

1. 以下に示すのは、配列  $a$  の中身を小さい順に並べ替えるバブルソートである。
  - (1) まず、このアルゴリズムが動作する仕組みを理解せよ。コメントアウトされている `println` を有効にすると  $n=3$  と  $n=4$  のときにどう表示されるか考えよ。さらに、`main` を補って動作を確認せよ。

```
public static void bubbleSort(double[] a) {
    int n = a.length;

    for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
        for (int j = n - 1; j > i; j--) {
            if (a[j-1] > a[j]) {
                double t;
                t = a[j-1]; a[j-1] = a[j]; a[j] = t;
            }
            // System.out.println("a[" + (j-1) + "]とa[" + j + "]を比較した。");
        }
    }
}
```

- (2) 2つの要素の比較は、 $i$  が 0 のときは  $n-1$  回行われ、 $i$  が 1 のときは  $n-2$  回行われ、 $i$  が  $n-2$  のときは 1 回行われる。計算量 ( $i=0$  から  $i=n-2$  までの総比較回数) を  $n$  で表せ。

2. 選択ソートは、 $i=0$  から始めて  $i$  を 1 つずつ増やしながら、 $a[i] \sim a[n-1]$  の範囲から最小値  $a[k]$  を選択し、 $k \neq i$  ならば  $a[k]$  と  $a[i]$  を交換していくことによって、配列全体の整列を行う。

- (1) 以下のプログラムの空欄を埋めて、選択ソートのメソッドを完成させ、実際に動作を確認せよ。

```
public static void selectionSort(double[] a) {
    int n = a.length;

    for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
        // a[i]~a[n-1]の範囲から最小の値 a[k]を見つける
        int k = i;
        for (int j = i + 1;          ; j++) {

            if (                    ) {

                k = j;
            }
        }
        if (k != i) {
            double t;
            t = a[k]; a[k] = a[i]; a[i] = t;
        }
    }
}
```

- (2) 2つの要素の比較は  $i$  が 0 のときは  $n-1$  回行われる。計算量 (総比較回数) を  $n$  で表せ。なお、選択ソートはバブルソートよりも値の交換回数が少ないので高速である。

3. 挿入ソートは、 $i=1$  から始めて  $i$  を 1 つずつ増やしながら、 $a[i]$  を整列済みの  $a[0] \sim a[i-1]$  の適切な位置に挿入することを繰り返していくことによって、配列全体の整列を行う。

(1) 以下のプログラムの空欄を埋めて、選択ソートのメソッドを完成させ、実際に動作を確認せよ。

```
public static void insertionSort(double[] a) {
    int n = a.length;

    for (int i = 1; i < n; i++) {
        double t = a[i];

        // a[i-1] → a[i], a[i-2] → a[i-1], a[i-3] → a[i-2],... と
        // a[0]~a[i-1]の中身を後ろから順にずらしながら t の挿入位置を探る
        int j = i;

        while (j >=    ) {
            if (a[j-1]    t) break; // 挿入位置を発見 (while の条件式に組み込んでみよ)

            j--;
        }

    }
}
```

- (2) 挿入ソートは、ほとんど整列済みの配列に対しては非常に高速だが、逆順に並んでいる配列に対しては最悪の性能になる。最悪の場合、 $i$  が 0 のとき  $a[0]$  の 1 つをずらし、 $i$  が 1 のとき  $a[0]$  と  $a[1]$  の 2 つをずらし、 $i$  が  $n-2$  のときは  $a[0] \sim a[n-2]$  の  $n-1$  個をずらす。ずらす回数の合計は何回になるか。

4. 以下は、ともに小さい順に整列された配列  $a$  と配列  $b$  を合併（マージ）し、全体が小さい順に整列された配列  $c$  を構成して返す関数である。空欄を埋めて関数を完成させ、実際のデータで動作を確認せよ。

```
public static double[] merge(double[] a, double[] b) {

    double[] c = new double[a.length + b.length];

    int i = 0, j = 0, k = 0;
    while (k < a.length + b.length) {

        if (i >= a.length) c[k++] =

        else if (j >= b.length) c[k++] =

        else if (a[i] <= b[j]) c[k++] =

        else c[k++] =

    }
    return c;
}
```

- 5.~8. 今回の 1.~4.のプログラムを、文字列 (String) の配列を辞書順 (アルファベット順・あいうえお順) に整列するように書き換えよ。

9. 【発展】下記は挿入ソートの改良版であるシェルソートである。プログラムを完成させて実行し、動作を確認せよ。さらに、このアルゴリズムが挿入ソートよりも高速である理由を考察せよ。

シェルソートでは、配列の中の  $h$  個（ギャップ）おきの要素列を考え、それぞれに対して挿入ソートを行う。例えば、 $h=3$  ならば  $\{a[0], a[3], a[6], \dots\}$ ,  $\{a[1], a[4], a[7], \dots\}$ ,  $\{a[2], a[5], a[8], \dots\}$  の3本の要素列に対して別々に挿入ソートを行う。この手順を、ギャップ  $h$  を適当な値から始めて適当な方法で1まで減らしながら繰り返す。最後は  $h=1$  で通常の挿入ソートを行う。

以下の例では、ギャップ  $h$  は  $\lfloor n/2 \rfloor, \lfloor n/4 \rfloor, \lfloor n/8 \rfloor, \dots, 1$  と変化する。これはプログラムが単純になるのが利点だが、より高速なギャップ列も提案されている。他のギャップの計算方法について調べてみよ。

```
public static void shellSort(double a[]) {
    int n = a.length;

    for (int h = n/2; h > 0; h /= 2) {
        for (int i = h; i < n; i++) {
            double t = a[i];
            int j = i;

            while (j >= h && a[j-h] > t) {
                a[j] = a[j-h];
                j -= h;
            }
            a[j] = t;
        }
    }
}
```