

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

プログラミング言語  $P$  の変数の値は 0 以上 999 以下の整数とする。変数名は  $x_1, x_{27}$ 、のように  $x$  から始まり 0 以上 999 以下の整数が続く名前とする。

言語  $P$  のプログラムの実行や分析をするときに、変数  $x_N$  についての不等式  $S_N \leq x_N \leq T_N$  を用いる。各変数につき、不等式は高々一つである。 $S_N$  と  $T_N$  は 0 以上 999 以下の整数である。不等式をファイルに保存するときは、三つ組み  $N, S_N, T_N$  で表して保存する。例えば変数  $x_{31}$  についての不等式  $0 \leq x_{31} \leq 9$  は 31,0,9 で表す。複数の不等式をファイルに保存するときは、三つ組みをカンマで区切って保存する。例えば  $0 \leq x_{31} \leq 9, 3 \leq x_7 \leq 5$ 、そして  $100 \leq x_{56} \leq 999$  の三つの不等式を保存するときは、次の文字列をファイルに保存する。

31,0,9,7,3,5,56,100,999

同じ変数について複数の不等式が同一のファイルに保存されているときは、最も右側に現れるものだけを有効とし、他は無視する。またファイルには、プログラムに現れない変数についての不等式が含まれているかもしれない。

- (1) いくつかの変数についての不等式がファイル `data1a.txt` に保存されている。それらの変数の中で、最小値と最大値の差が最も大きい変数の名前と、その最小値と最大値を解答用紙に書け。複数ある場合は全て書け。同様のことをファイル `data1b.txt` と `data1c.txt` に対してもせよ。

言語  $P$  は  $x_{11}=x_3$  のような変数から変数への代入文からなる。 $x_{11}=x_3$  は右辺の変数  $x_3$  の値を左辺の変数  $x_{11}$  の (新しい) 値とする、という意味である。代入文の左辺と右辺は、どちらも一つの変数である。

言語  $P$  のプログラムは実行する順に左から右へ代入文をセミコロンで区切って並べた文字列である。例えばプログラムが

```
x11=x3;x12=x11;x7=x11
```

の場合、最初に実行される代入文は  $x_{11}=x_3$  である。プログラムをファイルに保存するときは、 $x_M=x_N$  のような代入文を二つ組  $M, N$  で表して保存する。例えば  $x_{11}=x_3$  は 11,3 である。複数の代入文からなるプログラムを保存するときは、代入文の実行順にこの二つ組をカンマで区切って保存する。例えば上のプログラムをファイルに保存するときは、次の文字列をファイルに保存する。

11,3,12,11,7,11

- (2) 言語  $P$  のプログラムがファイル `data2a.txt` に保存されている。代入文の左辺に現れる回数が最も多い変数を解答用紙に書け。複数ある場合は全て書け。同様のことをファイル `data2b.txt` と `data2c.txt` に対してもせよ。

言語  $P$  のプログラムを実行するとき、各変数がプログラムの終了時にとる値の最小値と最大値を考える。ある変数  $x_N$  を含む最初の代入文の右辺がその変数  $x_N$  であるとき、変数  $x_N$  は、次の規則でランダムに選ばれる値を初期値としてもつとする。変数についての不等式を保存したファイルの中に、その変数  $x_N$  の不等式  $S_N \leq x_N \leq T_N$  が含まれる場合は、 $S_N$  以上  $T_N$  以下のランダムな整数を初期値に選ぶ。含まれない場合は 0 以上 100 以下のランダムな整数を選ぶ。

例えばプログラムが

```
x7=x2;x11=x7;x7=x3
```

であって、変数についての不等式が  $5 \leq x_2 \leq 9$ 、かつ  $1 \leq x_3 \leq 3$ 、 $8 \leq x_{11} \leq 10$  であるとする。変数  $x_2$  と  $x_3$  の初期値は、それらの範囲内からランダムに選ばれる。 $x_7$  と  $x_{11}$  は最初の代入文によって初期化される。ランダムに選ばれる初期値の全ての組み合わせを考えると、プログラム終了時に変数  $x_2$  と  $x_{11}$  がとる値の最小値は 5、最大値は 9 であり、変数  $x_3$  と  $x_7$  がとる値の最小値は 1、最大値は 3 である。このプログラムでは、変数  $x_{11}$  の値はそれについての不等式を満たすとは限らない。

- (3) 言語  $P$  のプログラムがファイル `data3a1.txt` に保存されている。また、不等式がファイル `data3a2.txt` に保存されている。変数  $x_{31}$ 、 $x_{41}$ 、そして  $x_{51}$  が、プログラム終了時にとる値の最小値と最大値を解答用紙に書け。変数が代入文の中に一度も現れないときは、その変数については *Undefined* と書け。

同様のことをプログラムのファイル `data3b1.txt` と不等式のファイル `data3b2.txt` の組と、プログラムのファイル `data3c1.txt` と不等式のファイル `data3c2.txt` の組に対してもせよ。

プログラム中の変数が実行の途中（終了時を含む）にとる値は終了時にとる値と異なることがある。ここで初期化前の変数の値は考えない。例えば上のプログラム

```
x7=x2;x11=x7;x7=x3
```

で、変数についての不等式が同様に  $5 \leq x_2 \leq 9$ 、かつ  $1 \leq x_3 \leq 3$ 、 $8 \leq x_{11} \leq 10$  であるとする。変数  $x_7$  がプログラムの実行の途中にとる値の最小値は 1、最大値は 9 である。変数  $x_{11}$  では最小値が 5、最大値が 9 である。

- (4) 言語  $P$  のプログラムがファイル `data4a1.txt` に保存されている。また、不等式がファイル `data4a2.txt` に保存されている。変数  $x_{31}$ 、 $x_{41}$ 、そして  $x_{51}$  がプログラムの実行の途中にとる値の最小値と最大値を解答用紙に書け。変数が代入文の中に一度も現れないときは、その変数については *Undefined* と書け。

同様のことをプログラムのファイル `data4b1.txt` と不等式のファイル `data4b2.txt` の組と、プログラムのファイル `data4c1.txt` と不等式のファイル `data4c2.txt` の組に対してもせよ。

変数  $x_N$  についての不等式が  $S_N \leq x_N \leq T_N$  であるとする。また、プログラムの実行の途中に変数  $x_N$  がとる値の最小値が  $a$ 、最大値が  $b$  とする。このとき、その変数  $x_N$  が実行の途中に取りえる値の範囲が不等式の範囲に納まらないとき、つまり  $a < S_N \vee T_N < b$  であるなら、その変数に齟齬がある、とする。なお、変数についての不等式がファイルに含まれないとき、その変数に齟齬はない。

- (5) 言語  $P$  のプログラムがファイル data5a1.txt に保存されている。また、不等式がファイル data5a2.txt に保存されている。このプログラムにおいて、齟齬がある変数を全て解答用紙に書け。ない場合は *None* と書け。

同様のことをプログラムのファイル data5b1.txt と不等式のファイル data5b2.txt の組と、プログラムのファイル data5c1.txt と不等式のファイル data5c2.txt の組に対してもせよ。

次に、代入文  $x_M = x_N$  を考える。左辺の  $x_M$  についての不等式が  $S_M \leq x_M \leq T_M$ 、右辺の  $x_N$  についての不等式が  $S_N \leq x_N \leq T_N$  であるとする。このとき、 $S_M \leq S_N \leq T_N \leq T_M$  でないとき、つまり  $S_N < S_M \vee T_M < T_N$  であるとき、その代入文に齟齬がある、とする。なお、変数  $x_M$  または  $x_N$  についての不等式がファイルに含まれないとき、その代入文に齟齬はない。

例えばプログラムが

```
x10=x3;x10=x7;x11=x10
```

であって、変数についての不等式が  $5 \leq x_3 \leq 9$ 、かつ  $1 \leq x_7 \leq 3$ 、 $1 \leq x_{10} \leq 9$ 、 $1 \leq x_{11} \leq 3$ 、であるとする。このとき変数  $x_{11}$  に齟齬はないが、代入文  $x_{11} = x_{10}$  に齟齬がある。

- (6) 言語  $P$  のプログラムがファイル data6a1.txt に保存されている。また、不等式がファイル data6a2.txt に保存されている。このプログラムにおいて、齟齬がある代入文を全て解答用紙に書け。ない場合は *None* と書け。もし同じ代入文が複数回現れ、それに齟齬がある場合、その代入文は一回だけ書け。

同様のことをプログラムのファイル data6b1.txt と不等式のファイル data6b2.txt の組と、プログラムのファイル data6c1.txt と不等式のファイル data6c2.txt の組に対してもせよ。

ファイルの中に不等式が含まれない変数  $x_N$  それぞれについて、プログラム中の全ての代入文に齟齬がないように変数  $x_N$  の不等式  $S_N \leq x_N \leq T_N$  を定める。

- (7) 言語  $P$  のプログラムがファイル data7a1.txt に保存されている。また、不等式がファイル data7a2.txt に保存されている。プログラム中に現れる全ての変数について、ファイル data7a2.txt の中に不等式が含まれない場合、その変数の不等式を定め、それらを解答用紙に書け。複数の答があるときは、一つ書けばよい。どのように不等式を定めても、一つ以上の代入文に齟齬がある場合は *None* と解答用紙に書け。

同様のことをプログラムのファイル data7b1.txt と不等式のファイル data7b2.txt の組と、プログラムのファイル data7c1.txt と不等式のファイル data7c2.txt の組に対してもせよ。

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 a programming language  $P$ , the value of a variable is an integer between 0 and 999 inclusive. The name of a variable begins with  $x$  followed by an integer between 0 and 999 inclusive, such as  $x1$  and  $x27$ .

When a program in the language  $P$  is executed or analyzed, for a variable  $xN$ , an inequality  $S_N \leq xN \leq T_N$  is used. Each variable has at most one inequality.  $S_N$  and  $T_N$  are integers between 0 and 999 inclusive. When the inequality is stored in a file, it is expressed by a triplet  $N, S_N, T_N$ , and this triplet is stored. For example, the inequality  $0 \leq x31 \leq 9$  for variable  $x31$  is expressed by a triplet 31, 0, 9. When multiple inequalities are stored in a file, their triplets are separated by commas and stored. For example, when three inequalities,  $0 \leq x31 \leq 9$ ,  $3 \leq x7 \leq 5$ , and  $100 \leq x56 \leq 999$ , are stored, the following character string is stored in a file.

31,0,9,7,3,5,56,100,999

If a file contains multiple inequalities for the same variable, the right most one is effective, and the others are ignored. A file may contain inequalities for variables that do not appear in the program.

- (1) Inequalities for some variables are stored in file `data1a.txt`. Write down on the answer sheet the name of the variable with the largest difference between its minimum and maximum values among the variables. Also write down the minimum and maximum values of that variable. If there is more than one such variable, write them all. Do the same thing for file `data1b.txt` and file `data1c.txt`.

The language  $P$  consists of assignment statements from one variable to another, such as  $x11=x3$ .  $x11=x3$  expresses that the value of the right variable  $x3$  becomes the (new) value of the left variable  $x11$ . Both left and right operands of an assignment statement must be one variable.

A program in the language  $P$  is a sequence of assignment statements separated by semicolons, in the execution order from left to right. Suppose that a program

```
x11=x3;x12=x11;x7=x11
```



is given. The assignment statement executed first is  $x_{11}=x_3$ . When a program is stored in a file, an assignment statement such as  $x_M=x_N$  is expressed by a pair  $M,N$ , and this pair is stored. For example,  $x_{11}=x_3$  is expressed by 11,3. When a program consisting of multiple assignment statements is stored, their pairs are separated by commas and stored in the execution order. For example, when the program shown above is stored in a file, the following character string is stored in the file.

11,3,12,11,7,11

- (2) A program in the language  $P$  is stored in file data2a.txt. Write down on the answer sheet the variable that most frequently appears in the left operands of assignment statements. If there is more than one, write them all. Do the same thing for file data2b.txt and file data2c.txt.

When a program in the language  $P$  is executed, we consider the minimum and maximum values of each variable at the end of the execution. When variable  $x_N$  is in the right operand of the first assignment statement including the variable  $x_N$ , the variable  $x_N$  holds a randomly chosen value as its initial value in accordance with the following rules. If a file where inequalities for variables are stored contains an inequality  $S_N \leq x_N \leq T_N$  for that variable  $x_N$ , then an integer between  $S_N$  and  $T_N$  inclusive is randomly chosen as its initial value. Otherwise, an integer between 0 and 100 inclusive is randomly chosen.

Suppose that a program is

$x_7=x_2; x_{11}=x_7; x_7=x_3$

and inequalities for variables are  $5 \leq x_2 \leq 9$ ,  $1 \leq x_3 \leq 3$ , and  $8 \leq x_{11} \leq 10$ . The initial values for the variables  $x_2$  and  $x_3$  are randomly chosen from their ranges.  $x_7$  and  $x_{11}$  are initialized by their first assignment statements. Considering all the combinations of initial values being randomly chosen, the minimum values for the variables  $x_2$  and  $x_{11}$  at the end of the execution are 5, and their maximum values are 9. The minimum values for the variables  $x_3$  and  $x_7$  are 1, and their maximum values are 3. In this program, the value for the variable  $x_{11}$  may not satisfy its inequality.

- (3) A program in the language  $P$  is stored in file data3a1.txt. Some inequalities are stored in file data3a2.txt. Write down on the answer sheet the minimum and maximum values for variables  $x_{31}$ ,  $x_{41}$ , and  $x_{51}$ , respectively, at the end of the program execution. If a variable never appears in any assignment statements, write *Undefined* for that variable. Do the same thing for a pair of program file data3b1.txt and inequality file data3b2.txt, and a pair of program file data3c1.txt and inequality file data3c2.txt:

During program execution (including the end of the execution), a variable in the program may hold a different value from the value that the variable holds at the end of the execution. We do not consider the value of a variable before the variable is initialized. Suppose that inequalities for variables in the above program

$x7=x2; x11=x7; x7=x3$

are  $5 \leq x2 \leq 9$ ,  $1 \leq x3 \leq 3$ , and  $8 \leq x11 \leq 10$  as before. The minimum and maximum values for the variable  $x7$  are 1 and 9, respectively, during the program execution. Those for the variable  $x11$  are 5 and 9, respectively.

- (4) A program in the language  $P$  is stored in file `data4a1.txt`. Some inequalities are stored in file `data4a2.txt`. Write down on the answer sheet the minimum and maximum values for variables  $x31$ ,  $x41$ , and  $x51$ , respectively, during the program execution. If a variable never appears in any assignment statements, write *Undefined* for that variable.

Do the same thing for a pair of program file `data4b1.txt` and inequality file `data4b2.txt`, and a pair of program file `data4c1.txt` and inequality file `data4c2.txt`.

Suppose that the inequality for variable  $xN$  is  $S_N \leq xN \leq T_N$ . The minimum and maximum values that the variable  $xN$  holds are  $a$  and  $b$ , respectively, during the program execution. If the range of the values that the variable  $xN$  may hold during the program execution does not fall within its inequality, in other words,  $a < S_N \vee T_N < b$  holds, then we say that the variable is inconsistent. When an inequality for a variable is not stored in the file, that variable is never inconsistent.

- (5) A program in the language  $P$  is stored in file `data5a1.txt`. Some inequalities are stored in file `data5a2.txt`. Write down on the answer sheet all the variables that are inconsistent in the program. If there is no such variable, write down *None*.

Do the same thing for a pair of program file `data5b1.txt` and inequality file `data5b2.txt`, and a pair of program file `data5c1.txt` and inequality file `data5c2.txt`.

Next, suppose that, for an assignment statement  $xM=xN$ , the inequality for the left operand  $xM$  is  $S_M \leq xM \leq T_M$ , and the inequality for the right operand  $xN$  is  $S_N \leq xN \leq T_N$ . In this case, if  $S_M \leq S_N \leq T_N \leq T_M$  does not hold, in other words,  $S_N < S_M \vee T_M < T_N$  holds, we say that the assignment statement is inconsistent. When an inequality for either variable  $xM$  or  $xN$  is not stored in the file, that assignment statement is never inconsistent.

For example, a program is

$x10=x3; x10=x7; x11=x10$

and the inequalities for variables are  $5 \leq x3 \leq 9$ ,  $1 \leq x7 \leq 3$ ,  $1 \leq x10 \leq 9$ , and  $1 \leq x11 \leq 3$ . In this case, the variable  $x11$  is not inconsistent, but the assignment statement  $x11=x10$  is inconsistent.

- (6) A program in the language  $P$  is stored in file `data6a1.txt`. Some inequalities are stored in file `data6a2.txt`. Write down on the answer sheet all the assignment statements that are inconsistent in the program. If such a statement does not exist, write down *None*. If the same assignment statement appears more than once and it is inconsistent, write down that assignment statement only once.

Do the same thing for a pair of program file `data6b1.txt` and inequality file `data6b2.txt`, and a pair of program file `data6c1.txt` and inequality file `data6c2.txt`.

For each variable  $x_N$  for which no inequality is contained in a file, we define an inequality  $S_N \leq x_N \leq T_N$  for that variable  $x_N$  so that no assignment statement in the program will be inconsistent.

- (7) A program in the language  $P$  is stored in file `data7a1.txt`. Some inequalities are stored in file `data7a2.txt`. For all the variables appearing in the program, if their inequalities are not contained in the file `data7a2.txt`, define their inequalities and write them down on the answer sheet. If there is more than one answer, write one down. If at least one assignment statement is inconsistent no matter what inequalities are defined, write down *None*.

Do the same thing for a pair of program file `data7b1.txt` and inequality file `data7b2.txt`, and a pair of program file `data7c1.txt` and inequality file `data7c2.txt`.

このページは空白。  
This page is blank.

このページは空白。

This page is blank.

