

平成 18 年度

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 を選択して解答せよ。
4. 解答用紙は 3 枚配られる。一問ごとに必ず別の解答用紙を使用すること。解答用紙に書ききれないときには、裏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。

受験番号 _____

第1問

ある二つの文字列 $str1$, $str2$ の編集距離はつぎの3つの操作を行うことにより $str1$ を $str2$ に変換するのに要する操作の最低回数である.

- 1文字挿入する.
- 1文字削除する.
- 1文字を他の1文字に置き換える.

たとえば, $str1$ ="sport" は $str2$ ="sort" に, 文字 'p' を削除することにより $str2$ に変換できるため, 編集距離は1である.

- (1) $str1$ ="commuter", $str2$ ="computers" の編集距離を求めなさい.
- (2) str_n を文字列 str の頭から n 番目までの部分列とし, $m(i, j)$ を $str1_i$ と $str2_j$ の編集距離を表すものとする. $m(i, j)$, $m(i-1, j)$, $m(i, j-1)$, $m(i-1, j-1)$ の間に成り立つ再帰式を記述しなさい.
- (3) (2) の再帰式に基づき効率良く編集距離を計算するアルゴリズムを示し, そのアルゴリズムの時間, 空間計算量について述べなさい.
- (4) (3) のアルゴリズムに基づき, $str1$ ="abrabr" と $str2$ ="arbarb" の編集距離を求めなさい.
- (5) 編集距離の応用として考えられるものを3つ挙げなさい.

第2問

プロセッサのキャッシュメモリに関する以下の問いに解答せよ。

- (1) キャッシュメモリにより、プログラムの実行が高速化する理由を5行以内で述べよ。
- (2) プロセッサは、命令キャッシュとデータキャッシュを別個に持ち、おのこのキャッシュのブロックサイズは32バイトであると仮定する。十分に大きい整数 N に対して、32ビットのデータを構成要素とするベクトル A の各要素を定数倍するプログラムを実行するときの、データキャッシュのヒット率を求めよ。

プログラム例 (C 言語で記述する場合)

```
for(i = 0; i < N; i = i + 1)
    A[i] = k * A[i];
```

- (3) メモリ、比較器、マルチプレクサ、レジスタ (flip-flop) などを用いて、2 way set associative のキャッシュメモリのブロック図を示せ。
- (4) キャッシュメモリのヒット率を向上させるハードウェア技術およびプログラミング技法を合わせて5個示し、おのこのを2行以内で記述せよ。

第3問

図1に示すように，三次元空間中の物体の光が一点C(光学中心)を通して撮像面に投影されるピンホールカメラを考える．光学中心から撮像面へ垂直に引いた直線は光軸と呼ばれ，撮像面と光軸の交点は画像中心と呼ばれる．図1に示すように，光学中心に三次元のカメラ座標系 $C-X, Y, Z$ をとり，画像中心に二次元の画像座標系 $I-x, y$ をとる．光学中心から撮像面までの距離を f とした場合に，三次元空間の点 $P(X, Y, Z)$ の投影面上の点 $p(x, y)$ の座標は次のように表される．

$$x = f \frac{X}{Z}, \quad y = f \frac{Y}{Z}$$

以下の問に答えよ．

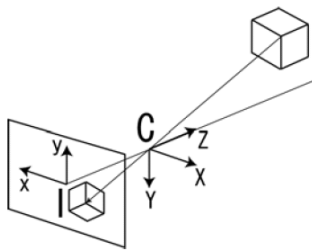


図1

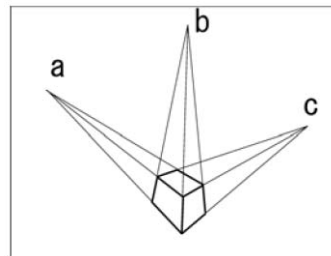


図2

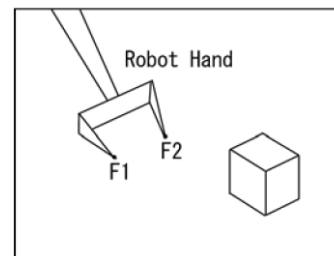


図3

- (1) 三次元空間中の直線 L の無限遠点が撮像面に投影される点は L の消失点と呼ばれる．点 $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ を通り，方向ベクトル $m(m_1, m_2, m_3)$ に沿う直線 L 上の点 $P(X, Y, Z)$ の座標を表し，直線 L の消失点の座標 $p(x, y)$ を求めよ．
- (2) 図2のように直方体が投影されている画像上で直方体の平行線の消失点 $a(a_x, a_y)$, $b(b_x, b_y)$, $c(c_x, c_y)$ の間にはどのような関係式が成立つか示せ．
- (3) 直方体が投影されている投影面の映像が濃淡画像として得られるとして，直方体の稜線を濃淡画像中から得る画像処理について説明せよ．
- (4) 図3はロボットの基準座標系で定義される位置と姿勢を指定することでその場所へ動かすことができるロボットハンドの投影像を示す．ロボットハンドの指先 $F1, F2$ の投影面上の運動軌跡を画像処理によって得られるとする．直交する3つの方向にロボットハンドを動かして，ロボットの基準座標系からカメラ座標系への変換行列を得る方法を考える．3つの消失点座標に加えて，他にどのような情報が必要となるか説明せよ．

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，5～10行程度で説明せよ．(指示がある場合は例を挙げて説明すること．)

- (1) 関係データベースにおける結合 (join) 演算 (例を挙げて説明すること) ．
- (2) OS やプログラムにおけるプロセスとスレッドの違い ．
- (3) 文脈自由文法 (例を挙げて説明すること) ．
- (4) コンピュータグラフィックス (CG) におけるグロー (Gouraud) シェーディングとフォン (Phong) シェーディング ．
- (5) Web で標準的に使用される GIF と JPEG の画像符号化法 ．
- (6) 公開鍵暗号を用いたデジタル署名法 ．
- (7) 意味ネットワークによる知識表現法とその特徴 (例を挙げて説明すること) ．
- (8) PID 制御と，P, I, D 各要素の制御における役割 ．

2006

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 four problems.
4. Three answer sheets are given. Use a separate sheet for each problem. You may use the backside of the sheet.
5. Write down the examinee ID and the problem ID inside the top blanks of each sheet.
6. Do not take out the sheets and this brochure from this room.

Examinee ID _____

Problem 1

The *edit distance* between two strings $str1$ and $str2$ is defined as the minimum number of the following operations required to transform $str1$ into $str2$.

- insert one character
- delete one character
- substitute one character by another character

For example, $str1$ ="sport" is transformed into $str2$ ="sort" by deleting the character 'p'; therefore the edit distance is 1.

- (1) Answer the edit distance between $str1$ ="commuter" and $str2$ ="computers".
- (2) Let's denote str_n as the prefix of length n of a given str , $m(i, j)$ as the edit distance between $str1_i$ and $str2_j$. Write down the recursive formula that holds between $m(i, j)$ and $m(i - 1, j)$, $m(i, j - 1)$, $m(i - 1, j - 1)$.
- (3) Describe an algorithm for calculating the edit distance between two given strings based on the recursive function described in (2). Show its complexity in both space and time.
- (4) Calculate the edit distance between $str1$ ="abrabr" and $str2$ ="arbarb".
- (5) Describe three applications of the edit distance.

Problem 2

Answer the following questions about a cache memory in a processor.

- (1) Describe the reason within five lines why cache memory increases execution speed of programs.
- (2) Suppose that the processor has an instruction cache and a data cache, the size of a cache block is 32 bytes. Calculate the cache hit ratio of a program that multiplies each element of a vector A whose size is sufficiently large N and whose elements are 32-bit long.

Example of the program (written in C programming language)

```
for(i=0; i < N; i = i + 1)
    A[i] = k * A[i];
```

- (3) Show a block-diagram of a 2-way set associative cache memory, using memories, comparators, multiplexers, registers (flop-flops) etc.
- (4) Describe five methods to increase cache hit ratio both in hardware technology and programming techniques. Each item should be described within two lines.

Problem 3

Consider a pinhole camera model as shown in Fig. 1, where the light from an object in three dimensional (3-D) space goes to the screen through a single point C (optical center). The vertical line to the screen through the optical center is called the optical axis, and the point where the optical axis crosses the screen is called the image center. Set the 3-D Camera coordinate system C-X,Y,Z at the optical center and the two dimensional (2-D) Image coordinate system I-x,y at the image center as shown in Fig. 1. When the distance from the optical center to the screen is f and the 3-D point $\mathbf{P}(X, Y, Z)$ is projected to the 2-D point $\mathbf{p}(x, y)$ on the screen, the coordinates of $\mathbf{p}(x, y)$ are described as follows:

$$x = f \frac{X}{Z}, \quad y = f \frac{Y}{Z}$$

Answer the questions below.

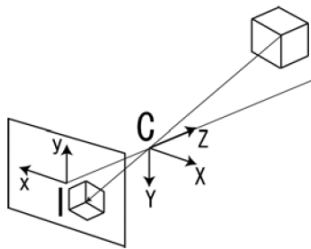


Fig. 1

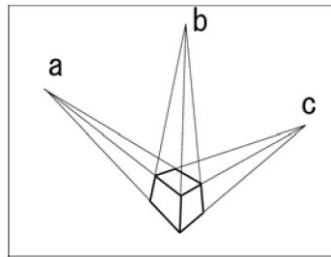


Fig. 2

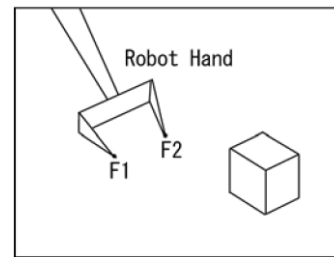


Fig. 3

- (1) The point on the screen projected from the infinity point on a line L in 3-D space is called the vanishing point of L . When L goes through a 3-D point $\mathbf{P0}(X_0, Y_0, Z_0)$ with an orientation vector $\mathbf{m}(m_1, m_2, m_3)$, describe the 3-D coordinates of the point $\mathbf{P}(X, Y, Z)$ on L and calculate the coordinates of the vanishing point $\mathbf{p}(x, y)$ of L .
- (2) Fig. 2 shows the projected image of a rectangular solid and three vanishing points $\mathbf{a}(a_x, a_y)$, $\mathbf{b}(b_x, b_y)$, $\mathbf{c}(c_x, c_y)$ of the parallel edge lines on the solid. Describe the equations that hold among the three vanishing points.
- (3) When the projected image of a rectangular solid is given as a gray image, explain the method of image processing for getting the edge lines from the gray image.
- (4) Fig. 3 shows an image of a robot hand controllable by specifying its position and orientation in the base coordinate system of the robot. Image processing provides the motion trajectories of the end points $F1, F2$ of the robot fingers on the screen. Consider the method to get the transformation matrix from the robot base coordinate system to the camera coordinate system by translating the robot hand in three orthogonal directions. Explain what kind of additional information other than the coordinates of three vanishing points is required to get the transformation matrix.

Problem 4

Select four items out of the following eight items regarding information systems, and explain each item in approximately 5 ~ 10 lines. (When indicated, explain with giving an example.)

- (1) “Join” operation in relational databases. (Explain with an example.)
- (2) The difference between “process” and “thread” in operating systems or programs.
- (3) Context-free grammar. (Explain with an example.)
- (4) “Gouraud shading” and “Phone shading” in computer graphics (CG).
- (5) Image coding schemes “GIF” and “JPEG” universally used in the WWW.
- (6) Digital Signature method using the public-key encryption.
- (7) Knowledge representation using the “Semantic Network”, and its feature. (Explain with an example.)
- (8) “PID control”, and the roles of its components: “P”, “I” and “D”.