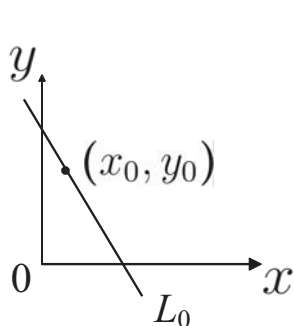


図3

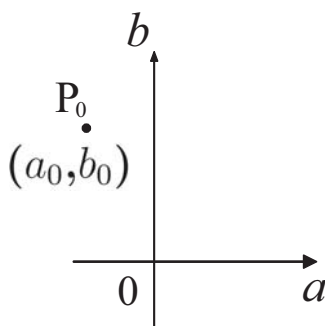


図4

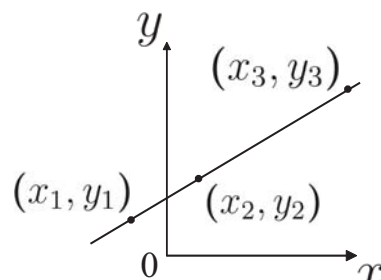


図5

- (2) 図3の直線 L_0 を点 (x_0, y_0) を中心に回転した場合に、 a - b 座標系における点 P_0 の軌跡はどのようなになるか。図示して説明せよ。
- (3) 図5に示すように直線上の3点 $(x_i, y_i), 1 \leq i \leq 3$ を考える。それぞれの点を通る直線 L_i をその点を中心に回転した場合に、 a - b 座標系における点 P_i の軌跡を図示せよ。
- (4) 以上の方法を利用して、図2の各点の座標から、2本の領域境界直線を求める方法を説明せよ。

第4問

情報システムに関する以下の項目から 4項目 を選択し、各項目を 4~8 行程度で、必要に応じて例や図を用いて説明せよ。

- (1) 分割統治法 (divide and conquer algorithm)
- (2) B 木 (B-tree)
- (3) ナイキスト周波数
- (4) インパルス応答とステップ応答とその関係
- (5) ベクトル量子化
- (6) アウトオブオーダー (out-of-order) 実行
- (7) 正規文法と正規言語 (必ず例を挙げて説明のこと)
- (8) Web システムにおける CGI (Common Gateway Interface)

Summer Examination, 2008

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

Information Science and Technology

Instructions

1. Do not open this brochure until the signal to begin is given.
2. Write your examinee ID below on this cover.
3. Answer three out of the four problems in Japanese or English.
4. Three answer sheets are given. Use a separate sheet for each problem. You may continue to write your answer on the back of the answer sheet if you cannot conclude on the front.
5. Write down the examinee ID and the problem ID inside the top blanks of each sheet.
6. The answer is considered invalid if any unrelated marks, codes or phrases are included.
7. Do not take out the sheets and this brochure from this room.

Examinee ID _____

Problem 1

Let N be the number of divisors of a positive integer J . Let us compute the smallest J for a given N . Note that J and 1 are included among the divisors of J .

(1) Calculate the smallest J each for $N = 5$ and $N = 8$.

(2) Let J be prime factorized as

$$J = \prod_{i=0}^{k-1} p_i^{a_i}$$

where p_i s are mutually different prime numbers and a_i s are positive integers for $0 \leq i < k$. Describe N in a mathematical formula.

(3) When N is odd, what kind of number is J ?

(4) Based on (2), describe the outline of a method to compute the smallest J given N . Moreover, describe ways to decrease computational complexity.

(5) Calculate the smallest J for $N=24$.

Problem 2

Synchronization operation among processing elements in a multi-computer is essential to realize mutual exclusion, producer-consumer synchronization. Answer the following questions on realization of synchronization in a multi-computer:

- (1) When the multi-computer has a shared memory, describe a method to realize mutual exclusion, then write a pseudo-program to implement the operation.
 - (2) Atomic operations of memory-read and memory-write are necessary to implement synchronization for mutual exclusion (*1). “Test and set” or “compare and swap” realizes an atomic operation necessary to implement the synchronization. Describe the reason why an atomic operation of memory-read and memory-write is necessary to implement the synchronization (*2).
 - (3) In a distributed-memory multi-computer, synchronization can be realized by message communication. Show that synchronization functions realized by message communication and semaphore are equivalent.
 - (4) Synchronization methods used in Q1 to Q3 can perform a constant number of synchronization, e.g. number of mutual exclusion operations in a unit time. It is not scalable to the number of processors in the system. Describe the method to realize scalable synchronization where the number of synchronization in a unit time is proportional to the number of processors in the system.
- (*1) Implementation of synchronization without atomic operations exists. However, this method is not used for practical purposes.
- (*2) If synchronization method to be considered does not use atomic operation, show the outline of synchronization method instead of necessity of atomic operation.

Problem 3

Consider a method to find equations of two straight boundary lines of the two-colored regions like Fig. 1. Suppose the points in Fig. 2 are derived through processing the image of Fig. 1 and answer the following questions.

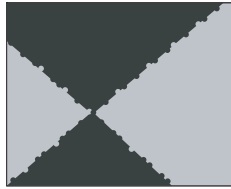


Fig. 1

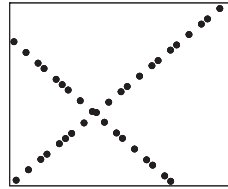


Fig. 2

- (1) The line L_0 that passes the point (x_0, y_0) as in Fig. 3 is described as

$$y = a_0x + b_0.$$

The point $P_0(a_0, b_0)$ of the a - b parameter coordinates (Fig. 4) shows the line L_0 . Explain what the parameters of a_0, b_0 mean in the x - y coordinates.

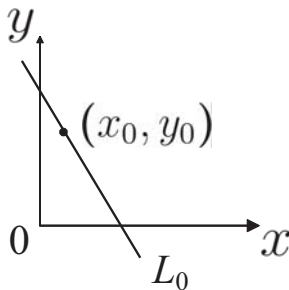


Fig. 3

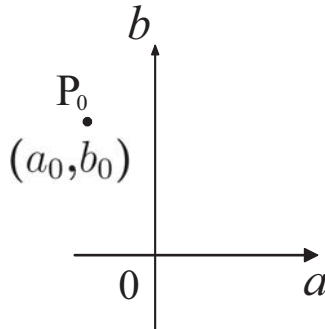


Fig. 4

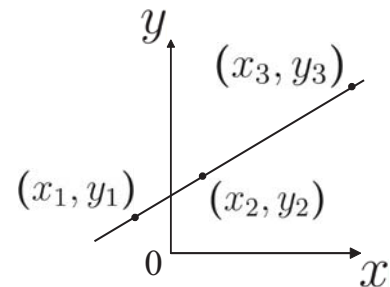


Fig. 5

- (2) Rotate the line L_0 in Fig. 3 at the point (x_0, y_0) . Illustrate the trajectory of the point P_0 in the a - b coordinates.
- (3) Consider the three points $(x_i, y_i), 1 \leq i \leq 3$ on a line as in Fig. 5. Let L_i be a line that passes $(x_i, y_i), 1 \leq i \leq 3$. Rotate each line L_i at (x_i, y_i) . Illustrate the corresponding trajectories of the point P_i in the a - b coordinates.
- (4) Considering the methods described above, explain how to get the equations of the two straight boundary lines from the points of Fig. 2.

Problem 4

Select four items out of the following eight items regarding information systems, and explain each item in approximately 4 ~ 8 lines, using examples or images if necessary.

- (1) Divide and conquer algorithm
- (2) B-tree
- (3) Nyquist frequency
- (4) Impulse response, step response, and their relation
- (5) Vector quantization
- (6) Out-of-order execution
- (7) Regular grammar and regular language (Examples are mandatory.)
- (8) CGI (Common Gateway Interface) in Web system

