

東京大学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

プログラミング

Programming

注意事項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。
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. 解答用紙が1枚配られる。それに受験番号を記入すること。
4. 受験者に配られたUSBメモリにファイルが含まれている。**試験開始前に、USBメモリからファイルを自分のPCにコピーしなさい。**ファイルの中身を確認し、PCから手を離しなさい。ファイルにアクセスできないなどの場合は試験監督に申し出なさい。
5. プログラミング言語は何を使ってもよい。
6. **PC内に保存された文書、ライブラリ等の使用やソースプログラム等の流用を認める。試験中のネットワーク接続は認めない。**
7. 試験終了時まで、自分のPC上に受験番号名のディレクトリ/フォルダを作成し、作成したプログラムおよび関連ファイルをその下にコピーすること。作成したディレクトリ/フォルダを渡されたUSBメモリにコピーすること。
8. 試験終了時に、問題冊子、USBメモリ、解答用紙を回収する。

INSTRUCTIONS

1. Do not open this problem booklet until the signal to begin is given.
2. Write your examinee's number below on this cover page.
3. An answer sheet accompanies this booklet. Write down your examinee's number on the sheet.
4. You should have received a USB flash drive. **Before the examination starts, copy the files from the USB flash drive to your PC.** Verify that you can see its contents and then take your hands off your PC. If you have some problems, consult the proctor.
5. You may choose any programming language to answer.
6. **You can use or copy any libraries or program fragments stored in your PC, but you must not connect to the Internet.**
7. By the end of the examination, make a directory/folder on your PC, whose name is the same as your examinee ID number, and put your program files and related files into the directory/folder. Copy the directory/folder onto the USB flash drive that you received.
8. At the end of the examination, this booklet, the USB flash drive, and the answer sheet will be collected.

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.

プログラミング

以下の問いにプログラムを書いて答えよ。解答に必要なファイルは USB メモリの中にある。プログラムは試験終了前に USB メモリに保存すること。

問題

r 行 c 列の行列を様々な形式で表す。行列の i 行 j 列の成分は (i, j) 成分のように書き、行列の左上の成分を $(1, 1)$ 成分、その右隣の成分を $(1, 2)$ 成分とする。 (i, j) 成分の行番号は i 、列番号は j とする。ここで $1 \leq i \leq r, 1 \leq j \leq c$ である。この問題で与えられる行列の成分は -9 以上 9 以下の整数であり、かつ、 0 以外の成分は各行、各列で 10 個以下であり、合計で 10^6 個以下である。

形式 1 形式 1 は行列の成分を行優先順に並べた数列である。ここで、行優先順とは、上の行の成分が下の行の成分より前となり、同じ行では左の成分が右の成分より前となる順序をいう。例えば行列

$$\begin{pmatrix} 1 & -5 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

を形式 1 で表すと

1, -5, 0, 0, 3, 0

になる。

数列をファイルに保存するときは、要素をカンマで区切って順に並べた文字列を保存する。例えば、2, 5, -3, 0 の 4 要素からなる数列を保存したファイルには、次の文字列が保存されている。

2,5,-3,0

- (1) 行列を形式 1 で表した数列がファイルに保存されている。次の行列について、成分の総和が最大となる行を求め、その行番号と成分の総和を解答用紙に書け。そのような行が複数あるときは、そのうちのどれか一つについて答えよ。

(a) data1a.txt に保存された 6 行 4 列の行列。

(b) data1b.txt に保存された 100 行 150 列の行列。

形式 2 行列の (i, j) 成分を x_{ij} とする。 $x_{ij} \neq 0$ である全ての (i, j) について三つの整数 i, j, x_{ij} を行優先順に並べた数列を形式 2 とする。例えば行列

$$\begin{pmatrix} 1 & -5 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

を形式 2 で表すと

1, 1, 1, 1, 2, -5, 2, 2, 3

になる。

(次ページへ続く)

(2) 行列を形式 2 で表した数値がファイルに保存されている。次の行列について、成分の総和が最大となる行を求め、その行番号と成分の総和を解答用紙に書け。そのような行が複数あるときは、そのうちのどれか一つについて答えよ。

- (a) data2a.txt に保存された 6 行 4 列の行列。
- (b) data2b.txt に保存された 100 行 150 列の行列。
- (c) data2c.txt に保存された 10^6 行 10^6 列の行列。

形式 3 行列の成分を行優先順に並べたとき、 i 番目の要素の直前に連続する 0 の数を n_i 、 i 番目の要素の値を x_i とする。 $x_i \neq 0$ である全ての i について、二つの整数 n_i, x_i を i の昇順に並べた数値を形式 3 とする。例えば行列

$$\begin{pmatrix} 1 & -5 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

を形式 3 で表すと

0, 1, 0, -5, 2, 3

になる。

(3) 行列を形式 3 で表した数値がファイルに保存されている。次の行列を転置した行列について、成分の総和が最大となる行を求め、その行番号と成分の総和を解答用紙に書け。そのような行が複数あるときは、そのうちのどれか一つについて答えよ。

- (a) data3a.txt に保存された 4 行 6 列の行列。
- (b) data3b.txt に保存された 100 行 150 列の行列。
- (c) data3c.txt に保存された 10^6 行 10^6 列の行列。

l 行 m 列の行列 X と m 行 n 列の行列 Y から l 行 n 列の行列を作る二項演算 \star を定義する。 $X \star Y$ の (i, j) 成分は

$$\max_{k=1}^m \{(X)_{ik}(Y)_{kj}\} + \min_{k=1}^m \{(X)_{ik}(Y)_{kj}\}$$

と定義される。ここで、 $(M)_{uv}$ は行列 M の (u, v) 成分を、 $(X)_{ik}(Y)_{kj}$ は $(X)_{ik}$ と $(Y)_{kj}$ の積を表し、また、 $\max_{k=1}^m f(k)$ と $\min_{k=1}^m f(k)$ はそれぞれ、整数 k ($1 \leq k \leq m$) について $f(k)$ の最大値と最小値を表す。

(4) 行列を形式 3 で表した数値がファイルに保存されている。演算 \star によって得られる次の行列について、成分の総和が最大となる行を求め、その行番号と成分の総和を解答用紙に書け。そのような行が複数あるときは、そのうちのどれか一つについて答えよ。

- (a) data4a.txt に保存された 2 行 4 列の行列を A 、data4b.txt に保存された 4 行 3 列の行列を B としたとき、 $A \star B$ 。

(次ページへ続く)

(b) data4c.txt に保存された 10^6 行 10^6 列の行列を C , data4d.txt に保存された 10^6 行 10^6 列の行列を D としたとき, $C \star D$. C と D が含む 0 でない成分はそれぞれ 1000 個を超えない.

(c) data4e.txt に保存された 10^6 行 10^6 列の行列を E , data4f.txt に保存された 10^6 行 10^6 列の行列を F としたとき, $E \star F$.

(5) r 行 c 列の行列中の縦 R 行・幅 C 列の長方形の領域のとり方は $(r - R + 1) \times (c - C + 1)$ 通りある. このうち, 成分の総和が 0 である領域がいくつあるか数えよう. 例えば行列

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 8 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

では, 縦 2 行・幅 3 列の長方形の領域を 8 通り選べるが, そのうち, 成分の総和が 0 である領域は次の 4 つである.

$$\begin{pmatrix} \boxed{0 & -1 & 1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 8 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & \boxed{-1 & 1 & 0} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 8 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & \boxed{0 & 0 & 0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 8 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \boxed{0 & 0 & 0} \\ -4 & 8 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

行列を形式 3 で表した数列がファイルに保存されている. 次の行列と R, C について, 成分の総和が 0 である縦 R 行・幅 C 列の領域の数を求め, その数を解答用紙に書け.

(a) data5a.txt に保存された 8 行 6 列の行列. $R = 2, C = 3$.

(b) data5b.txt に保存された 10^6 行 10^6 列の行列. $R = C = 10$.

(c) data5c.txt に保存された 10^6 行 10^6 列の行列. $R = C = 100$.

このページは空白。
This page is blank.

Programming

Answer the following questions by writing programs. The files needed for answering the questions are found in the USB flash drive. Store the programs in the USB flash drive before the examination ends.

Problem

In this problem, we represent matrices with r rows and c columns in various formats. The entry in the i -th row and j -th column in a matrix is denoted as the (i, j) entry; the upper left entry of a matrix is the $(1, 1)$ entry, and the entry to the right of it is the $(1, 2)$ entry. We say that, for the (i, j) entry, the row number is i and the column number is j . Here, $1 \leq i \leq r$ and $1 \leq j \leq c$ hold. For any matrix given in this problem, all entries are integers between -9 and 9 , inclusive, no row or column has more than 10 non-zero entries, and the total number of non-zero entries is at most 10^6 .

Format 1 Format 1 is a number sequence that arranges the entries of a matrix in the row-major order. In the row-major order, the entries in upper rows precede those in lower rows, and entries to the left precede to the right in a row. For example, the matrix

$$\begin{pmatrix} 1 & -5 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

is represented as

1, -5, 0, 0, 3, 0

in Format 1.

When a number sequence is stored in a file, the concatenated string of elements separated by commas is stored. For example, the file storing a sequence of the four elements, 2, 5, -3, 0 contains the following string.

2,5,-3,0

- (1) Number sequences representing matrices in Format 1 are stored in files. For each of the following matrices, find the row such that the sum of the entries is the largest, and write down on the answer sheet its row number and the sum of its entries. If there are two or more such rows, answer about one of them.
 - (a) The matrix with 6 rows and 4 columns stored in `data1a.txt`.
 - (b) The matrix with 100 rows and 150 columns stored in `data1b.txt`.

(continued on next page)

Format 2 Let x_{ij} be the (i, j) entry of a matrix. We define Format 2 as the number sequence where the three integers i , j , and x_{ij} for all (i, j) such that $x_{ij} \neq 0$ are arranged in the row-major order. For example, the matrix

$$\begin{pmatrix} 1 & -5 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

is represented as

1, 1, 1, 1, 2, -5, 2, 2, 3

in Format 2.

- (2) Number sequences representing matrices in Format 2 are stored in files. For each of the following matrices, find the row such that the sum of the entries is the largest, and write down on the answer sheet its row number and the sum of its entries. If there are two or more such rows, answer about one of them.

- (a) The matrix with 6 rows and 4 columns stored in `data2a.txt`.
- (b) The matrix with 100 rows and 150 columns stored in `data2b.txt`.
- (c) The matrix with 10^6 rows and 10^6 columns stored in `data2c.txt`.

Format 3 Let n_i be the number of consecutive zeros immediately preceding the i -th element in the sequence of entries of a matrix arranged in the row-major order. Let x_i be the value of the i -th element. We define Format 3 as the number sequence where the two integers n_i and x_i for all i such that $x_i \neq 0$ are arranged in the ascending order of i . For example, the matrix

$$\begin{pmatrix} 1 & -5 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

is represented as

0, 1, 0, -5, 2, 3

in Format 3.

- (3) Number sequences representing matrices in Format 3 are stored in files. For each of **the matrices obtained by transposing the following matrices**, find the row such that the sum of the entries is the largest, and write down on the answer sheet its row number and the sum of its entries. If there are two or more such rows, answer about one of them.

- (a) The matrix with 4 rows and 6 columns stored in `data3a.txt`.
- (b) The matrix with 100 rows and 150 columns stored in `data3b.txt`.
- (c) The matrix with 10^6 rows and 10^6 columns stored in `data3c.txt`.

(continued on next page)

We define a binary operation \star that produces a matrix with l rows and n columns from a matrix X with l rows and m columns and a matrix Y with m rows and n columns. The (i, j) entry of $X \star Y$ is defined as

$$\max_{k=1}^m \{(X)_{ik}(Y)_{kj}\} + \min_{k=1}^m \{(X)_{ik}(Y)_{kj}\},$$

where $(M)_{uv}$ represents the (u, v) entry of the matrix M , $(X)_{ik}(Y)_{kj}$ represents the product of $(X)_{ik}$ and $(Y)_{kj}$, and $\max_{k=1}^m f(k)$ and $\min_{k=1}^m f(k)$ represent the maximum and minimum values of $f(k)$ for integers k ($1 \leq k \leq m$), respectively.

- (4) Number sequences representing matrices in Format 3 are stored in files. For each of the following matrices obtained by applying the \star operation, find the row such that the sum of the entries is the largest, and write down on the answer sheet its row number and the sum of its entries. If there are two or more such rows, answer about one of them.
- (a) $A \star B$, where A is the matrix with 2 rows and 4 columns stored in `data4a.txt`, and B is the matrix with 4 rows and 3 columns stored in `data4b.txt`.
- (b) $C \star D$, where C is the matrix with 10^6 rows and 10^6 columns stored in `data4c.txt`, and D is the matrix with 10^6 rows and 10^6 columns stored in `data4d.txt`. The number of non-zero entries in each of C and D does not exceed 1000.
- (c) $E \star F$, where E is the matrix with 10^6 rows and 10^6 columns stored in `data4e.txt`, and F is the matrix with 10^6 rows and 10^6 columns stored in `data4f.txt`.
- (5) When we choose a rectangular region of R rows high and C columns wide in a matrix with r rows and c columns, there are $(r - R + 1) \times (c - C + 1)$ ways to choose. Let us count the number of regions among them where the sum of the entries is 0. For example, the matrix

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 8 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

has eight ways to select a rectangular region of 2 rows high and 3 columns wide, and the following four out of them are the regions where the sum of the entries is 0.

$$\begin{pmatrix} \boxed{0} & \boxed{-1} & \boxed{1} & 0 & 0 & 0 \\ \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 8 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 0 & \boxed{-1} & \boxed{1} & \boxed{0} & 0 & 0 \\ 0 & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & 0 & 0 \\ -4 & 8 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ 0 & 0 & 0 & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ -4 & 8 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ -4 & 8 & 2 & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \end{pmatrix}$$

Number sequences representing matrices in Format 3 are stored in files. For each matrix, R , and C below, count the number of regions with R rows high and C columns wide where the sum of the entries is 0, and write that number down on the answer sheet.

- (a) The matrix with 8 rows and 6 columns stored in `data5a.txt`. $R = 2$ and $C = 3$.
- (b) The matrix with 10^6 rows and 10^6 columns stored in `data5b.txt`. $R = C = 10$.
- (c) The matrix with 10^6 rows and 10^6 columns stored in `data5c.txt`. $R = C = 100$.

このページは空白.
This page is blank.

このページは空白。
This page is blank.

このページは空白。
This page is blank.

