

## スーパーコン17予選問題：品種改良問題（最後に級認定問題も！）

スーパーコン17 課題検討・審査委員会

東京工業大学・大阪大学

## 1. クセ無し種合成問題

SC 国の農業研究所では作物の品種改良に取り組んでいる。研究所では  $n$  個の作物原種を持っているが、作物同士で交配することにより、新たな品種の作物を作り出す研究である。各作物は、その種特有の「クセ」を持っている。そのクセは、大文字または小文字のアルファベットの列（つまり、文字列）として表わされる。各作物  $i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) のクセを表わす文字列を  $S_i$  とする。たとえば、 $S_i = \text{AbfG}$  のようにクセが表わされる。

あなたは、作物の交配を研究する研究員である。SC 研究所の考案した特殊な交配手法（SC 交配）を用いると、2 つの作物  $i, j$  を交配して新たな作物  $k$  のクセを以下のルールで決めることができる。

## SC 交配のルール

作物  $i, j$  を交配させたとき、新たな作物  $k$  の持つクセには、(1) 少なくとも一方が持つクセが引き継がれる。ただし、(2)  $i, j$  が同じアルファベットの大文字と小文字で表されたクセを持つ場合、それらを消去することもできる。（残しておいてもよい。）(3) その上で同じクセが 2 つ残ったら 1 つにする。

たとえば、作物  $i, j$  のクセ  $S_i, S_j$  がそれぞれ  $\text{aBc}, \text{aAb}$  の時、新たな作物  $k$  のクセ  $S_k$  は、 $\text{ac}, \text{aAc}, \text{abBc}, \text{aAbBc}$  のいずれかである。つまり、作物  $i, j$  が持つ  $\text{a}$  と  $\text{A}$ 、あるいは  $\text{B}$  と  $\text{b}$  のいずれかは消去してもよい。（一方、 $j$  の持つクセ  $\text{a}$  は消去されない点に注意。）また、 $j$  と  $j$  も交配できる。その場合には、 $\text{b}, \text{aAb}$  のいずれかができる。

あなたの仕事は、与えられた  $n$  個の作物原種を元に、SC 交配を繰り返し行うことで「クセ無し種」（つまり、クセを全く持たない品種の作物）を作ることである。クセ無し種を作るまでの交配手順を解として報告するのが仕事だ。これを「クセ無し種合成問題」と呼ぶことにする。ただし、交配回数ができるだけ少ない方を良い解である。また、一度交配に使った作物を他の交配に使うことも可能とする。なお、与えられた原種では、クセ無し種を作ることができない場合もある。その場合には、「NO」（できない）と報告する。

たとえば、原種が

$$S_1 = \text{aAc}, \quad S_2 = \text{Bc}, \quad S_3 = \text{bc}, \quad S_4 = \text{C}$$

の場合、

2 と 3 を交配して  $S_5 = \text{c}$  を作る

4 と 5 を交配して「クセ無し」（記号では !）を作る

とできる。あるいは,

1 と 1 を交配して  $S_5 = c$  を作る

4 と 5 を交配して「クセ無し」(記号では!) を作る

としてもよい。どちらも 2 回の交配で済んだので同程度に良い解である。

一方,

$$S_1 = Bc, \quad S_2 = ab$$

からはクセ無し種を作ることができない。

入力

与えられる原種に関する情報は, 以下の形式で入力データとして標準入力に与えられる。

```
n
S1
⋮
Sn
```

- 先頭の行には 1 つの整数  $n$  が与えられ, SC 国の作物原種の数を表す。
- 続く  $n$  行は作物原種のクセを表す。 $n$  行のうち  $i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) 行目には, 半角の小文字または大文字のアルファベットのみからなる 1 文字以上の文字列  $S_i$  が与えられる。

制約

入力データは以下の制約を満たすと仮定してよい:

- $1 \leq n \leq 2000$
- アルファベットは英文字 26 種類
- 各  $S_i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) の文字同士はすべて異なる (したがって, 52 文字以下)
- $S_i$  の文字はアルファベット順 (a, A, b, B, ..., z, Z) に並ぶ。

出力

出力は, 標準出力に行い, 各行の末尾には改行を入れること。

クセ無し種を交配できないときは, 1 行目に “NO” を出力する。一方, クセを無し種を作ることができるときは, 以下の出力形式で出力する。

```
YES
m
x1 y1 Sn+1
⋮
xm ym Sn+m
```

- 1 行目には “YES” を出力する。

- 2 行目には、交配の回数を表す整数  $m$  (ただし,  $1 \leq m \leq 10000$ ) を出力する。
- 続く  $m$  行は交配の情報を表す。 $m$  行のうち  $i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) 行目には、 $i$  回目の交配で  $x_i$  と  $y_i$  を交配して作物  $n+i$  を作ったことを表す整数の組  $x_i, y_i$  ( $1 \leq x_i, y_i < n+i$ ) と作った作物  $n+i$  のクセを表す文字列  $S_{n+i}$  を空白区切りで出力する。ただし、 $S_{n+i}$  は入力と同様で、文字同士はすべて異なり、アルファベット順に並ぶように出力する。(もちろん、 $S_{n+i}$  は  $x_i$  と  $y_i$  の SC 交配で作ることができるクセであること。)
- ただし、 $S_{n+i}$  が「クセ無し」(長さ 0 の文字列) になる場合は “!” を出力する。
- 最後の作物  $n+m$  がクセ無し種となるようにする。
- これらの条件を満たさない出力については不正解として扱われる。

予選問題としての制約 (次節で正確に述べる)

- 交配手順が複数存在する場合は、それらのうちのいずれか交配手順を出力すれば (かつ出力の条件を満たすならば) 正解とみなされる。けれども、予選に関しては交配回数の小さい解が有利である。
- 出力する交配手順の交配回数  $m$  は 10,000 以下とし、交配回数が 10,000 を超える場合には不正解と見なす。(当然、交配回数が 10,000 以上必要となる問題例は審査には使わない。)
- 交配手順を 10 回まで出力してよいことにし、解答としては最後に出力されたものを使用することにする。

入出力の例

#### 例 1

以下が入力の例。

```
4
aAc
Bc
bC
C
```

以下は、それに対する出力の例。

```
YES
2
1 1 c
4 5 !
```

まず、作物 1 同士を交配して作物 5 ( $S_5 = c$ ) を作る。つぎに、作物 4, 5 を交配させるとクセ無し作物を作ることができる。

以下のような出力も正解である。こちらの方が、より良い解である。

```
YES
1
2 3 !
```

したがって、予選へ応募するプログラムでは、たとえば次のように出力してもよい。ここで注意すべき点は、毎回、独立に完全な解を出力することである。たとえば、“YES”を省略しないこと。また、解の間に空行などを入れないこと。(出力する際には、参考プログラム simple.c の出力関数を用いるとよい。)

```
YES
2
1 1 c
4 5 !
YES
1
2 3 !
```

## 例 2

以下の入力を考える。

```
2
a
b
```

これからはクセ無し種を作ることができないので、以下のように“NO”を出力する。

```
NO
```

## 2. 予選問題

前節で述べた「クセ無し種合成問題」を解くプログラムを作成する。

出力方法についての制約

- “NO”という解も含めて、合計で 10 回まで解を出力してよい。解答としては最後に出力されたものを使用することにする。ただし、解を 11 回以上出した場合には、その問題例に対する実行は不正解を出力したと見なす。
- 出力する交配手順の交配回数  $m$  は 10,000 以下とする。交配回数が 10,000 を超える解を出した場合には、その時点で、その問題例に対する実行は不正解を出力したと見なす。

審査方法

- 審査は、各チームの応募プログラムを、10 個の問題例に対し、各 10 秒間実行し、(i) 正解数が多い順、もし同数の場合には、(ii) 交配回数の総数が少ない順、もし同数の場合には、(iii) 総

実行時間が短い順で順位を決める。

- 最終的な予選通過者の選抜には、上記の順位の外、応募時に提出するプログラムの解説 (\*1) も参考にする。

(\*1) 解答プログラムの基本方針やアルゴリズムをA4で2ページ程度で説明した文書。チーム名-algo.txt もしくは、チーム名-algo.docx というファイルで提出すること。

実行環境

- 審査は、Mac OS X プロセッサ 2.2GHz Intel Core i7 上で行う。
- コンパイラは Homebrew GCC 5.4.0\_1 を使用。具体的には、C 言語の場合、gcc -O2 -std=gnu11 プログラム名.c -lm とコンパイルし、C++ では、g++ -O2 -std=gnu++1y プログラム名.cpp とコンパイルする。

(\*2) コンパイル時に Warning が出た場合でも、実行ファイルが作られ、実行可能な場合には (特段ペナルティを課することなく) 審査を行う。

- メモリ使用量の上限を 1 ギガバイトとする。審査では具体的には、コマンド ulimit -d 1000000 -m 1000000 -v 1000000 と制限した上で、実行可能プログラムを走らせる。
- 各問題例に対して、コンパイルした実行可能プログラムを 10 秒間実行し、10 秒間のうち、最後に出力された解を使用する。プログラムは 10 秒以内に停止しなくてもよい。つまり、時間切れ強制終了となってもよい。
- 出力には、次節でも紹介するサンプルプログラム sample.c の出力関数を使うとよい。出力部分も独自に作成してよいが、前節の例で示したような書式で出力すること。また、時間切れで強制終了した場合でも、時間内に出力したものが、確実に出力されるような注意が必要である。

### 3 . 補足：出力の方法，時間計測の方法

プログラムの中で解 (の候補) を出力する際には、次のような出力関数を用いるとよい。

```
/* 型 cross の定義
 * 出力の各行に対応する .
 * 作物 x と作物 y を交配してクセ s の作物を作ることを表す .
 */
struct cross {
    int x, y; char S[52];
};
/* 関数 output の定義
 * 答えが YES のとき yn = 1, NO のとき yn = 0 で呼び出す .
 * m は交配の回数を表す .
 * c は交配の情報を持った cross 型の配列 .
 */
void output(int yn, int m, struct cross *c) {
    if (!yn) {
        printf("NO\n");
    } else {
        printf("YES\n");
    }
}
```

```

    printf("%d\n", m);
    int i;
    for (i = 0; i < m; i++)
        printf("%d %d %s\n", c[i].x, c[i].y, c[i].S);
    }
    fflush(stdout);
}

```

プログラムの中で実行経過時間を計測したい場合には、関数 `gettimeofday` を以下のように使うとよい。

```

#include <stdio.h>
#include <sys/time.h>
double get_elapsed_time(struct timeval *begin, struct timeval *end) {
    return (end->tv_sec - begin->tv_sec) * 1000
        + (end->tv_usec - begin->tv_usec) / 1000.0;
}
int main(void) {
    struct timeval t1, t2;
    gettimeofday(&t1, NULL);
    計算 (*)
    gettimeofday(&t2, NULL);
    プログラム (*) の部分の実行時間 = get_elapsed_time(&t1, &t2); /* ミリ秒 */
}

```

## 級認定問題について

下記の各問題を解くプログラムを作成してください。各級ごとに 3 題の問題例で審査し、すべてで正解を出せば合格です。

### スーパーコン 3 級問題

「クセ無し種合成問題」を解くプログラムを作成してください。ただし、交配手順については出力せず、クセ無し種が交配可能 (YES) か不可能 (NO) か、のみを出力して下さい。また、入力条件として、「クセを表わす文字は、a, b, c とその大文字のみ。さらに、異なる原種は同じクセをもたない。」を加えることにします。

### スーパーコン 2 級問題

「クセ無し種合成問題」を解くプログラムを作成してください。ただし、交配手順については出力せず、クセ無し種が交配可能 (YES) か不可能 (NO) か、のみを出力して下さい。また、入力条件として、「異なる原種は同じクセをもたない。」を加えることにします。

### スーパーコン 1 級問題 (今年はず選問題とは異なります！ご注意ください)

「クセ無し種合成問題」を解くプログラムを作成してください。ただし、交配手順については出力せず、クセ無し種が交配可能 (YES) か不可能 (NO) か、のみを出力して下さい。