


```

29         super.paintComponent(g);
30         g.drawString("HELLO WORLD!", x, y);
31     }
32
33     public static void main(String[] args) { /* 省略 */ }
34 }

```

このプログラムは、文字列を表示し、マウスがクリックされると、その場所に文字列を移動する。

いくつか注目すべき点がある。

- まずイベントを扱うために `java.awt.event.*` を import している。
(`/* 1 */`)

イベントを扱うプログラムは大抵この import 文が必要になる。

- さらにこのクラスが、`mouseClicked` というメソッドを持っていることを示すために、`MouseListener` という を implement していることを宣言している。(`/* 2 */`)
- コンストラクターで、`addMouseListener(this)` を呼んで、マウスのイベントを、`this` オブジェクトに結び付けている。(`/* 3 */`)
(`this` は一般にメソッドを実行中のオブジェクト自身を指す。詳しくは後述する。ここでは実質的には、`mouseClicked` メソッドを指す。)
- `mouseClicked` というマウスボタンのクリックに対応するイベントハンドラーを定義している。(`/* 4 */`) `mouseClicked` メソッドは `MouseEvent` 型の引数を受け取る。
- `MouseListener` インタフェースの他のメソッド (`mousePressed`, `mouseReleased`, `mouseEntered`, `mouseExited`) は何もしないメソッドとして、いちおう定義しておく。(`/* 5 */`)

このクラスは、文字列を表示する位置をフィールド `x, y` として保持している。`mouseClicked` メソッドは、これらのフィールドを、マウスの押された位置にしたがって変更する。マウスの押された位置（単位はピクセル）を知るには、`MouseEvent` クラスの `getX`, `getY` というメソッドを使う。そのあと `repaint` を呼び出して再描画を要求する。`repaint` は、`JPanel` クラスで定義済のメソッドで、その中で間接的に `paintComponent` メソッドを呼び出している。

自分で、呼出すコードを書かなくても、`paintComponent` メソッドが利用されている。オブジェクト指向言語に特有の振舞いである。

フィールドの宣言

フィールド（インスタンス変数）の宣言は、クラス定義の中に、メソッドの定義と同じレベルに（メソッドの定義の外に）並べて書く。フィールドはそのク


```
7 }
```

例えば、インタフェース `MouseListener` の定義は、上のように `mouseClicked` などのメソッドの引数、戻り値の型を宣言している。（このインタフェースの定義は、もともと用意されているので、自分でする必要はない。）クラスと異なり、このメソッドの具体的な定義はインタフェース内のどこにもない。

あるクラスが、あるインタフェースを実装していることを宣言するためには _____ というキーワードを用いる。例えば、`addMouseListener` の引数は `MouseListener` インタフェースを実装していなければならない。だから `MouseTest` クラスが `MouseListener` を実装していなければ、コンストラクターの中の `addMouseListener(this)` はエラーになる。

Q 4.3.1 `Foo` という名前の `JPanel` を継承するクラスに `mouseClicked` などいくつかのイベントハンドラーを定義して、マウスイベントに反応するプログラムを作成するとき、`import` 文と `public class Foo extends JPanel` に続く 2 ワードを書け。

答: `public class Foo extends JPanel` _____

Q 4.3.2 `mouseClicked` メソッドの定義の中で `repaint()` の呼出しがなければ、`MouseTest.java` はどのような振舞いをするか？

答: _____

問 4.3.3 円を描画し、円の内部をマウスでクリックすると「あたり」、円の外部をクリックすると「はずれ」という文字列を描画するプログラムを書け。

問 4.3.4 § 3.3 の問 3.3.6 で作成した 2 次元の色のグラデーションを作成する GUI アプリケーションを改良して、マウスをクリックした位置の色で何かの文字列を描画する GUI アプリケーション（カラーピッカー）を作成せよ。

また、カラーピッカーを利用して、 16×16 などのサイズのドット絵を作成するプログラムを書け。

問 4.3.5 § 3.4 の `Othello.java` を改良して、マウスで指示をすると石を置くようにせよ。つまり、盤面をクリックすると、空→白丸→黒丸→空→...の順に変わるようにせよ。

4.4 キーボードイベント

次の例題はマウスではなく、キーボードからのイベントを扱う。メソッド名やクラス名の `Mouse` が `Key` に変わるだけで、大部分は `MouseTest.java` に似ている。

例題 4.4.1（参考）キーボード

`U(p)`, `D(own)` の各キーが押されると文字列が移動する。

ファイル `KeyTest.java`

```

1 import javax.swing.*;
2 import java.awt.*;
3 import java.awt.event.*;
4
5 public class KeyTest extends JPanel
6     implements KeyListener {
7     private int x = 50, y = 20;
8
9     public KeyTest() {
10        setPreferredSize(new Dimension(150, 150));
11        setFocusable(true);
12        addKeyListener(this);
13    }
14
15    @Override
16    public void paintComponent(Graphics g) {
17        super.paintComponent(g);
18        g.drawString("HELLO WORLD!", x, y);
19    }
20
21    public void keyTyped(KeyEvent e) {
22        int k = e.getKeyChar();
23        if (k == 'u') {
24            y -= 10;
25        } else if (k == 'd') {
26            y += 10;
27        }
28        System.err.printf("key = %d\n", k);
29        repaint();
30    }
31    public void keyReleased(KeyEvent e) {}
32    public void keyPressed(KeyEvent e) {}
33
34    public static void main(String[] args) { /* 省略 */ }
35 }

```

KeyListener インタフェースは keyPressed, keyReleased, keyTyped の3つのメソッドからなる。このうちの keyPressed が「キーが押し下げられた」とき、keyReleased が「キーが離された」とき、に対応するイベントハンドラーである。実際に押されたキーに対応する文字を知るには KeyEvent クラスの getKeyCode というメソッドを用いる。keyTyped は、keyPressed, keyReleased よりも高レベルなイベントで「文字が入力された」ときに対応するイベントである。このメソッドでは、KeyEvent クラスの getKeyChar メソッドを用いて、入力された文字を知ることができる。（つまり、Shift キーを押しながら、「a」キーを押した場合は 'A' という文字が返る。）

Q 4.4.2 Bar という名前の JPanel を継承するクラスに keyTyped などいくつかのイベントハンドラーを定義して、キーイベントに反応するプログラムを作成するとき、import 文と public class Bar extends JPanel に続く2ワードを書け。

答: public class Bar extends JPanel _____

問 4.4.3 KeyTest.java を拡張して、上下に加えて左右にも文字列を動かせるようにせよ。

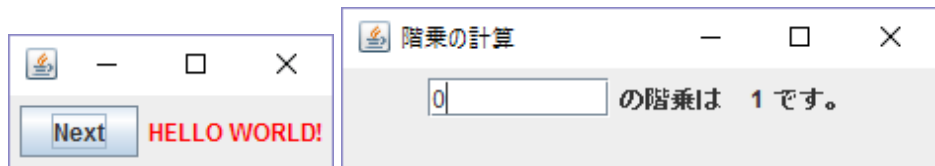
さらにカーソルキー（矢印キー）を利用する方法を調べよ。KeyTest.java を改良して、カーソルキーで文字を動かせるようにせよ。（ヒント: keyTyped ではなく、keyPressed メソッドを使う必要がある。）

参考:

<https://docs.oracle.com/javase/jp/18/docs/api/java.base/java/awt/event/KeyEvent.html>

4.5 GUI 部品

大抵の GUI は、ボタン、テキストフィールド、ラベル、チェックボックスなどの GUI 部品から構成されている。



ボタンの例

(ChangeColor.java)

テキストフィールドの例

(Factorial.java)

プログラムは、ボタンが押された、テキストフィールドが書き換えられた、などのイベントにも反応しなければならない。このようなイベントに対して、mouseClicked や keyPressed のような低レベルなイベントハンドラーで対応するのは、不可能ではないにしても困難である。そこで GUI 部品に対するイベントには ActionEvent というイベントハンドラーが用意されている。

このイベントハンドラーは `ActionEvent` 型の引数を受け取る。ActionEvent 型の引数は、イベントが発生した場所・時間に関する情報を持っていて、この引数から、どの部品でイベントが発生したかを特定することができる。

例題 4.5.1 ボタンを押すとテキストの色が変わる。

ファイル `ChangeColor.java`

```
1 import javax.swing.*;
2 import java.awt.*;
3 import java.awt.event.*;
4
5 public class ChangeColor extends JPanel
6     implements ActionListener {
7     private final Color[] cs = {
8         Color.RED, Color.BLUE, Color.GREEN, Color.ORANGE
9     };
10    private int i = 0;
11    private JLabel label;
12
13    public ChangeColor() {
14        JButton b = new JButton("Next");
15        b.addActionListener(this);          /* 1 */
16        label = new JLabel("HELLO WORLD!");
17        label.setForeground(cs[i]);        /* 前景色の変更 */
18        setLayout(new FlowLayout());      /* 2 */
19        add(b); add(label);                /* 3 */
20    }
```

```

20     }
21
22     public void actionPerformed(ActionEvent e) {
23         i = (i + 1) % cs.length;
24         label.setForeground(cs[i]);
25     }
26
27     public static void main(String[] args) { /* 省略 */
28 }

```

新しいボタンを作成するのに、JButton クラス のコンストラクターを用いる。このコンストラクターは、ボタンに表示する文字列を引数に取る。JLabel は単に文字を表示するためだけの GUI 部品である。生成した部品を GUI アプリケーションの画面に加えるには `add` というメソッドを用いる。 (/* 3 */)

その直前の行 (/* 2 */) では、add された部品を配置する方法を指定している。ここでは FlowLayout という単純な配置方法を選択している。ちなみに JPanel の場合は、デフォルトのレイアウトが FlowLayout なので、この行はなくても構わない。

actionPerformed は `ActionListener` インタフェース のメソッドである。このインタフェースには、他のメソッドはなく、actionPerformed というただ一つのメソッドのみ宣言されている。ボタン b が押されたときに actionPerformed が呼ばれるように、ボタン b の addActionListener メソッドを読んでいることに注意する。 (/* 1 */)

この例題では、イベントが発生する GUI 部品を 1 つしか使用していないので、actionPerformed メソッドの引数 (e) は調べる必要がない。

actionPerformed が呼び出される度に、フィールド i の値が変更される。(イベントが発生する GUI 部品を 2 つ以上使う例はあとで紹介する。)

Q 4.5.2 Baz という名前の JPanel を継承するクラスに actionPerformed イベントハンドラーを定義して、ボタンなどのイベントに反応するプログラムを作成するとき、import文と public class Baz extends JPanel に続く 2 ワードを書け。

答: public class Baz extends JPanel `implements ActionListener`

例題 4.5.3 テキストフィールドに数字を入力して、その階乗を計算する。

ファイル `Factorial.java`

```

1 import javax.swing.*;
2 import java.awt.*;
3 import java.awt.event.*;
4
5 public class Factorial extends JPanel
6         implements ActionListener {
7     private JTextField input;
8     private JLabel output;
9
10    public Factorial() {

```

```

11     setPreferredSize(new Dimension(300, 50));
12     input = new JTextField("0", 8);
13     output = new JLabel(" 1");
14     input.addActionListener(this);
15     setLayout(new FlowLayout());
16     add(input); add(new JLabel("の階乗は"));
17     add(output); add(new JLabel("です。"));
18 }
19
20 // factorial -- 階乗のこと
21 private static int factorial(int n) {
22     int r = 1;
23     for (; n > 0; n--) {
24         r *= n;
25     }
26     return r;
27 }
28
29 public void actionPerformed(ActionEvent e) {
30     try {
31         int n = Integer.parseInt(input.getText());
32         /* ラベルの表示文字列の変更 */
33         output.setText(" " + factorial(n));
34     } catch (NumberFormatException ex) {
35         input.setText("数値!");
36     }
37 }
38
39 public static void main(String[] args) { /* 省略 */ }
40 }

```

JTextField のコンストラクターは、最初に表示する文字列 (String 型) と、表示できる文字数 (int 型) の 2 つの引数を取る。

ユーザーがテキストフィールドに文字を書き込み、リターンキーを押した時点でイベントが発生する。テキストフィールドの場合もボタンと同じく actionPerformed メソッドで処理する。入力された文字列は actionPerformed の中で input (JTextField クラス) の getText メソッドを使って知ることができる。

このあと output (JLabel クラス) の setText というメソッドを呼び出して、ラベルに表示されている文字列を変更している。

_____ は文字列から整数に変換するためのメソッド (java.lang.Integer クラスのクラスメソッド) である。

java.lang.Integer クラス:

```
public static int parseInt(String s)
```

文字列の引数を符号付き 10 進数の整数型として構文解析した結果生成された整数値が返される。

階乗の計算はクラスメソッド factorial として独立させた。

このメソッドは戻り値を持つが、return 文の書き方も C 言語と同じである。


```
戻り値型 メソッド名 (引数の型 引数名, ...) {  
    ...  
}
```

というメソッドの定義の書き方も（戻り値型のまえに `public` などの修飾子がつくことがあることを除けば）C 言語の関数の書き方と同じである。

Q 4.5.4 `str` という `String` 型の変数に "123" のような整数を表す文字列が入っているとき、これを 123 という `int` 型に変換した値を返す Java の式を書け。

答: _____

問 4.5.5 第 3 章の `N_gon.java` の正多角形の辺の数をテキストフィールドから入力できるようにせよ。

4.6 Java の例外処理

`try ~ catch ~ 文` は

```
try ブロック1 catch (例外型 変数) ブロック2
```

という形で用いる。

この形は、まずブロック₁を実行する。この中でエラーが起こらなければ、そのまま次へ進む。ブロック₁の中で**例外**（エラーと考えて良い）と呼ばれる状況が起こったとき、`catch`の後ろの例外型がその例外の型とマッチするか調べ、マッチすればその後のブロック₂を実行する。`catch (例外型 変数) ブロック` という形（`catch` 節）が複数続いても良い。その場合は発生した例外にマッチする例外型を持つ、最初の `catch` 節が選択される。“変数”に例外の情報を持つオブジェクトが初期値として渡されてブロックが実行される。また、Java 7 以降では、“例外型”を“|”で区切って、複数個列挙できるようになった。`catch (例外型1 | 例外型2 | ... | 例外型n 変数) ブロック` のように `catch` 節を書くと、例外が例外型₁, 例外型₂, ..., 例外型_n のいずれかにマッチするとき、後ろのブロックが実行される。マッチするものがなければ、現在実行しているメソッドを呼出した式を囲んでいる `try ~ catch` 文を探す。それもなければ、さらにメソッド呼出しの履歴をさかのぼって、囲んでいる `try ~ catch` 文を探す。それでもなければプログラムを終了する。

また、最後に `finally ブロック` という形（`finally` 節）がつく場合もある。その場合、`finally` ブロックは例外が起こったか否か、さらに例外が `catch` されたか否かにかかわらず、必ず実行される。

例えば、0 による除算を行なうと `ArithmeticException` という種類の例外が発生する。次のようなプログラムを実行すると、

ファイル `TryCatchTest.java`

```
1 public class TryCatchTest {  
2     public static void main(String[] args) {
```

```

3     int i;
4     for (i = -3; i <= 3; i++) {
5         try {
6             System.out.printf("10 / %d = %d\n",
7                                 i, 10 / i);
8         } catch (ArithmeticException e) {
9             System.out.println("エラー: " + e.toString());
10        }
11    }
12    System.out.println("終");
13 }
14 }

```

出力は次のようになる。

```

10 / -3 = -3
10 / -2 = -5
10 / -1 = -10
エラー: java.lang.ArithmeticException: / by zero
10 / 1 = 10
10 / 2 = 5
10 / 3 = 3
終

```

i が 0 になった地点で例外が発生し、catch の後のブロックが実行される。その後は、try ~ catch 文の次の文の実行を継続する。

Q 4.6.1 次のプログラムの出力を予想せよ。

```

1 public class TryCatchTest2 {
2     public static void main(String[] args) {
3         int i;
4         try {
5             for (i = -3; i <= 3; i++) {
6                 System.out.printf("10 / %d = %d\n",
7                                     i, 10 / i);
8             }
9         } catch (ArithmeticException e) {
10            System.out.println("エラー: " + e.toString());
11        }
12        System.out.println("終");
13    }
14 }

```

答:

```

10 / -3 = -3
10 / -2 = -5
10 / -1 = -10
エラー: java.lang.ArithmeticException: / by zero

```

ArithmeticException の他に、よく扱う必要のある例外としては次のようなものがある。いずれも java.lang パッケージに属する。java.lang パッケージ

ジは標準的なクラスを集めた、import の必要がない（最初から import されている）パッケージである。

NullPointerException	null が通常のオブジェクトとしてアクセスされた
NumberFormatException	Integer.parseInt で文字列が数値として解釈できない
ArrayIndexOutOfBoundsException	範囲外の添字で配列がアクセスされた

null は、[null](#) として使われる定数である。（C 言語の NULL に対応する。）

例外の中には、発生する可能性があるときは try ~ catch で囲んで処理する必要があるもの（検査例外、checked exception）もある。入出力に関する例外の java.io.IOException などである。

4.7 throw 文

プログラムにより例外を発生させるには throw 文を用いる。

throw 式;

この“式”は例外型（Exception あるいはそのサブクラス）のオブジェクトでなければならない。

次の例は、コマンドライン引数（main メソッドの引数の文字列の配列 args）として渡された数字の積を計算するプログラムである。途中で 0 が出てきた場合は、わざと例外を発生させて、残りのかけ算の処理を行なわないようにしている。（ただしこのプログラム例では、break 文を用いる方が自然である。）

ファイル `TryCatchTest2.java`

```
1 public class TryCatchTest2 {
2     public static void main(String[] args) {
3         int i, m = 1;
4         try {
5             for (i = 0; i < args.length; i++) {
6                 m *= foo(args[i]);
7             }
8         } catch (Exception e) {
9             m = 0;
10        }
11        System.out.println("答は " + m + " です。");
12    }
13
14    public static int foo(String arg) throws Exception {
15        int a = Integer.parseInt(arg);
16        if (a == 0) throw new Exception("zero");
17        return a;
18    }
19 }
```

例えば“java TryCatchTest2 1 2 0 3 4 5 6”というコマンドライン引数で実行させると、3番目の引数の 0 を呼んだ時点で、例外を発生させるため、残

りの引数の 3, 4, 5, 6 は無視される。

上の foo メソッドのように本来 try ~ catch で処理する必要のある例外を、メソッド内で処理しないメソッドは、throws というキーワードのあとに発生する可能性のある例外をコンマ(,)で区切って列挙しなければならない。

4.8 String クラスの split メソッド

例題 4.8.1 文字列の分割

数値の配列のデータを空白区切りの文字列で渡せるように、Graph.java を拡張する。

ファイル `Graph2.java`

```
1 import java.awt.*;
2 import javax.swing.*;
3 import java.awt.event.*;
4
5 public class Graph2 extends JPanel
6     implements ActionListener {
7     private int[] is = {};
8     private JTextField input;
9     private final Color[] cs = {
10         Color.RED, Color.BLUE
11     };
12     private final int scale = 15;
13
14     public Graph2() {
15         setPreferredSize(new Dimension(200, 200));
16         input = new JTextField("", 16);
17         input.addActionListener(this);
18         setLayout(new FlowLayout());
19         add(input);
20     }
21
22     @Override
23     public void paintComponent(Graphics g) {
24         super.paintComponent(g);
25         int i;
26         int n = is.length;
27
28         for (i = 0; i < n; i++) {
29             g.setColor(cs[i % 2]);
30             g.fillRect(0, i * scale + 30,
31                 is[i] * scale, scale);
32         }
33     }
34
35     public void actionPerformed(ActionEvent e) {
36         String[] args = input.getText().split(" ");
37         int n = args.length;
38         is = new int[n];
39
40         int i;
41         for(i = 0; i < n; i++) {
42             is[i] = Integer.parseInt(args[i]);
43         }
44         repaint();
45     }
}
```

```

46
47     public static void main(String[] args) { /* 省略 */
48 }

```

ここでは、空白区切りの文字列を文字列の配列に分割するためにString クラスの _____ メソッドを用いた。

java.lang.String クラス:

```
public String[] split(String regex)
```

この文字列を、指定された正規表現 (regex) に一致する位置で分割する。

さらに Integer.parseInt メソッドで文字列から整数へ変換している。上の actionPerformed メソッドの中身は、空白で区切られた文字列を配列に変換する典型的な方法である。

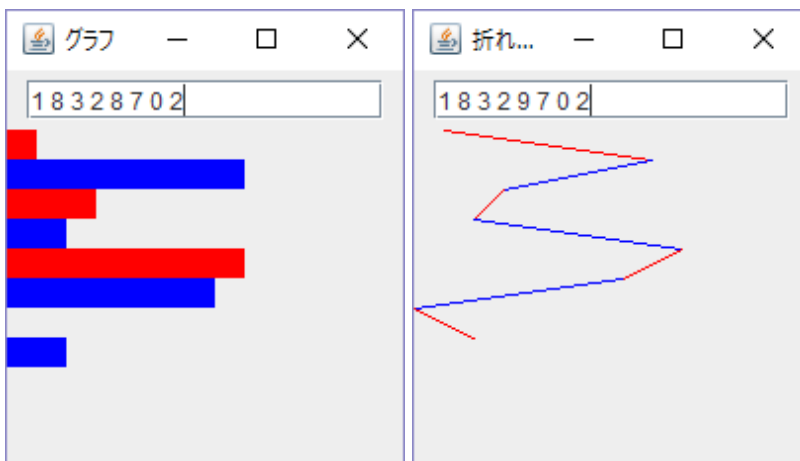
split メソッドの引数は、区切りに使用する文字列を表す正規表現である。これを "," に変更すると、コンマで区切られた文字列を分割することができる。また、_____ にすると、空白文字が2つ以上連続したり、タブ文字などが混ざったりという場合にも対応できる。Java で使用できる正規表現については、java.util.regex.Pattern クラスのドキュメント

(<https://docs.oracle.com/javase/jp/18/docs/api/java.base/java/util/regex/Pattern.html>) を参照すること。

Q 4.8.2 str という String 型の変数に "087-864-2015" という文字列が入っているとき、これを '-' 区切りで分割した、String 型の配列を返す Java の式を書け。

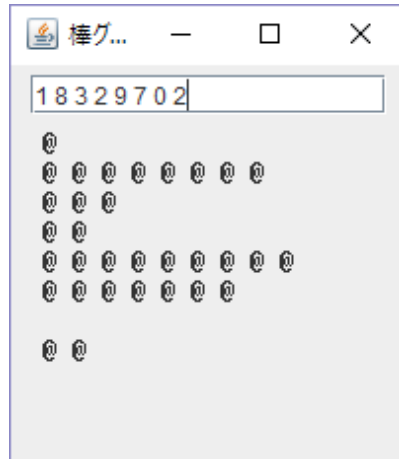
答: _____

問 4.8.3 テキストフィールドに与えられた数値データから折れ線グラフを生成する GUI アプリケーションを書け。(例外 ArrayIndexOutOfBoundsException が出ないように注意すること。n 個の点を結ぶ線は n - 1 本であることに注意する。)



棒グラフ

折れ線グラフ



文字によるグラフ

4.9 配列の生成

`new` オペレーターは配列を生成するときにも使用することができる。_____ は、動的に長さ `n` の (`int` 型の) 配列を生成する式である。`int` の代わりに他の型名を使うとその型の配列が生成される。C の配列宣言とは異なり、要素数 `n` の値がコンパイル時に定まっている必要はない。この形式を使うと配列の各要素は 0 (オブジェクト型の場合は `null`) に初期化される。

一方、_____ は、要素数を指定するのではなく、初期値を列挙して (`int` 型の) 配列を生成する式である。

なお、配列変数の宣言と同時に初期値を指定するときは、`new` 演算子を使わず、次のように単にブレースの中に初期値を列挙することができる。

```
1 int[] arr = {1, 7, 4, 10};
```

この宣言の `=` の右辺 `{1, 7, 4, 10}` は文法的には式ではないので、変数の宣言時でなければ使えない。

Q 4.9.1 次の Java プログラム (の一部) の文法的な誤りを指摘せよ。また、どう修正すればよいか？

```
1 ...
2 int[] arr;
3
4 if (x > 0) {
5     arr = { 1, 2, 3, 4 };
6 } else {
7     arr = { 5, 6, 7 };
8 }
9
10 for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
11     System.out.printf("%d, ", arr[i]);
12 }
13 ...
```

例題 4.9.2 時間のデータを "9:45 12:35 4:42" というように、空白で区切って渡し、その時間の合計を表示する。

ファイル `AddTime2.java`

```
1 import javax.swing.*;
2 import java.awt.*;
3 import java.awt.event.*;
4
5 public class AddTime2 extends JPanel
6     implements ActionListener {
7     private JTextField input; // e.g. 2:45 1:25 3:34
8     private JLabel output;
9
10    public AddTime2() {
11        setPreferredSize(new Dimension(180, 150));
12        input = new JTextField("1:23 4:56", 16);
13        output = new JLabel("00:00");
14        input.addActionListener(this);
15        setLayout(new FlowLayout());
16        add(input);
17        add(new JLabel("の和は"));
18        add(output);
19        add(new JLabel("です。"));
20    }
21
22    // 時間の足し算を関数として定義する。
23    private static int[] addTime(int[] t1, int[] t2) {
24        // 時間を大きさ 2の配列で表す。
25        int[] t3 = { t1[0] + t2[0], t1[1] + t2[1] };
26
27        if (t3[1] >= 60) { // 繰り上がりの処理
28            t3[0]++;
29            t3[1] -= 60;
30        }
31        return t3; // 新しい配列を返す。
32    }
33
34    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
35        String[] args = input.getText().split("\\s+");
36
37        int[] t = {0, 0};
38        for (String s: args) {
39            String[] stime = s.split(":");
40            t = addTime(t, new int[] {
41                Integer.parseInt(stime[0]),
42                Integer.parseInt(stime[1])
43            });
44            // addTimeの呼出し前にその引数に入っていた
45            // 配列は不要となる。あとで GC される。
46        }
47        output.setText(String.format("%02d:%02d",
48            t[0], t[1]));
49    }
50
51    public static void main(String[] args) { /* 省略 */ }
```

addTime はその中で配列を確保して戻り値に用いている。このように new は、C 言語の malloc に近い働きをする。また、このようにして確保された配列は、init の中で t = addTime(t, ...) という呼出しで次々と使われなくなるが、使われなくなったメモリ領域は _____ (Garbage Collection, GC) によって自動的に回収される。(C 言語のように free による明示的なメモリの解放は必要ない。) GC のある言語ではこのように次々と新しいデータを生成して、古いデータを捨てるというスタイルが可能になる。

4.10 総称クラスの使用

総称クラス (generic class) は、型パラメーターを持つクラスのこと、Java 5 から導入された。代表的な総称クラスの例として ArrayList, HashMap, LinkedList, ArrayDeque などがあげられる。これらは、いわゆるコンテナ (入れ物となるデータ型) である。型パラメーターは _____ に書かれる。なお、配列も型パラメーターを持つ型だが、総称クラスとはならず、書き方が異なる。

ArrayList は _____ のようなものである。(通常の配列と異なり、各要素の定数時間のアクセスはできない。) ArrayList の型パラメーターは要素の型を表す。(総称クラスはこのようにコレクション (データの集まり) の型に使われることが多い。) 例えば、String 型を要素とする ArrayList は ArrayList<String> となり、次のように使用する。

```
// コンストラクターは空の ArrayList 作成
ArrayList<String> arr1 = new ArrayList<String>();
// データ追加
arr1.add("aaa"); arr1.add("bb"); arr1.add("cccc");
// データ取出し
String s = arr1.get(1);
```

add メソッドでデータを追加し、get メソッドでデータを取り出すことができる。ArrayList の無引数のコンストラクターは空の ArrayList を生成する。本来は総称クラスのコンストラクターは型パラメーターが必要だが、Java 8 からは文脈から推論できる場合、次のように省略できるようになった。

```
ArrayList<String> arr1 = new ArrayList<>();
```

Q 4.10.1 Color 型の要素を持つ ArrayList の colors という名前の変数を、空の ArrayList に初期化する宣言を書け。

答: _____

int, double のようなプリミティブ型は総称クラスの型パラメーターになることができないという制限があるので注意が必要である。(型の名前が小文字で始まるので区別できる。) このときは Integer, Double などの対応する _____ と呼ばれるクラスを利用する。Java の主なプリミティブ型とラッパークラスとの対応を以下に挙げる。

プリミティブ型	ラッパークラス
int	Integer
char	Character
double	Double
boolean	Boolean

ここに挙げている以外のプリミティブ型 (byte, short, long, float) に対応するラッパークラスは単にプリミティブ型の先頭の文字を大文字にすれば良い。

ラッパークラスとプリミティブ型の変換はほとんどの場合、自動的に行われる (オートボックス) ので、型パラメーターとして int の代わりに Integer と書く以外は通常のクラス型をパラメーターとするときと変わらない。例えば次のように書くことができる。

```
// コンストラクターは空の ArrayList 作成
ArrayList<Integer> arr2 = new ArrayList<>();
// データ追加
arr2.add(123); arr2.add(456); arr2.add(789);
// データ取出し
int i = arr2.get(1);
```

ArrayList<String> に int 型の要素を add したり、ArrayList<Integer> から String 型の要素を get したりするのは、当然型エラー (コンパイル時のエラー) になる。

```
ArrayList<String> arr1 = new ArrayList<> ();
arr1.add(333); // 型エラー

ArrayList<Integer> arr2 = new ArrayList<> ();
...
String t = arr2.get(2); // 型エラー
```

このような型エラーをコンパイル時にちゃんと発見したい、というのが、総称クラスの導入のそもそもの動機である。

API ドキュメントの中では、型パラメーターは E のような仮のクラス名が使われ、

```
java.util.ArrayList<E> クラス:
public ArrayList()
空のリストを作成します。
public boolean add(E e)
リストの最後に、指定された要素 (e) を追加します。
public E get(int index)
リスト内の指定された位置 (index) にある要素を返します。
```

のように書かれる。

Q 4.10.2 double 型を保存するための ArrayList の ds という名前の変数を空の ArrayList に初期化する宣言を書け。(ヒント: double はプリミティブ

型である。)

答: _____

例題 4.10.3 マウスクリックの位置を保存する

描画データの一時保存に `ArrayList` を使用する例である。 `mouseClicked` メソッドでクリックされた座標を保存し、 `paintComponent` メソッドでそれを利用している。なお、配列型は総称クラスの型パラメータとして問題なく使用することができる。実際、ラッパークラスは要素数 1 の配列のようなものである。この例の場合、クリックされる回数が前もってわからないので、 `ArrayList` を使用している。

ファイル `MouseDraw.java`

```
1 import java.awt.*;
2 import javax.swing.*;
3 import java.awt.event.*;
4 import java.util.ArrayList;
5
6 public class MouseDraw extends JPanel implements
MouseListener {
7     private ArrayList<int[]> points;
8
9     public MouseDraw() {
10         setPreferredSize(new Dimension(640, 640));
11         points = new ArrayList<>();
12         addMouseListener(this);
13     }
14
15     public void mouseClicked(MouseEvent e) {
16         points.add(new int[] { e.getX(), e.getY() });
17         repaint();
18     }
19
20     public void mouseEntered(MouseEvent e) {}
21     public void mouseExited(MouseEvent e) {}
22     public void mousePressed(MouseEvent e) {}
23     public void mouseReleased(MouseEvent e) {}
24
25     @Override
26     public void paintComponent(Graphics g) {
27         super.paintComponent(g);
28
29         int i, n = points.size();
30         for (i = 1; i < n; i++) {
31             int[] p0 = points.get(i - 1);
32             int[] p1 = points.get(i);
33             g.drawLine(p0[0], p0[1], p1[0], p1[1]);
34         }
35     }
36
37     public static void main(String[] args) { /* 省略 */ }
38 }
```

例題 4.10.4 色の名前

HashMap は _____ と呼ばれるデータ構造である。通常の配列と異なり、int 型だけではなく、任意の型 (String 型など) をキー (添字) として、要素を格納・検索することができる。HashMap の型パラメーターは 2 つあり、1 つめがキーの型、2 つめが要素の型である。下の例では、HashMap<String, Color>、つまりキーが String 型で要素が Color 型の連想配列を用いている。要素の格納には put メソッド、検索には get メソッドを用いる。

```
java.util.HashMap<K,V> クラス:  
public HashMap()  
空の HashMap を作成します。  
public V put(K key, V value)  
指定された値 (value) と指定されたキー (key) をこのマップに関連付けます。  
public V get(Object key)  
指定されたキー (key) がマップされている値を返します。
```

Object (java.lang.Object) クラスは Java のすべてのクラスのスーパークラスとなる、クラス階層のルートクラスである。get メソッドの引数の型として、Object 型が使われている。

ファイル ColorName.java

```
1 import java.awt.*;  
2 import javax.swing.*;  
3 import java.awt.event.*;  
4 import java.util.HashMap;  
5  
6 public class ColorName extends JPanel  
7     implements ActionListener {  
8     private HashMap<String, Color> hm;  
9     private JTextField input;  
10  
11     public ColorName() {  
12         setPreferredSize(new Dimension(250, 120));  
13         // http://www.colordic.org/w/ より抜粋  
14         hm = new HashMap<>();  
15         hm.put("鶉", new Color(0xf7acbc));  
16         hm.put("赤", new Color(0xed1941));  
17         hm.put("朱", new Color(0xf26522));  
18         hm.put("桃", new Color(0xf58f98));  
19         hm.put("緋", new Color(0xaa2116));  
20         hm.put("肌", new Color(0xfedcbcd));  
21         hm.put("橙", new Color(0xf47920));  
22         hm.put("褐", new Color(0x843900));  
23         hm.put("黄", new Color(0xffd400));  
24         hm.put("鶺鴒", new Color(0xcbc547));  
25         hm.put("鶯", new Color(0x87943b));  
26         hm.put("緑", new Color(0x45b97c));  
27         hm.put("鉄", new Color(0x005344));  
28         hm.put("水", new Color(0xafdfe4));  
29         hm.put("青", new Color(0x009ad6));  
30         hm.put("藍", new Color(0x145b7d));  
31         hm.put("紺", new Color(0x003a6c));  
32         hm.put("董", new Color(0x6ff0aa));  
33         hm.put("藤", new Color(0xafb4db));
```

```

34         hm.put("紫", new Color(0x8552a1));
35         hm.put("白", new Color(0xfffffb));
36         hm.put("灰", new Color(0x77787b));
37         hm.put("黒", new Color(0x130c0e));
38         hm.put("紅", new Color(0xd7003a));
39         input = new JTextField("紅 白 紺", 8);
40         input.addActionListener(this);
41         setLayout(new FlowLayout());
42         add(input);
43     }
44
45     @Override
46     public void paintComponent(Graphics g) {
47         String text = input.getText();
48         super.paintComponent(g);
49         g.setFont(new Font("SansSerif",
50             Font.BOLD, 64));
51         String[] colors = text.split("\\s+");
52         for (int i = 0; i < colors.length; i++) {
53             String c = colors[i];
54             Color color = hm.get(c);
55             if (color == null) {
56                 color = Color.BLACK;
57             }
58             g.setColor(color);
59             g.drawString(c, 64 * i, 100);
60         }
61     }
62
63     public void actionPerformed(ActionEvent e) {
64         repaint();
65     }
66
67     public static void main(String[] args) { /* 省略 */ }
68 }

```

問 4.10.5 総称クラス `java.util.LinkedList`, `java.util.ArrayDeque` の使用法を調べ、プログラムを作成せよ。

4.11 複数の GUI 部品を使用したプログラム例

例題 4.11.1 ボタン 2 つを使ってテキストを左右に移動する。

ファイル `LeftRightButton.java`

```

1 import javax.swing.*;
2 import java.awt.*;
3 import java.awt.event.*;
4
5 public class LeftRightButton extends JPanel
6     implements ActionListener
7 {
8     private int x = 20;
9     private JButton lBtn, rBtn;
10
11     public LeftRightButton() {
12         setPreferredSize(new Dimension(200, 70));
13         lBtn = new JButton("Left");
14         rBtn = new JButton("Right");
15         lBtn.addActionListener(this);
16         rBtn.addActionListener(this);

```

```

16         setLayout(new BorderLayout());
17         add(lBtn); add(rBtn);
18     }
19
20     @Override
21     public void paintComponent(Graphics g) {
22         super.paintComponent(g);
23         g.drawString("HELLO WORLD!", x, 55);
24     }
25
26     public void actionPerformed(ActionEvent e) {
27         Object source = e.getSource();
28         if (source == lBtn) { // lBtnが押された
29             x -= 10;
30         }
31         else if (source == rBtn) { // rBtnが押された
32             x += 10;
33         }
34         repaint();
35     }
36
37     public static void main(String[] args) { /* 省略 */
38 }

```

このプログラムでは GUI 部品（ボタン）を 2 つ使用しているので、どのボタンが押されたかを actionPerformed メソッド中で調べる必要がある。そのために ActionEvent クラスの getSource というメソッドを用いて、比較演算子 (==) で比べることによって、イベントの起こったボタンを特定している。

問 4.11.2 摂氏の温度をテキストフィールドに入力して、これを華氏の温度に変換する GUI アプリケーションを Factorial.java (例題 4.5.3) にならって書け。（ただしボタンは使わない。）

さらに、2 つのテキストフィールドを用いて、摂氏と華氏の変換を双方向に行なえる（片方のテキストフィールドの値を変えると、もう片方のテキストフィールドの値が変わる）ようにせよ。



(参考) $(\text{華氏の温度}) = (\text{摂氏の温度}) \times 1.8 + 32$

例えば摂氏 0 度は華氏 32 度、摂氏 100 度は華氏 212 度になる。また、華氏 0 度は摂氏 -17.8 度、華氏 100 度は摂氏 37.8 度となる。華氏は、人間が通常生活できる気温が 0 ~ 100 の範囲に収まるようにしたものである。

(参考) String 型を double 型（実数の型）に変換するには、
[このリンク](#) という java.lang.Double クラスのクラスメソッドを使う。

```

java.lang.Doubleクラス:
public static double parseDouble(String s)
指定された String が表す値に初期化された新しい double 値を返す。

```

`Integer.parseInt` と使い方が似ているが、`double` 型を返す。

また逆に、`double` 型を `String` 型に変換するとき、書式を指定したい（例えば小数点以下を 3 桁以内に抑えたい）ときは、_____ というクラスメソッドを使う。

```
java.lang.Stringクラス:  
public static String format(String format,  
Object... args)  
指定された書式の文字列と引数を使って、書式を整えた文字列を返す。
```

引数の意味は `PrintWriter` クラスの `printf` メソッド（`System.out.printf` など）と同じだが、標準出力に出力するのではなく戻り値として文字列を返す。

Q 4.11.3 `str` という `String` 型の変数に "3.14" という文字列が入っているとき、これを 3.14 という `double` 型に変換した値を表す Java の式を書け。

答: _____

Q 4.11.4 `x` という `double` 型の変数に `1.0 / 3` という式の結果が入っているとき、これを "0.33" という小数第 2 位までの `String` 型に変換した値を表す Java の式を書け。

答: _____

参考:

[https://docs.oracle.com/javase/jp/18/docs/api/java.base/java/lang/String.html#format\(java.lang.String,java.lang.Object...\)](https://docs.oracle.com/javase/jp/18/docs/api/java.base/java/lang/String.html#format(java.lang.String,java.lang.Object...))

4.12 内部クラス

一方、GUI 部品が多くなってきたときは、**if ~ else** 文が何重も入れ子になってしまう `getSource` メソッドを用いる方法は効率が悪い。次の例のように _____（インナークラス, inner class）を用いるほうが効率が良い。

例題 4.12.1 `LeftRightButton.java` を内部クラスを用いて書き換える

ファイル `LeftRightButton2.java`

```
1 import javax.swing.*;  
2 import java.awt.*;  
3 import java.awt.event.*;  
4  
5 public class LeftRightButton2 extends JPanel {  
6     private int x = 20;  
7  
8     public LeftRightButton2() {  
9         setPreferredSize(new Dimension(200, 70));  
10        JButton lBtn = new JButton("Left");  
11        JButton rBtn = new JButton("Right");  
12        lBtn.addActionListener(new LeftListener());
```

```

13         rBtn.addActionListener(new RightListener());
14         setLayout(new FlowLayout());
15         add(lBtn); add(rBtn);
16     }
17
18     private class LeftListener
19         implements ActionListener {
20         public void actionPerformed(ActionEvent e) {
21             x -= 10;
22             repaint();
23         }
24     }
25
26     private class RightListener
27         implements ActionListener {
28         public void actionPerformed(ActionEvent e) {
29             x += 10;
30             repaint();
31         }
32     }
33
34     @Override
35     public void paintComponent(Graphics g) {
36         super.paintComponent(g);
37         g.drawString("HELLO WORLD!", x, 55);
38     }
39
40     public static void main(String[] args) { /* 省略 */ }
41 }

```

Java ではクラスの中にクラスを定義することができる（これが内部クラスである）。これは関数の中に関数を定義できないこととの大きな違いである。上の例は、この内部クラス（LeftListener と RightListener）を用いて、actionPerformed メソッドを与えている。内部クラスの中では、その外側のクラスのフィールド（上の例の場合 x）やメソッドなど（上の例の場合 repaint メソッド）を参照することができる。

このように内部クラスを用いると、addActionListener のときに、コンポーネントとメソッドを関連づけることができるので、コンポーネントの数が多いときは getSource メソッドを用いるよりも効率が良い。

4.13 匿名クラス

内部クラスに名前をつけずに（`_____`, `_____`, anonymous class）そのインスタンスを生成することができる。名前のないクラスのオブジェクトは次のような式で作成する。

```

new スーパークラスのコンストラクター(引数) {
    メソッド・フィールドの定義
}

```

この形式の前半（この色の部分）は通常のコンストラクターの呼出しと同じカタチで、後半（この色の部分）はクラスの定義の本体（{ と } の間）と同じカタチである。

スーパークラスのコンストラクターは `ActionListener` のようなインターフェース名でも良い。その場合は下の例のように引数はとらず、`()` のみを書く。また、その場合のスーパークラスは `java.lang.Object` となる。

例題 4.13.1 `LeftRightButton.java` を匿名クラス (anonymous class) を用いて書き換える、

ファイル `LeftRightButton3.java`

```
1 import javax.swing.*;
2 import java.awt.*;
3 import java.awt.event.*;
4
5 public class LeftRightButton3 extends JPanel {
6     private int x = 20;
7
8     public LeftRightButton3() {
9         setPreferredSize(new Dimension(200, 70));
10        JButton lBtn = new JButton("Left");
11        JButton rBtn = new JButton("Right");
12        lBtn.addActionListener(new ActionListener() {
13            public void actionPerformed(ActionEvent e) {
14                x -= 10;
15                repaint();
16            }
17        });
18        rBtn.addActionListener(new ActionListener() {
19            public void actionPerformed(ActionEvent e) {
20                x += 10;
21                repaint();
22            }
23        });
24        setLayout(new FlowLayout());
25        add(lBtn); add(rBtn);
26    }
27
28    @Override
29    public void paintComponent(Graphics g) {
30        super.paintComponent(g);
31        g.drawString("HELLO WORLD!", x, 55);
32    }
33
34    public static void main(String[] args) { /* 省略 */ }
35 }
```

4.14 final 修飾子と実質的に final

内部クラス (匿名クラスを含む) はメソッドの中で定義することも可能で、その場合はメソッドの局所変数を参照することもできるが、少し制限がある。

実装上の都合で、内部クラスを生成するとき、参照されているメソッドの局所変数についてはコピーを作る必要がある。このとき局所変数の値が代入によって変更されてしまうと、内部クラス内の変数のコピーは値が変わらず、意味的に変なことになってしまう。

このため、内部クラスから参照されるメソッドの局所変数は、代入によって値を変更してはいけないことになっている。(なお、フィールドの場合にはこの

ような制限は存在しない。)

例題 4.14.1 匿名クラスからメソッドの局所変数を参照する。

ファイル `FinalExample.java`

```
1 import javax.swing.*;
2 import java.awt.*;
3 import java.awt.event.*;
4
5 public class FinalExample extends JPanel {
6     private static final Color[] colors = {
7         Color.RED, Color.GREEN, Color.BLUE};
8     private int c = 0;
9
10    public FinalExample() {
11        setPreferredSize(new Dimension(200, 70));
12        JButton button = new JButton("Push");
13        button.setForeground(colors[c]);
14        button.addActionListener(new ActionListener() {
15            public void actionPerformed(ActionEvent e) {
16                c = (c + 1) % colors.length;
17                button.setForeground(colors[c]);
18            }
19        });
20        setLayout(new FlowLayout());
21        add(button);
22    }
23
24    public static void main(String[] args) { /* 省略 */ }
25 }
```

この例では `button` という局所変数が匿名クラスから参照されている。(これに対して `c` や `colors` はフィールドである。) そのため、`button = null;` のようにあとで `button` に別の値を代入しようとするとうエラーになる。なお、代入によって変更されないことを明示的にするため、変数の宣言に `final` という修飾子を付けることがある。例えば、上の例の場合、次のように宣言する。

```
1 final JButton button = new JButton("Push");
```

Java 7 以前では、内部クラスから参照されるメソッドの局所変数は、`final` と宣言されている必要があったが、Java 8 から“実質的に” `final` であれば（つまり、`final` をつけてもエラーにならないならば）良いことになった。

なお、内部クラスから参照されるという理由以外にも `final` と宣言することがある。代入によって値が変わることがないことが保証されるので、意味が追いやすくなるし、効率上有利になることもある。

上の例では `colors` はクラスフィールドなので、`final` と宣言しなくても、内部クラスから参照することはできる。しかし、代入しないことがわかっているので `final` と宣言している。

Q 4.14.2 `Factorial.java` (例題 4.5.3) を匿名クラスを用いて書き換える。空欄を埋めて、プログラムを完成させよ。

```

1 import javax.swing.*;
2 import java.awt.*;
3 import java.awt.event.*;
4
5 public class Factorial _____ {
6     public Factorial() {
7         setPreferredSize(new Dimension(300, 50));
8         JTextField input = new JTextField("0", 8);
9         JLabel output = new JLabel(" 1");
10        input.addActionListener(_____){
11            public void actionPerformed(ActionEvent e) {
12                // actionPerformed の中身は同じなので省略
13            }
14        });
15        setLayout(new FlowLayout());
16        add(input); add(new JLabel("の階乗は"));
17        add(output); add(new JLabel("です。"));
18    }
19
20    // factorial, main の定義は同じなので省略
21 }

```

問 4.14.3 MouseTest.java, KeyTest.java を匿名クラスを用いて書き換えよ。

4.15 匿名クラスの使用例

匿名クラスは、もちろんイベントリスナー以外にも使うことができる。以下の例は、Graph2.java とほぼ同じ機能のプログラムだが、JPanel コンポーネント (innerPanel) を使って、テキストフィールドとパネルをレイアウトしている。この JPanel を匿名クラスとして paintComponent メソッドを定義している。

ファイル Graph2InnerPanel.java

```

1 import java.awt.*;
2 import javax.swing.*;
3 import java.awt.event.*;
4
5 public class Graph2InnerPanel extends JPanel {
6     private int[] is = {};
7     private final Color[] cs = {Color.RED, Color.BLUE};
8     private final int scale = 15;
9
10    public Graph2InnerPanel() {
11        setPreferredSize(new Dimension(200, 230));
12        JTextField input = new JTextField("", 16);
13        input.addActionListener(new ActionListener() {
14            public void actionPerformed(ActionEvent e) {
15                String[] args = input.getText().split(" ");
16                int n = args.length;
17                is = new int[n];
18
19                int i;
20                for (i = 0; i < n; i++) {
21                    is[i] = Integer.parseInt(args[i]);
22                }
23                repaint();
24            }
25        });
26        setLayout(new FlowLayout());

```

```

27     add(input);
28     JPanel innerPanel = new JPanel() {
29         @Override
30         public void paintComponent(Graphics g) {
31             super.paintComponent(g);
32             int i;
33             int n = is.length;
34             for (i = 0; i < n; i++) {
35                 g.setColor(cs[i % 2]);
36                 g.fillRect(0, i * scale,
37                     is[i] * scale, scale);
38             }
39         }
40     };
41     innerPanel.setPreferredSize(
42         new Dimension(200, 200));
43     add(innerPanel);
44 }
45
46 public static void main(String[] args) { /* 省略 */
47 }

```

4.16 ラムダ式

Java 8 からは、ActionListener のようにメソッドを一つしか持たないインタフェースを実装する匿名クラスのオブジェクトに対して、ラムダ式 (lambda expression, λ expression) というメソッド名も省略する書き方ができるようになった。(MouseListener や KeyListener はメソッドを 2 つ以上持つので、ラムダ式では書けない。)

例題 4.16.1 例えば、LeftRightButton.java をラムダ式を用いて書き換えると次のようになる。

ファイル `LeftRightButton4.java`

```

1  import javax.swing.*;
2  import java.awt.*;
3
4  public class LeftRightButton4 extends JPanel {
5      private int x = 20;
6
7      public LeftRightButton4() {
8          setPreferredSize(new Dimension(200, 70));
9          JButton lBtn = new JButton("Left");
10         JButton rBtn = new JButton("Right");
11         lBtn.addActionListener(e -> {
12             x -= 10;
13             repaint();
14         });
15         rBtn.addActionListener(e -> {
16             x += 10;
17             repaint();
18         });
19         setLayout(new FlowLayout());
20         add(lBtn); add(rBtn);
21     }
22
23     @Override
24     public void paintComponent(Graphics g) {

```

```

25     super.paintComponent(g);
26     g.drawString("HELLO WORLD!", x, 55);
27 }
28
29     public static void main(String[] args) { /* 省略 */
30 }

```

ラムダ式は匿名クラスの（一つしかない）メソッド定義部分だけを抜き出し、さらにメソッド名も省略したものである。引数のリストと関数本体を \rightarrow でつなぐかたちになる。

- (型₁ 変数₁, 型₂ 変数₂, ..., 型_n 変数_n) \rightarrow { 文のならば }

通常は、引数の型は省略できる。

- (変数₁, 変数₂, ..., 変数_n) \rightarrow { 文のならば }

さらに、引数がある場合は、丸括弧も省略できる。

- 変数 \rightarrow { 文のならば }

またブレースの中の文のならばが、式文が一つだけ、または `return` 文一つだけのときは、ブレース（{と}）と `return`、セミコロン（;）も省略することができる。この場合、それぞれ次のような形になる。

- (型₁ 変数₁, 型₂ 変数₂, ..., 型_n 変数_n) \rightarrow 式
- (変数₁, 変数₂, ..., 変数_n) \rightarrow 式
- 変数 \rightarrow 式

Q 4.16.2 例 4.14 の `FinalExample.java` をラムダ式を用いて書き換えよ。

```

1 button.addActionListener(
2
3
4 );

```

問 4.16.3 § 4.11 の問 4.11.2 の摂氏と華氏の変換 GUI アプリケーションをラムダ式を使って書け。

4.17 章末問題

問 4.17.1 `JTextArea`, `JCheckBox`, `JComboBox`, `JList`, `JTable`, `JTree` など、他の GUI 部品の使用法を調べよ。またこれらのクラスの部品を使ってプログラムを作れ。

問 4.17.2 これまで紹介したプログラムは、`FlowLayout` を用いていて、GUI 部品がどのように配置されるかについては無関心だった。部品を自分の好みの位置に配置する方法（`~Layout` という名前のクラス）を調べよ。

キーワード

イベント、イベントハンドラー、keyTypedメソッド、mouseClickedメソッド、actionPerformedメソッド、インタフェース (interface)、MouseListenerインタフェース、KeyListenerインタフェース、ActionListenerインタフェース、this、MouseEventクラス、KeyEventクラス、ActionEventクラス、getContentPaneメソッド、addメソッド、JButtonクラス、JLabelクラス、JTextFieldクラス、Integer.parseIntメソッド、splitメソッド、総称クラス、ArrayListクラス、HashMapクラス、LinkedListクラス、ArrayDequeクラス、内部クラス、匿名クラス、ラムダ式、

