主題科目:情報の仕組み
Java プログラミング

佐賀大学総合情報基盤センター
只木進一

平成 18 年 12 月 23 日

第1章　この講義の目的

ジュネーブにある素粒子実験の国際研究所 CERN で、実験データを世界中の研究者と共有することを目的として、1990 年に WWW(World Wide Web) の最初のサーバプログラムが開発されました。1993 年には、現在使用されている WWW ブラウザの原型である Mosaic が NCSA で開発され、WWW はマルチメディアに対応できるデータ公表手段としてたちまち世界中に普及しました。1992 年には、日本で最初の WWW サーバが高エネルギー物理学研究所 (現在の高エネルギー加速器研究機構) で稼働しました。

HTML 文書の相互リンク (link) で構成される WWW は、今では、企業や大学の広報から個人の私的日記にまで利用される情報公開、情報収集の基本的な技術になっています。HTML 文書の中には、アクセスする際に送られたデータに応じてその都度 (動的、dynamical と呼ぶ)、内容を変化させているものがあります。動的にページを生成する技術にはさまざまなものがありますが、そのような技術の一つが、Java を使ったプログラムです。本講義では、Java を使ったプログラムの初歩を学びます。

Java が動的ページの生成に使われている理由にはいくつか重要なものがあります。その第一が、Java が特定のコンピュータ環境に依存したものでないことです。動的ページを表示している WWW ブラウザが Windows でも Linux でも、Java を動作させる環境である JRE (Java Runtime Environment) があれば動作します。

理由の第二は、容易に GUI (Graphical User Interface) や動画が作成できることです。多くのプログラミング言語では、グラフィック用のライブラリが言語とは別に用意されています。また、グラフィック環境は、その動作するコンピュータ環境に大きく影響を受けます。しかし、Java では、グラフィックライブラリが、言語とともに配布されるだけではなく、上述の JRE さへあれば、動作させることができます。

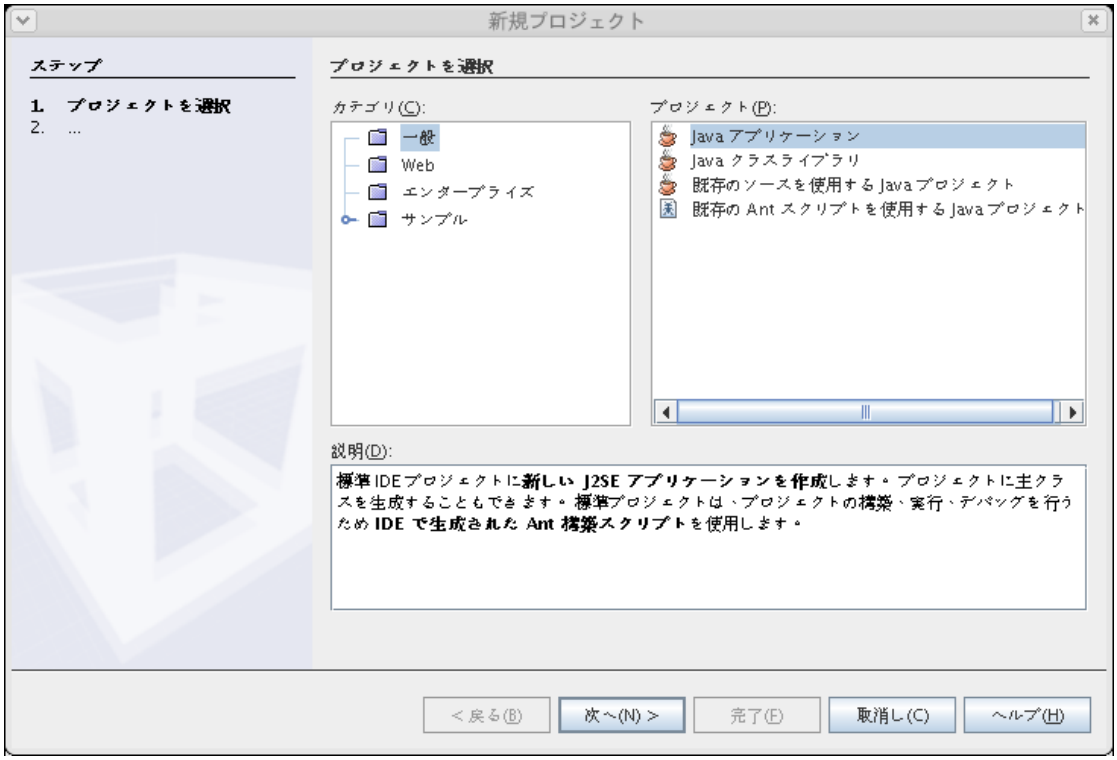
理由の第三は、Java およびその開発環境が無償で配布されていることです。コンピュータを持ち、Java プログラムを書きたい人ならば、だれでも (成果を販売する場合には別です) Java の開発環境を入手し、プログラムを開発することができます。

Java はオブジェクト指向 (Object Oriented) プログラミング言語の一つと呼ばれています。オブジェクト指向は、プログラミングの考え方として新しいものの一つです。その基本となる考え方は、現実の世界で起こる現象を、対象をデータの集まりとして捕らえ、それらの動作としてプログラムを書こうというものです。。Java は他のオブジェクト指向プログラミング言語、例えば C++ と共通の側面を多く有しています。Java を学ぶことで、他のプログラミング言語の習得が容易になるでしょう。

本講義では、Java の開発環境の一つである NetBeans を使います。

第2章　簡単なプログラム

図 2.0.1: プロジェクトを作成する



2.1　はじめて NetBeans を使う場合

最初に、この講義で使うフォルダを作成しましょう。例えば~/javasrc というフォルダを使うこととにして、作成します。ここでは、gnome 環境での例を示します。デスクトップにあるホームのアイコンをダブルクリックで開きます。次に、「ファイル」メニューから「フォルダの作成」を選択します。

新しくできたフォルダのアイコン上で、マウス右ボタンをクリックするとメニューが現れます。そこで「名前の変更」を選び、javasrc と名前をつけます。移行、このフォルダの下に、各プログ

ラムを作っていくことにします。各プログラムごとに新しいフォルダを作っていきます。

次に、NetBeans を起動します。デスクトップのメニューから、「アプリケーション」、「プログラミング」、「NetBeans 4.1」と、順に選択して、起動します。

2.2 Hello World

NetBeans では、一つのプログラムは一つの「プロジェクト」として管理します。各プロジェクトは、別のフォルダに置きます。

では、最初のプロジェクト「Hello World」を作成しましょう。このフォルダを、先程作った `~/javasrc` の下に作ることを覚えておいてください。

新しいプロジェクトを作成するために、メニューの「ファイル」から「新規プロジェクト」を選びます。次に、プロジェクトの種類を設定します (図 2.0.1)。ここでは、「一般」「Java アプリケーション」とし、「次へ」を押します。

次に、プロジェクトの名前 (`HelloWorld`) と保存するフォルダ (ホームディレクトリ/`javasrc`) を指定します。「主プロジェクトとして設定」と「主クラスを作成」のチェックボックスを外してください (図 2.2.1)。「完了」ボタンを押すと、設定が終り、プログラミングが開始できます。

図 2.2.1: プロジェクト名と場所の設定

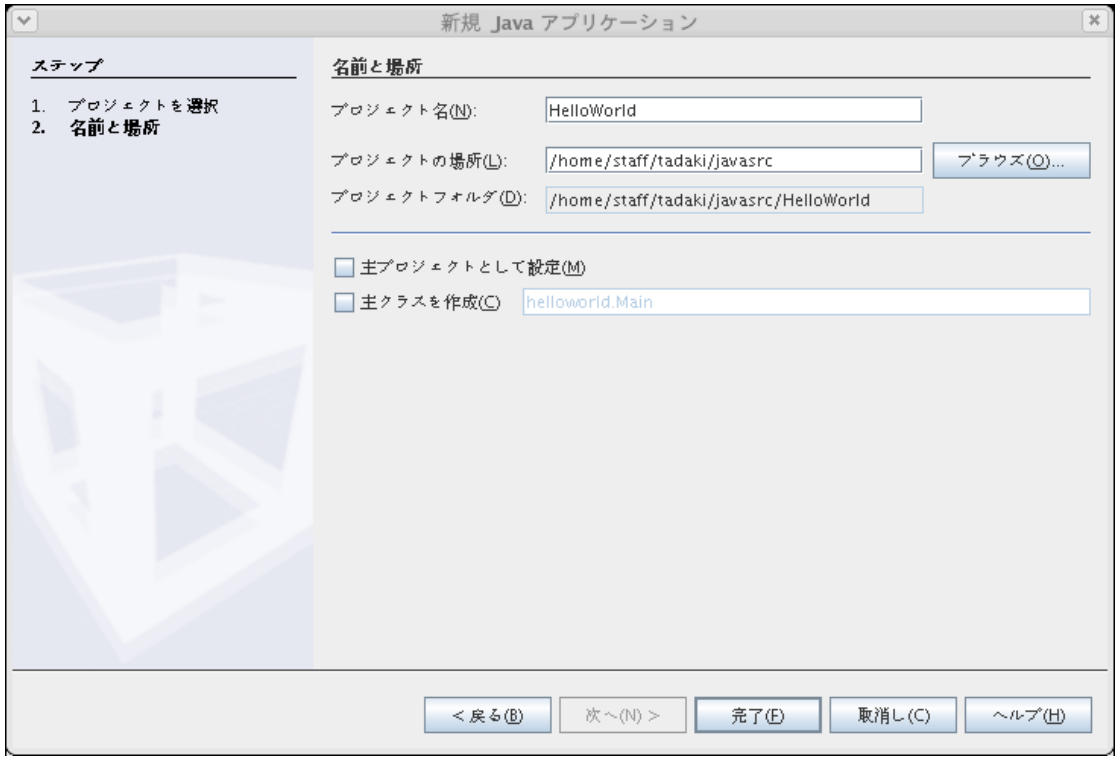
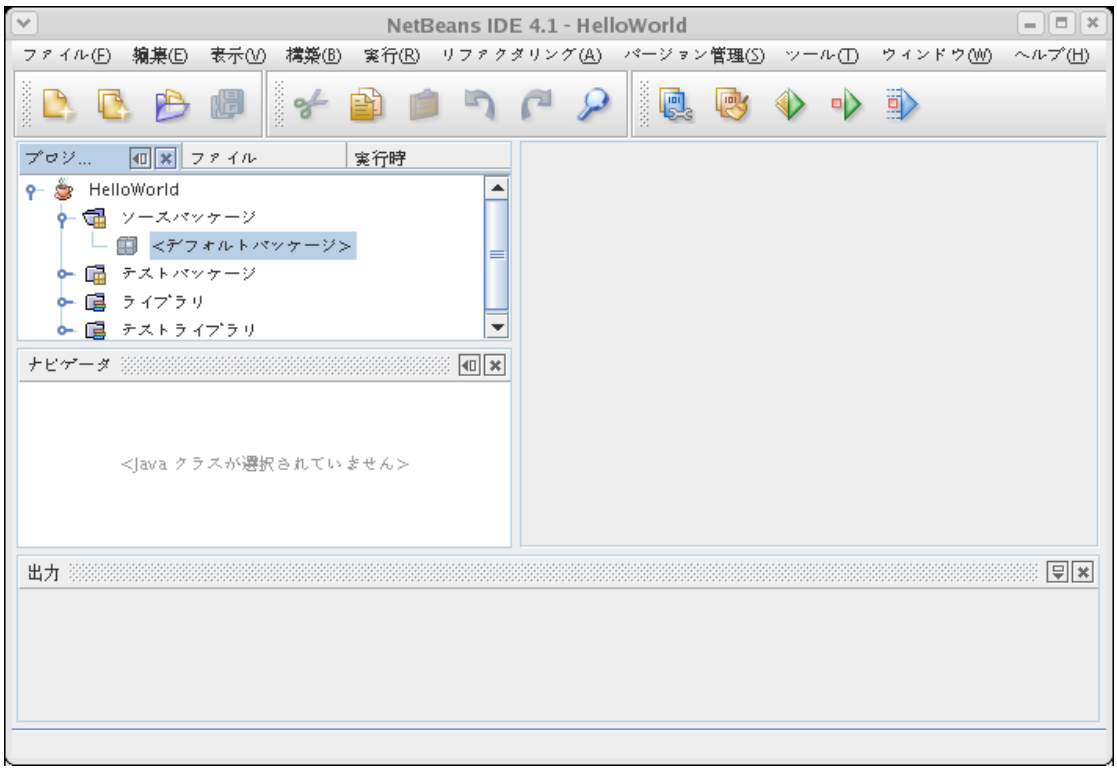


図 2.2.2: プロジェクト開始直後の NetBeans



プロジェクト開始直後の様子が図 2.2.2 です。次の Java のソースファイルを作成します。左のプロジェクト名の左のマークをクリックすることで、その項目を展開したり畳んだりすることができます。プロジェクトの下にある「ソースパッケージ」の更に下の「デフォルトパッケージ」の下にソースファイルを作っていきます。

「デフォルトパッケージ」にマウスをあわせて、右ボタンを押します。そこで、「新規」を選び、更に「Java クラスを選びます。一旦開いた設定画面で、「戻る」を押し、「Java GUI フォーム」中の「JApplet フォーム」選択し、「次へ」を押します。クラス名は、ここでは `HelloWorld` とします。「完了」を押すとファイルが生成され、編集画面が現れます。次回からは、「新規」のメニュー中に「JApplet フォーム」が現れます。

「フォームエディタ」の方は、ボタンなどを配置するのに使いますが、しばらくは使いません。「ソースエディタ」を使います。Program 2.2.1 のようにプログラムを作成しましょう。

なお、`/*`と`*/`で囲まれた部分、および`//`で始まる行は、コメント、つまりプログラムの説明です。改めてタイプしたり、既にあるものを消す必要はありません。Program 2.2.1 および以降のプログラムでは、必要なコメントだけを残しています。

編集が終わったら、ソースコードをコンパイル (compile) しましょう。コンパイルすることで、人間が読める文字列からコンピュータが実行できる言葉へ翻訳及び必要なライブラリ (library) との結合が行われます。プロジェクト名 `HelloWorld` の上でマウス右ボタンを押し、「プロジェクト

Program 2.2.1 HelloWorld.java

```
import java.awt.*;

public class HelloWorld extends javax.swing.JApplet {
    //表示に使うフォントを定義
    Font font = new Font("TimesRoman",Font.PLAIN,40);
    /** Initializes the applet HelloWorld */
    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
    }

    public void paint(Graphics g){
        g.setFont(font); //フォントを設定
        g.setColor(Color.red);  //色を設定
        g.drawString("Hello World",0,50);  //文字列を表示
    }

    private void initComponents() {

    }
}
```

の構築」を行うことでコンパイルが実行されます。

アプレットは、ブラウザが HTML ファイルを読むと、ブラウザ内で実行されます。次に、このアプレット HelloWorld.class を呼び出す HTML ファイルを編集しましょう。再び、左側のプロジェクト名 HelloWorld 内の「デフォルトパッケージ」で「新規」を選択し、「その他」を選びます。始めた「JApplet フォーム」を作成した手順と同じようにして、HTML ファイルを作成します。

HTML ファイルのソースが表示されます。<BODY>ダグのすぐしたに、アプレットを読み出す部分を作成しましょう。ファイル名はなんでも良いですが、例えば index.html としましょう。

この講義では、WWW で実行できるアプレットを作成しています。従って、実行は HTML ファイルを見ることに対応しています。フォルダ

```
~/javasrc/HelloWorld/build/classes
```

の下に、HelloWorld.class と index.html があることを確認してください。この index.html を開くことで、プログラムを実行することができます。

Program 2.2.2 HelloWorld.htm

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN">

<html>
  <head>
    <title>Hello World</title>
  </head>
  <body>
  <object codetype="application/java"
        classid="java:HelloWorld.class" width="200" height="100">
  </object>
  </body>
</html>
```

2.3 コードの概要

実世界のモノには、属性や状態といったデータと、操作や動作の部分があります。属性や状態をもったデータの塊を操作するという考え方でプログラムを作成する方法をオブジェクト指向プログラミング (Object Oriented Programming) と呼びます。また、そうした属性や状態をもったデータの具体的な塊をオブジェクト (object) と呼び、オブジェクトの類形をクラス (class) と呼びます。

オブジェクト指向プログラミング言語では、属性や状態などのデータとその操作する方法を組にして、クラスを定義します。クラスは、変数型のように使うことができます。そのクラスが具体化されたものがオブジェクトです。

では、少しだけ、java のプログラムを見てみましょう。最初のほうにある

```
import java.awt.*;
```

は、プログラムの一部というよりも、使う名前の省略を定義しています。`java.awt` というクラスの集合の下にある様々なクラスの名前を、始めの部分 `java.awt` を省略して各ことを表しています。例えば、`java.awt.Graphics` というクラス名を、`Graphics` と省略できるようにします。

このプログラムは、`HelloWorld` というクラスだけで構成されています。

```
public class HelloWorld extends javax.swing.JApplet
```

キーワード `public` は、他のプログラムから利用することを許すことを表しています。また、最後の部分にある `extends javax.swing.JApplet` は、既に定義されているクラス `javax.swing.JApplet` の拡張として定義することを意味しています。オブジェクト指向プログラミング言語では、このように既に作成されているクラスを元にして、新しいクラスを定義することができます。新しいクラス中で、明示的に書き換えていないデータや操作は、元になったクラスのものが使われます。

クラスの操作をメソッド (method) と呼びます。このプログラムでは、`paint` というメソッドが定義されています。

```
public void paint(Graphics g)
```

キーワード `public` は他から呼び出すことができるメソッドであることを示しています。メソッドは、数学の関数と同じように、変数を与えて何か処理を行い、結果を返します。メソッド (関数) 名

の前に置かれるキーワードは、結果の型を表しますが、void は結果を返さない関数であることを示しています。なお、メソッド paint は、アプレットが呼び出される際に、描画を行う特別なメソッドであり、アプレットを使う際には必須です。

メソッド paint の引数も、クラス Graphics に属するオブジェクト g です。クラス Graphics のメソッド setFont と setColor を使って、フォントと色が指定され、drawString で文字列が表示されています。数値 0 と 50 は、文字列を描く座標です。座標系が、左上を原点とし、右に X 方向正、下に Y 方向正をとる座標系であることに注意が必要です。

このクラスと同じ名前をもつメソッド HelloWorld は、特別なメソッドでコンストラクタ (constructor) と呼ばれます。これが、クラスの初期化を行う、つまり最も最初に実行されるメソッドです。アプレットの場合には、その直後にメソッド init が実行されます。

メソッド initComponent は、フォームエディタを使って GUI の設計をした際に使われます。しばらくは使いませんが、消してはいけません。

演習 2.1　メソッド drawString にある数値や setColor で指定される色を変更してみなさい。

演習 2.2　HTML ファイル中のパラメタ width と height を変更し、その役割を見なさい。

第3章　簡単な計算

3.1　基本的プログラミング

ここでは、Java プログラミングのもっとも基本的な部分について説明していきます。まずは、簡単な計算の実行とその結果の表示です。

表 3.1: Java で使える原始型

`int`	整数型	32bit 符号付き整数 -2^{31} から $2^{31}-1$ までの整数
`long`	整数型	64bit 符号付き整数
`short`	整数型	16bit 符号付き整数
`byte`	整数型	8bit 符号付き整数
`char`	文字型	16bitUnicode 文字 16bit 符号無し整数と同じ
`boolean`	論理	`true` または `false`
`float`	浮動小数型	32bit 符号付き浮動小数
`double`	浮動小数型	64bit 符号付き浮動小数

Program3.1.1 は、`paint` メソッドの中で、簡単な計算を行い、その結果を表示するプログラムです。数値を保存するための三つの変数 `a`、`b` 及び `c` が定義されています。キーワード `int` は変数の型を表します。

プログラム中で値を保持する変数は、コンピュータのメモリ上に割り当てられます。コンピュータの中では、全てのデータは全て 0 と 1 からなる二進数で表現されています。そこで、変数の型を定義することによって、その変数として保存されている 0 と 1 からなる列と値を対応つける方法を定義する必要があります。それが、変数に型を定義することにあたります。

Java で使える基本の型 (原始型) は表 3.1 の 8 種類です。Java では、プログラム中に現れる全ての変数に対して、型を定義しなくてはなりません。

プログラム中の記号 '=' は、等号ではなく、代入を表します。右辺の計算を最初に行い、その結果を左辺に代入します。代入の両辺の型が同じようにするのが原則です。

数値同士の演算は、通常の四則演算 (`+`、`-`、`*`、`/`) が定義されています。整数同士の除算においては、結果が整数に切り捨てられることに注意が必要です。また、整数同士は除算の余りを計算する演算 (`%`) が定義されています。

Program 3.1.1 SimpleArithmetic.java

```
import java.awt.*;

public class SimpleArithmetic extends javax.swing.JApplet {
    private Font f = new Font("TimesRoman",Font.PLAIN,40);

    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
    }

     public void paint(Graphics g) {
g.setFont(f);
int a=8;
int b=5;
int c;
c=a+b;
String s1=String.valueOf(a)+"+"+String.valueOf(b)+"="+String.valueOf(c);
g.drawString(s1,0,50);
c=a-b;
String s2=String.valueOf(a)+"-"+String.valueOf(b)+"="+String.valueOf(c);
g.drawString(s2,0,100);
    }

    private void initComponents() {

    }
}
```

3.2　文字と文字列

一文字を保持する変数の型を文字型 (char) と呼びます。Java では、一つの文字を表す文字型変数と、文字の列からなら文字列は、厳密に区別されます。文字定数はシングルクォーテーション’で区切ります。

```
char c='a';
```

文字定数には、通常のアルファベットや数値のほか、いくつかの特殊文字が定義されています。Java では、文字 UTF-8 と呼ばれるコード体系でデータを保持しています。そのため、複数の言語が混じった文字列を作ることも可能です。

一方、文字列型 (String) は原始型ではなく、クラスであす、文字列はダブルクォーテーション"で区切ることで定義します。。文字列を連結するには、演算+を使うことができます。Java の文字

表 3.2: 特殊文字

\n	改行
\t	タブ
\b	バックスペース
\r	キャリッジリターン
\f	フォームフィード
\\	バックシュラッシュ
\’	シングルクォート
\"	ダブルクォート
\ddd	8 進定数

列型は、一旦生成されると変更できないという特徴があります。しばしば変更する必要のある場合には、別の文字列型 StringBuffer を使います。

文字列の連結は ‘+’ で行います。Program3.1.1 では、計算の結果を一つの文字列として先に生成し、文字列を描くメソッド drawString で表示しています。数値を文字列に変換するには

```
String.valueOf(数値)
```

で行います。これは、クラス String が持っているメソッド valueOf を使うことを意味しています。

3.3 簡略演算子

Java では、C/C++と同様に、演算を簡潔に記述するために簡略演算子が用意されています。慣れると非常に便利な記法です。

表 3.3: 簡略演算子

表記	意味
x++	x=x+1
x--	x=x-1
x+=y	x=x+y
x-=y	x=x-y
x*=y	x=x*y
x/=y	x=x/y
x%=y	x=x%y

第4章　配列と繰り返し

4.1　配列

多くのプログラミング言語には、表のように同じ型のデータを大量に保持する配列 (array) というデータ構造があります。また表の各列に同じ計算を繰り返すことに対応するような、繰り返し (loop) を行うプログラム制御構造を持っています。このように、大量のデータに同じ操作を繰り返して実行することが、コンピュータ利用の最も重要な使い方です。最初のコンピュータ (の原型) は、国勢調査の統計処理に使われました。

ここでは、データの平均と分散を計算する簡単なプログラムを例に、配列と繰り返しの使い方を学びます。

N 個のデータ $\{x_i\}$ を考えます。その平均 $\langle x \rangle$ と分散 (二乗誤差) $\langle \Delta x^2 \rangle$ は、以下のように求められます。

$$\langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i \tag{4.1.1}$$

$$\langle \Delta x^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \langle x \rangle)^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i^2 - \langle x \rangle^2 \tag{4.1.2}$$

式 (4.1.1) を見ると、右辺の計算が終ったあと、その結果を左辺に代入するように見えます。これでは、途中まで和を計算した値をどのように覚えておくのかが分かりません。

そこで和の計算を次のように見直してみます。始めの n 個の和を

$$S_{n-1} = \sum_{i=0}^{n-1} x_i \tag{4.1.3}$$

と表すことにします。これを使うと

$$S_n \quad = \quad S_{n-1} + x_n \tag{4.1.4}$$

i	x_i	S
0	20	20
1	4	24
2	5	29
3	21	40
4	15	55

表 4.1: 中央の列のデータの和を右端に表示する例。i 行までの和が右端に表示される。

$$S_0 \quad = \quad x_0 \tag{4.1.5}$$

と表すことができます。

Program 4.1.1 ArrayAndLoop.java

```
import java.awt.*;

public class ArrayAndLoop extends javax.swing.JApplet {
    private Font f=new Font("TimesRoman",Font.PLAIN,40);
    private final int data_num=10;
    private final int max=100;
    private int data[];
    private double a;
    private double d;

    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        createData();
    }

    private void createData(){//計算を実行する
        //データ作成
        data=new int[data_num];
        for(int i=0;i<data_num;i++){
            data[i] = (int)(100*Math.random());
        }
        //平均と分散の計算
        a=0.;  d=0.;
        for(int i=0;i<data.length;i++){
            a += data[i];
            d += data[i]*data[i];
        }
        a /= (double)data_num;
        d = d/data_num - a*a;
    }

    public void paint(Graphics g){
        g.setFont(f);
        g.drawString("Average : "+String.valueOf(a),0,50);
        g.drawString("RMS     : "+String.valueOf(d).substring(0,7),0,100);
    }

    private void initComponents() {}
}
```

つまり、直前までの和 S_{n-1} に新しい項 x_n を加えるという同じ操作を繰り返すことで和を計算することができることが分かります。表 4.1 に例を示します。数学的表記では、左辺に、S_n のように、インデクス n が現れますが、コンピュータで計算する際には、全て同じ変数でも大丈夫です。

プログラミングで扱う処理の中には、上記のように同じ操作を繰り返し行うものが多数でてきます。数列 x_i のように、インデクス (i) で値を指定できるデータの集まりを配列 (array) と呼びます。プログラミング言語の変数には型があります。配列は同じ型のデータの集まりであり、整数値をとるインデクスの値で何番目の要素かを指定します。

Java では、配列の宣言を

型 変数名 `[];`

または

型 `[]` 変数名;

で行います。例えば、整数型の配列 `data` を宣言するには

```
int[] data;
```

とします。他のプログラミング言語と異なり、Java では、配列もオブジェクトとなります。

以下のように大きさ `n` を指定して、オブジェクトを生成することもできます。

```
int[] data = new int[n];
```

キーワード `new` は、新しいオブジェクトを生成することを表しています。この場合、配列の各要素には初期値として 0 が入ります。

もう一つの配列オブジェクトの生成方法は、データの内容を指定する方法です。

```
int[] data = {3,5,4,78,6,34,2,3};
```

右辺のデータの数に応じた大きさの配列が自動的に生成されます。配列の大きさは

```
data.length
```

で得ることができます。

```
int[] data = {3,5,4,78,6,34,2,3};
int size = data.length;
```

配列要素の読み書きには、何番目の要素かを指定します。`i` 番目の要素は `data[i]` と指定します。インデクス `i` が 0 から始まる点に注意が必要です。

4.2 繰り返し

次に、配列を使って同じ操作を繰り返すことを考えましょう。繰り返し操作に対応するプログラムは

```
for(初期化; 条件; 再設定){
  繰り返す内容
}
```

のように書きます。繰り返し (loop) に入る際に「初期化」を行った後、「条件」が満たされている限りブロック ({と}で囲まれた部分) が繰り返されます。一回繰り返されるごとにインデクスの「再設定」が行われます。例にある

```
for(int i=0;i<data_num;i++){
  data[i] = (int)(100*Math.random());
}
```

の場合、変数 i が 0 に初期化された後、i<data_num である限り、i を 1 増やしながら、配列 data に乱数を設定して行きます。変数 i は、このループの中だけで有効な変数です。

ここで、Math.random() は数学関数を持っているクラス Math に含まれる乱数生成関数 random() です。この関数は 0 から 1 までの一様乱数を生成します。右辺最初の (int) はキャストと呼ばれ、強制的に整数型に変換することを意味します。浮動小数点型から整数型へのキャストでは切捨てが行われます。つまり、data には 0 から 99 までの整数が保存されます。

4.3　その他の繰り返し

前節で扱った for を使った繰り返しでは、繰り返し回数 i を使うのが基本的な使い方です。繰り返しの中には、あらかじめ繰り返し回数を指定することをせず、何かの条件を満たすまで繰り返すという、もっと一般的なものがあります。

繰り返しの一般的な方法の第一は while ループを記述するものです。

```
while(条件){
  繰り返し内容
}
```

のように使います。条件が満たされる限り、ブロック内部が実行されます。条件が満たされなくなった途端に、このブロックが飛ばされて、次のプログラムへ移行します。

第二の方法は、do と while を使った記法です。

```
do{
  繰り返し内容
}while(条件)
```

while を使った記法と似ていますが、ブロックは最低一回は実行され、その後に再度実行すべきかが判断されます。

いずれの記法でも、終了条件が何時までも満足されないずに無限ループとなるようなことが無いようように注意が必要です。

演習 4.1　Program4.1.1 の for ループを while を使って書き換えなさい。

第5章　条件分岐

5.1　条件分岐とは

これまでのプログラムの例では、実行は上から下へ向かってプログラムの各行が実行されていきました。実際の作業を考えると、条件に応じて実行される部分を変える必要がある場合があります。条件に応じてプログラムの実行を分けることを条件分岐と言います。

ここでは、でたらめに並んだデータを大きい (小さい) 順に並べ直す (sort する) 問題を例に条件分岐の方法を学びます。

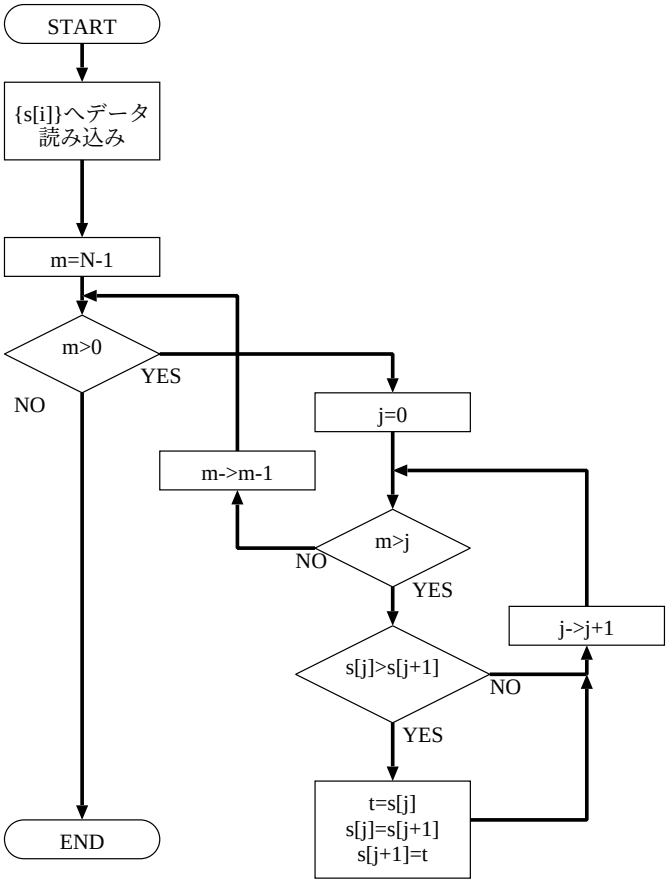


図 5.1.1: 泡立ち法

5.2　泡立ち法による並べ変え

データの並び変えには様々な方法が知られています。ここではもっとも簡単な泡立ち法 (bubble sort) を扱います。

操作手順を図示すると、整理や理解が容易になります。プログラムの際に手順を図示する方法の一つがフローチャート (流れ図)(flow chart) を描く方法です。泡立ち法のフローチャートを図 5.1.1 に示します。

まず、データが配列 s[N] に保存されているとしましょう。データの総数は N 個です。まず、配列の先頭から、ある場所 i と $i+1$ とに保存されている値を比較し、s[i] が s[$i+1$] より大きい場合に、順番を入れ換えることにします。この操作を配列の終りまで一旦行うと、配列の中でもっとも大きい要素が、配列の一番後ろに移動します。

同じ操作をもう一度繰り返すと、今度は配列の中で二番目に大きい要素が配列の後ろから二番目の位置に移動します。以下、同じ操作を N 回繰り返せば、配列の要素を小さい順に並べかえることができます。

さて、ここで、一つ注意が必要です。一回目の操作で一番大きい要素が一番後ろに既に移動しています。従って、二回目の操作で、s[$N-2$] と s[$N-1$] を比較する操作は不要です。従って、最初は、$N-1$ 回の比較しなければなりませんが、次は $N-2$ 回、その次は $N-3$ 回と、次第に比較する回数を減らし、効率良く並べ替えることが可能です。

このような操作によって、配列の内容は変化する様子を図 5.2.1 に示します。

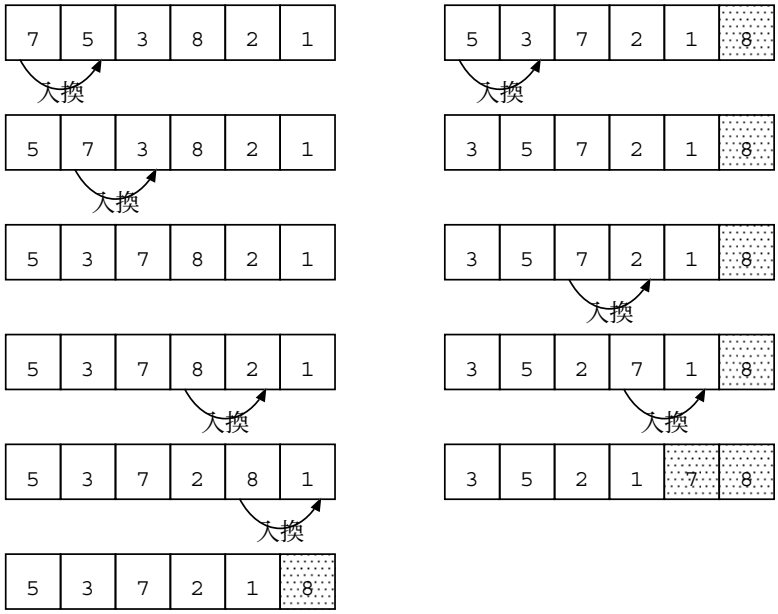


図 5.2.1: 泡立ち法によって配列の内容が変化する様子

演習 5.1　要素の比較がデータ数 N に対して、何回行われるか答えなさい。

5.3 泡立ち法の Java プログラム

Program 5.3.1 Condition.java

```
import java.awt.*;
import java.lang.Math;

public class Condition extends javax.swing.JApplet {
    Font f = new Font("TimesRoman",Font.BOLD,20);
    final int data_num=10;
    int[] data=new int[data_num];

    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
    }

    public void paint(Graphics g){
        g.setFont(f);
        initarray(data);
        String input=mkstr(data);
        int status=bubble(data);
        String output=mkstr(data);
        g.drawString("Input : "+input,0,20);
        g.drawString("Output: "+output,0,40);
        g.drawString("# of swap: "+String.valueOf(status),0, 60);
    }

    private void initarray(int d[]){//でたらめな値を配列に保存
        for(int i=0;i<d.length;i++){
            d[i] = (int)(100*Math.random());
        }
    }
```

プログラム 5.3.1 に、泡立ち法のプログラムを示します。幾つか新しい新しい事柄が出て来ていますので、順に説明していきましょう。

まず最初に泡立ち法を行っているメソッドを見ましょう。

```
public int bubble(int d[]){//泡立ち法
```

という部分に注目してください。この中に

```
if(d[i] > d[i+1]){
  m++;
```

Program 5.3.2 Condition.java(続き)

```
    public int bubble(int d[]){//泡立ち法
        int m=0;
        for(int j=d.length-1; j>=1; j--){
            for(int i=0;i<j; i++){
                if(d[i] > d[i+1]){
                    m++;
                    int c=d[i];
                    d[i]=d[i+1];
                    d[i+1]=c;
                }
            }
        }
        return m;
    }

    private String mkstr(int d[]){
        StringBuffer str=new StringBuffer();
        str.append(String.valueOf(d[0]));
        for(int i=1;i<d.length;i++){
            str.append(",");
            str.append(String.valueOf(d[i]));
        }
        return str.toString();
    }

    private void initComponents() { }
}
```

```
           int c=d[i];
           d[i]=d[i+1];
           d[i+1]=c;
         }
```

という部分があります。ここが、配列の中で順序が小さい順でない場合に、順序を入れ換える部分です。つまり、条件 (`d[i] > d[i+1]`) が成り立っている場合に、順序を入れ換えています。

条件分岐の一般形は

```
if(条件){
  操作 1
}
```

です。条件が満たされると操作 1 が実行され、条件が満たされない場合には、操作 1 は実行されず、次に移動します。また、

```
if(条件){
  操作 1
} else {
```

```
  操作 2
}
```

のような形式を使うことも出来ます。この場合、条件を満たす場合には操作 1 を満たさない場合には操作 2 を実行します。

条件を記述する際には、表 5.1 にある関係演算子を使います。また、論理演算子&&(論理積)、||(論理和) 及び!(否定) も組み合わせて使うことができます。

表 5.1: 関係演算子

演算子	対応する数学記号	演算子	対応する数学記号
>	$>$	<	$>$
>=	$\geq$	<=	$\leq$
==	$=$	!=	$\neq$

もう一度泡立ち法の中心部分を見てください。条件

```
d[i] > d[i+1]
```

が成り立つ場合に、二つの配列要素を入れ換えます。人間が両手を使って、二つのものの場所を置き換えるように、コンピュータは二つの要素の中身を直接に入れ換えるということはできません。そこで、d[i] の値を別の変数 c に一旦入れておき、d[i] に d[i+1] の値を入れた後、c に置いていた値を d[i+1] へ保存しています。図 5.3.1 に二つのデータ入れ換えの概念図を示します。

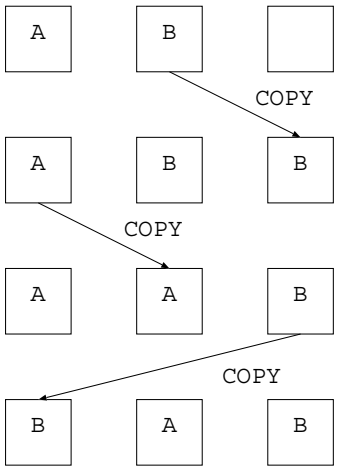


図 5.3.1: 二つのデータの入れ換えの概念図

演習 5.2　プログラム 5.3.1 において、配列要素の比較が何回行われたかを表示できるようにプログラムを変更しなさい。また演習 5.1 で予想した結果を比較しなさい。

5.4　多数の条件への分岐

if を使った条件分岐は、ある条件を満たすか否かの二つに場合分けをすることができました。更に場合分けをしたい場合には、if ブロックの中で更に if で分岐します。

しかし、多数の条件への分岐を if で行うとプログラムが非常に読みにくくなる場合があります。そういう際に利用できるのが switch 文です。

各条件に相当する場合に整数の番号 k が付けられているとしましょう。switch 文は、それらの各番号に対応した処理を行うことができます。

```
switch(k){
  case 0:
    実行文 0;
    ......
    break;
  case 1:
    実行文 1;
    ......
    break;

  ....

  default:
    実行文;
}
```

$k = 0$ の場合には実行文 0 が、$k = 1$ の場合には、実行文 1 が実行されます。このように、各場合ごとの動作を case で区別しながら記述します。どの場合とも合致しない場合には、default に記述された部分が実行されます。

break は、プログラムブロックからの脱出を表す命令です。例えば $k = 0$ の場合の処理が終ったら、switch ブロックから脱出します。もしも $k = 0$ の場合の最後の break を忘れると、$k = 0$ の場合の処理が終った後、続けて $k = 1$ の場合の処理が行われます。

switch 文の実際の例題は、次章で示します。

5.5　メソッド入門

今回のプログラムでは、一つのクラスの中に複数のメソッド (method) が使われています。プログラムを書く際には、長い一つのメソッドではなく、小さなメソッドの集合としてプログラムを書き、一つのメソッドに一つの機能を持たせるようにします。そのようにすることで、プログラムの内容を整理して分かりやすくするとともに、再利用を容易にします。

再び bubble というメソッドに注目しましょう。

```
public int bubble(int d[]){//泡立ち法
```

最初のキーワード public は、このメソッドが外部から呼ばれることを許可しています。

次の int は戻り値の型を表しています。メソッドは、数学関数と同様に変数を与えると内部で操作を行い、値を返します。この int は、操作の結果が整数型で戻って来ることを表しています。今回の場合、実際に配列の要素の入れ換えが起こった回数を結果として返します。値を返さない場合には型を void とします。

この関数の引数 (arguments) は一つで、データの入っている配列です。メソッド paint から呼び出す際の変数名と異なることに注意してください。このように、変数名の有効範囲は、その変数が現れたプログラムブロック (括弧{と}で囲まれた部分) 内部だけです。

関数内部の操作の結果は return 文で行います。

5.6 paint 文

今回作成プログラムを、ブラウザで表示しましょう。ブラウザの再表示ボタンをクリックすると、表示されている結果が変わります。これはなぜでしょう。

アプレットが、最初に表示される時だけでなく、ブラウザの再表示ボタンなどでアプレットに再表示命令が送られると、paint メソッドによってアプレットが表示されます。

今回の Program 5.3.1 では、paint メソッドの中で、データを生成するメソッド initarray が呼ばれます。つまり、再表示のために、新しいデータが準備され、並べ替えが実行されています。

第6章　簡単な作図

6.1　アプレットの動作の基本

いよいよアプレット (applet) 上に絵を描く準備に入りましょう。まず、アプレットでデフォルト (default)*で定義されている幾つかのメソッド (method) について説明します。これらのメソッドは

```
public void
```

として定義されています。

処理	説明	メソッド名	引数
初期化	アプレットが最初にクライアントにロードされる際におきる。デフォルトでは何もしない。	`init`	なし
開始	アプレットが初期化された後におきる。別のページに移動した後に再び戻った場合も、開始動作が実行される。デフォルトでは何もしない。	`start`	なし
停止	アプレットを含むページから別のページに移った際に実行される。デフォルトでは何もしない。	`stop`	なし
破棄	アプレットやブラウザの終了時に実行される。デフォルトでは何もしない。	`destroy`	なし
描画	アプレット上に表示する際に実行される。	`paint`	`Graphics` 型

アプレットは、他の Java のプログラムとは異なり、アプレットビューアー (AppletViewer) や Web ブラウザの中で起動されます。従って、基本的なグラフィック環境はアプレットビューアー (AppletViewer) や Web ブラウザが用意してくれます。また、Web ブラウザ内で起動される場合、利用者が次のページに移動した際に適切な動作を行わなければなりませんし、またアプレットのあるページに戻った際に、再起動が円滑でなければなりません。

そこで、アプレットが始めて起動した時の操作を `init` というメソッドに記述し、始めてであっても、二度目以降であっても表示される際の最初の処理を `start` に記述することで、処理を分割するようになっています。

また、Web ブラウザを起動したままで他のページに移動した際の動作を `stop` で、Web ブラウザが停止して本当にアプレットを停止する際の処理を `destroy` で記述します。

*何も指定しない場合や標準設定などをデフォルトと呼びます。

また、通常のプログラムであれば起動時にオプションを設定することができます。しかし、アプレットは Web ページの中に埋め込まれているためそのようなことができません。そこで、Web ページの中からオプションを渡す方法があります[†]。そのことについても、後述します。

6.2　簡単な作図の基礎

いよいよアプレットに簡単な図を描いてみましょう。まず、アプレット上の座標について整理しておきます。アプレットの大きさは Web ページで定義されています。その左上を原点として、右方向に X 座標、下方向に Y 座標が定義されています。通常の座標とは Y 方向の向きが逆であることに注意してください。座標の単位はピクセル (pixel) で整数で指定します。

基本的な描画メソッドを見ていきます。全て Graphics クラスのメソッドとして定義されています。

直線を引く:直線を引くメソッドは drawLine です。始点と終点の X 座標及び Y 座標の 4 個の整数を指定します。

矩形を描く:矩形を描くメソッドは 3 種類あります。単純に矩形を描くには drawRect を用い、その中を塗りつぶすには fillRect を用います。左上隅の X 座標及び Y 座標及び幅と高さの 4 個の整数を指定します。

第二の種類は、角がまるまった矩形を描くものです。drawRoundRect と fillRoundRect がそれです。左上隅の X 座標及び Y 座標及び幅と高さの 4 個の整数を指定します。

残りの一つの種類は図形が浮き上がったり沈んだりして見える効果があるものです。draw3DRect と fill3DRect がそれです。左上隅の X 座標及び Y 座標及び幅と高さの 4 個の整数を指定します。

多角形: 多角形は drawPolygon と fillPorygon で描きます。X 座標の組を表す配列、Y 座標の組を表す配列、及び頂点の数の 3 個の変数を指定します。

また、多角形はポリゴンのオブジェクトとしても定義することができます。

```
int x[]={10,20,50,15};
int y[]={10,10,30,50};
int n=x.length;
Polygon poly = new Polygon(x,y,n);
```

このようにして作った多角形には poly.addPoint(10,10) のように、頂点を追加していくことができます。

円と楕円:円は長軸と単軸が等しい楕円として定義されます。drawOval と fillOval で描くことができます。楕円を取り囲む矩形の左上隅の X 座標及び Y 座標及び幅と高さの 4 個の整数を指定します。

[†]PARAM タグ

弧:弧を描くには drawArc と fillArc を使います。その弧に外接する矩形を考えます。その矩形の左上隅の座標、幅と高さ、弧を描く始まりの角度とそこからの相対角度の 6 個の値を指定します。角度は 3 時の位置を 0 度として、反時計回りに 360 度までとします。

次に色を考えましょう。アプレット自身には背景色 (background color) と前景色 (foreground color) という属性があります。文字や図形を描くときに使われる色が前景色、アプレットの地の色が背景色です。それぞれを設定するメソッドは setForeground と setBackground です。引数は Color オブジェクトです。

図形を描く直前に色を指定し、それ以降の描画の色を指定することもできます。Graphics オブジェクトのメソッド Graphics.setColor に Color オブジェクトを渡します。例えば

```
g.setColor(Color.green)
```

では、緑色が指定されます。

Graphics.getColor() を用いることで、現在設定されている色を調べることもできます。

文字列の表示は、今までも使ってきましたが、基本的性質をまとめておきましょう。文字列を表示するにはフォントが必要です。そのために、Font オブジェクトを生成しておきます。

```
Font f = new Font("TimesRoman", Font.BOLD, 24);
```

最初の引数は、フォントファミリーを、二番目はスタイルを、最後は大きさ (pixel) を示します。

次に Font オブジェクトを Graphics オブジェクトに登録します。

```
g.setFont(f);
```

これで文字列を描く準備が整いました。あとは、drawString メソッドで文字列を実際に描きます。

6.3 簡単な図形を描くプログラム

Program 6.3.1 SimpleGraphics.htm

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN">

<html>
  <head>
    <title>簡単な図形</title>
  </head>
  <body>
  <object codetype="application/java" classid="java:SimpleGraphics.class"
          width="400" height="400">
    <param name="shape" value="POLYGON"/>
  </object>
  </body>
</html>
```

まず、アプレットを呼び出している HTML ファイル (6.3.1) を見てみましょう。<object>と</object>に挟まれて

```
<PARAM NAME="shape" VALUE="POLYGON">
```

という行があります。このタグによって変数名 shape の値として POLYGON を設定しています。アプレットには、この PARAM タグの内容を読み込むためのメソッド getParameter があり、この設定を読み込むことができます。

Program 6.3.2 SimpleGraphics.java

```
import java.awt.*;

public class SimpleGraphics extends javax.swing.JApplet {
    private Font f = new Font("TimesRoman",Font.PLAIN,20);
    private String s="NULL";
    //形の種類を定義
    static public enum Shape{
        SQUARE,
        THREEDSQUARE,
        CIRCLE,
        POLYGON,
        NONE;
    };
    private Shape shape=Shape.NONE;//形の既定値

    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        // <param>タグの読み込み
        s=getParameter("shape");
        for(Shape ss: Shape.values()){
            if(s.equals(ss.toString())){shape=ss;}
        }
        //背景色と前景色の設定
        getContentPane().setBackground(Color.yellow);
        getContentPane().setForeground(Color.black);
    }
```

プログラム 6.3.2 は、アプレット上に簡単な作図をするプログラムです。このプログラムでは、html ファイルの param タグで指定された図形情報をもとに、作図をしています。

図形の種類は

```
static public enum Shape{
    SQUARE,
    THREEDSQUARE,
    CIRCLE,
```

Program 6.3.3 SimpleGraphics.java(続き)

```
    public void paint(Graphics g){
        super.paint(g);
        g.setFont(f);
        g.drawString(s+":"+shape.toString(),10,140);

        switch(shape){
            case SQUARE://正方形
                g.setColor(Color.green);
                g.fillRect(10,10,50,50);
                break;
            case THREEDSQUARE://3 次元正方形
                g.setColor(Color.red);
                g.fill3DRect(10,10,50,50,true);
                break;
            case CIRCLE://円
                g.setColor(Color.pink);
                g.fillOval(10,10,50,50);
                break;
            case POLYGON://多角形
                int x[]={10,35,24,60,48,50};
                int y[]={15,3,35,90,90,50};
                int np=x.length;
                g.setColor(Color.orange);
                g.fillPolygon(x,y,np);
                break;
            default://どれとも当てはまらない
                break;
        }
    }

    private void initComponents() {    }
}
```

```
        POLYGON,
        NONE;
    };
    private Shape shape=Shape.NONE;//形の既定値
```

で定義しています。既定値は NONE、つまり形が定義されていません。図形の定義は列挙型と呼ばれるものです。詳しくは後述します。

プログラム 6.3.2 の中の init() メソッドにおいて

```
s=getParameter("shape");
```

を使って、HTML ファイル中の param タグから、変数名 shape に設定されている値を変数 s へ読み込んでいます。読み込んだ文字列と図形の名称を比較します。

```
        s=getParameter("shape");
        for(Shape ss: Shape.values()){
```

```
            if(s.equals(ss.toString())){shape=ss;}
        }
```

比較の結果、作図すべき図形が変数 shape に設定されます。

実際の作図が行われる paint() メソッドの中では、前章で紹介して switch を使って、変数 shape の値に応じて図形が作図されています。

paint メソッドの最初にある super.paint(g) は、親クラス JApplet の paint メソッドを実行することを示していています。ここで、アプレットに描かれた図が一旦消去され、設定されている背景色で塗りつぶされます。

演習 6.1　複数の図形を組み合わせた絵を描くアプレットを作成しなさい。

6.4　列挙型

データに順番を付けて管理する際に用いるのが列挙型です。これは、Java5 から新しく加わった機能です。プログラム 6.3.2 では、図形の種類を管理するのに用いています。

図形の種類は

```
static public enum Shape{
    SQUARE,
    THREEDSQUARE,
    CIRCLE,
    POLYGON,
    NONE;
};
```

で定義されています。キーワード enum が列挙型を示し、その型の名称として Shape が定義されています。図形として、SQUARE など、5 種類が順番に定義されています。

ここでの例の場合、各要素に対して、その要素名を文字列にした名称が定義されます。例えば、要素 SQUARE の名称は"SQUARE"という文字列です。この名称を得るには、メソッド toString() を用います。

HTML ファイル中の param タグから得た図形情報との照合に際して以下のように記述されています。

```
        s=getParameter("shape");
        for(Shape ss: Shape.values()){
            if(s.equals(ss.toString())){shape=ss;}
        }
```

ここでの for(Shape ss: Shape.values()) も Java5 から導入された新しい for 文の形式です。列挙型 Shape の各要素 ss に対する処理を記述しています。

列挙型変数は、多重分岐 case のスイッチとしても使うことができます。

6.5 メソッドを調べる

一般に、プログラミングをするためには、その言語そのものについて知るだけでなく、基本となるライブラリについても知らなくてはなりません。Java の場合は、ライブラリはパッケージと呼ばれています。アプレットのうち基本となる部分は `java.awt`、JApplet などの先進的な部分は `javax.swing` というパッケージに含まれています。

こうしたパッケージをある程度使いこなさないと Java のプログラミングはできません。だからといって、そのパッケージのクラス名とメソッド名を全て知ることは困難です。

本講義で使っている Sun One Studio では、各クラスの持つメソッドを示す機能があります。プログラムを記述している最中に、クラス名あるいはそのオブジェクト名の後ろにピリオドを打つと、メソッドの一覧が表示されます。

また、標準的なパッケージのマニュアルがオンラインで提供されています。

`http://java.sun.com/j2se/1.5.0/ja/docs/ja/api/index.html`

第7章　簡単な動画

7.1　描画と再描画

いよいよ、動くホームページ作成の入口に来ました。ここでは、簡単な動きをするプログラムを作成します。

アプレット上に動画を表示することを考えましょう。ここで云う動画とは、既に存在しているビデオなどの動画ファイル (mpeg など) を表示することではありません。ここでの動画とは、静止画を連続して表示することで、動きを表示することを指します。つまり、スピードの早い紙芝居を見せることで、動きを表現することを考えます。

最初に、文字列が次々に変化する例題を作成してみましょう。ここでは、現在の時刻が表示され、次々と新しい時刻に更新される時計のアプレットを作成します。対応する HTML ファイルをプログラム 7.1.1 に示します。

Program 7.1.1 Clock.html

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN">

<html>
  <head>
    <meta http-equiv="content-type" content="text/html;charset=EUC-JP">
    <title>時計</title>
  </head>
  <body>
  <h2>現在の時刻</h2>
  <object codetype="application/java" classid="java:Clock.class"
          width="400" height="200">
  </object>
  </body>
</html>
```

動画を表示するする基本となるのは、描画の繰り返しです。Java では、再描画 (`repaint()` メソッド) によって、描画の操作 (`paint`) を繰り返し呼び出すことで実現します。

このように描画を繰り返す場合、スレッド (thread) というのを使ってプログラムをする場合が多くあります。スレッドとは、「道筋」という意味があり、コンピュータの用語では処理の流れを表します。前章までのプログラムは、処理の道筋が一本しかなく (シングルスレッドと云う)、前の処理が終ると次の処理に移るようになっています。今回のプログラムでは、通常の初期化から最初の描画までのスレッドとは別に、繰り返し再描画するためのスレッドを作ります。

このようにスレッドを複数動作させるプログラムをマルチスレッド (multithread) プログラムと呼びます。つまり、マルチスレッドとは、複数の処理が並行して行われるものを指します。もちろ

Program 7.1.2 Clock.java

```
import java.awt.*;
import java.util.Date;

public class Clock extends javax.swing.JApplet
        implements Runnable //スレッドを使うことを指示
{
    private Font f = new Font("TimesRoman", Font.BOLD, 24);
    private Date theDate;
    private Thread runner;
    /** Initializes the applet Clock */
    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        getContentPane().setBackground(Color.cyan); //背景色
        getContentPane().setForeground(Color.red);// 前景色
    }
```

ん、CPU が一つしかないシステムでは、一度に行われる処理は一つです。しかし、時間を短く分割し、複数の処理を交替に実行することで、あたかも多数の処理が並行して動作しているように見せることができます。Java はマルチスレッドを簡単に作成できるプログラミング言語です。

マルチスレッドで時刻表示のプログラムを作るには、初期化処理で新しいスレッドを生成し、そのスレッドの中で、再描画を行うようにします。

スレッドを使った時刻表示アプレットをプログラム 7.1.2 に示します。スレッドを使うクラスの宣言には

```
implements Runnable
```

というキーワード (interface と呼びます) を付けます。スレッドは `Thread` というクラスのオブジェクトとして生成します。

ここでは、`runner` という名のスレッドが宣言され、`start()` メソッドでは、単にスレッドの生成と開始が、`stop()` メソッドではスレッドの停止が行われています。つまり、アプレットが表示されると、スレッドが生成され動作し、他のページへ行くなどでアプレットが表示されなくなると、スレッドが停止します。

スレッドの動作は `run()` というメソッドで記述されます。このメソッドはインターフェイス `Runnable` を使用する際には、必ず記述しなければなりません。このメソッドの中で、現在の時刻を取得し、`repaint()` を使って再描画をします。メソッド `repaint()` は、描画の `paint` メソッドを呼びます。その後、

```
try {Thread.sleep(1000);}
```

Program 7.1.3 Clock.java の続き

```
    public void start() {
        if (runner == null) {//起動時にスレッドを生成する
            runner = new Thread(this);
            runner.start();
        }
    }
    public void stop() {
        if (runner != null) {//終了時にスレッドを破棄する
            runner = null;
        }
    }

    public void run() {//スレッドで実行すること
        while(true) {
            theDate = new Date();
            repaint();//再描画
            //1000 ミリ秒待ち、その間に割り込みが発生したら何も行わない
            try {Thread.sleep(1000);} catch (InterruptedException e){}
        }
    }

    public void paint(Graphics g) {
        super.paint(g);
        g.setFont(f);
        g.drawString(theDate.toString(),10,40);// 現在の日付時刻を表示
    }

    private void initComponents() {}
}
```

```
catch (InterruptedException e){}
```

を使って、1000 ミリ秒停止します。

実際の時刻を描画することは、paint で行われます。最初の super.paint は、今作成しているプログラムのクラス Clock の親のクラス JApplet のメソッド paint を表しています。この操作で、背景色で一旦全てが塗りつぶされます。その後でフォントが設定されて、時刻を表す文字列が表示されます。

現在の時刻は、java.util.Date というクラスを使って調べることができます。

```
theDate = new Date();
```

によって、現在の時刻がオブジェクト theDate に保存されます。メソッド

```
theDate.toString()
```

は、保持している時刻を文字列に変換します。

Program 7.2.1 MovingSquare.java

```
import java.awt.*;

public class MovingSquare extends javax.swing.JApplet implements Runnable{
    private Thread runner;
    private int t=0;
    private int sqr[]={10,10,50,50};

    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        //前景色と背景色を設定
        getContentPane().setBackground(Color.cyan);
        getContentPane().setForeground(Color.red);
    }

    public void start() {
        if (runner == null) {//スレッド起動
            runner = new Thread(this); runner.start();
        }
    }

    public void stop() {
        if (runner != null) {//スレッド停止
            runner = null;
        }
    }
```

7.2　動く正方形

もう一つ、簡単な動画プログラムを考えましょう。プログラム 7.2.1 は、正方形が時刻とともに、延び縮みしながら右へ移動するアプレットです。

もちろん、実際に図形が画面中を移動するのではありません。各時刻に、画面を背景色で塗りつぶして古い図形を消し、その後で新しい位置に図形を描けば、図形が移動しているように見えます。

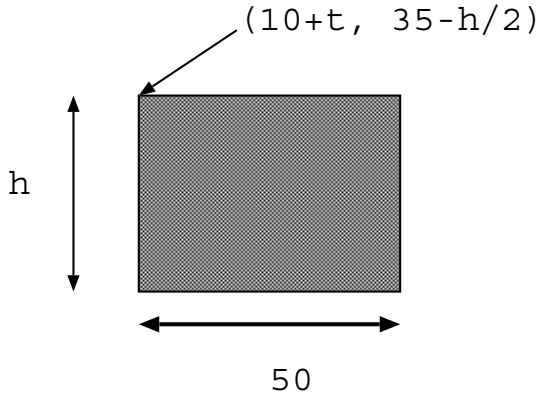
まず、時刻を保持する変数を t とします。スレッドの動作 run の中で、時刻は 1 ずつ増加しますが、500 回繰り返すと 0 に戻るようになっています。

```
t++; t = t%500;
```

ここで t=t%500 は、t の値を 500 で割った余りを t に代入することを表しています。

各頂点の座標が配列 sqr に保存されています。メソッド setsqr が時刻から座標を計算し、設定します。時刻 t とともに、左下の頂点の位置が

図 7.2.1: 描画する矩形




```
x=10+t;
```

で移動します。同時に高さが

```
h=2*(t%50);
```

で大きくなります。こうすることで、各時刻で、x の位置に高さ h の長方形を描くことで、四角系が延び縮みしながら移動しているように見せることができます。

演習 7.1　スリープする時間を変更して、様子の変化を見なさい。

演習 7.2　三角形が延び縮みしながら並行移動するアプレットを作成しなさい。

Program 7.2.2 MovingSquare.java の続き

```
    public void run() {
        while(true) {
            t++; t = t%500;
            repaint();
            try {Thread.sleep(100);} catch (InterruptedException e){}
        }
    }

    public void paint(Graphics g) {
        super.paint(g);
        g.setColor(getContentPane().getForeground());
        setsqr();
        g.fillRect(sqr[0],sqr[1],sqr[2],sqr[3]);
    }

    private void setsqr() {//位置の再計算
        int x=10+t;
        int h=2*(t%50);
        if(h>50)h=100-h;
        int y=35-h/2;
        sqr[0]=x; sqr[1]=y; sqr[3]=h;
    }

    private void initComponents() {    }
}
```

第8章　クラスを作る

8.1　クラスとは

Program 8.1.1 MySquare.java

```
import java.awt.*;

public class MySquare {
    private int x,y;
    private int w=50,h;
    private Color back,fore;

    MySquare(Color b,Color f){
        back=b; fore=f;
    }
    public void set(int t){
        x=10+t;
        h=2*(t%50);
        if(h>50)h=100-h;
        y=35-h/2;
    }

    public void draw(Graphics g){
        g.setColor(fore);// 全景色で部分的に塗り潰す
        g.fillRect(x,y,w,h);
    }
}
```

先週のプログラム MovingSquare.java を思い出しましょう。paint メソッドの中で、アプレットを背景色で塗りつぶし、新しい矩形の情報を計算し、前景色で描きました。paint メソッドの中で、矩形の情報が直接使われ、fillRect が直接呼ばれていました。

プログラムを書く場合、データの塊ごとあるいは機能ごとにプログラムを分けることで、読みやすく開発コストの小さなプログラムを書くことができます。

そこで、矩形の位置を計算して描く部分を次のような方向に書き換えることを考えましょう。つまり、矩形に対応するモノをひとかたまりとして考えます。メインのプログラムは、このモノに対して、「再設定せよ」、「描画せよ」と命令するだけにするのです。メインのプログラムの方からは、矩形の情報がどのように保持されているかは知らなくて良いようにします。

このようにすることで、描かれる図形の情報が、メインのプログラムから切り離されます。つまり、どんな図形が描かれるかは、メインのプログラムが知らなくても良くなります。矩形でなく、三角形でも同じように扱うことができるようになります。

Program 8.1.2 MovingSquare.java

```
import java.awt.*;

public class MovingSquare extends javax.swing.JApplet implements Runnable{
    private Thread runner;
    private int t=0;
    private MySquare sqr;

    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        getContentPane().setBackground(Color.cyan);
        getContentPane().setForeground(Color.red);
        sqr = new MySquare(getContentPane().getBackground(),
                getContentPane().getForeground());
    }

    public void start() {
        if (runner == null) {//スレッド起動
            runner = new Thread(this); runner.start();
        }
    }

    public void stop() {
        if (runner != null) {//スレッド停止
            runner = null;
        }
    }
```

このように、対象の動作を中心にプログラムを作り上げることをオブジェクト指向プログラミング (Object Oriented Programming) と呼びます。対象をオブジェクト (object)、オブジェクトを抽象化した型に相当するものをクラス (class) と呼びます。逆にいうと、類型をクラスと呼び、それが実体化されたものをオブジェクトと呼びます。

つまり、矩形に対応するクラスを定義し、そのクラスに属するオブジェクトに「再設定せよ」、「描画せよ」と命令するだけにするのです。

矩形のクラスをプログラム 8.1.1 に示します。矩形を表示するための情報として、左上隅の座標、幅、高さ、そして背景色と前景色を持っています。

クラス名と同じ名前のメソッドはコンストラクタ (Constructor) と呼ばれる特殊なメソッドで、`new` などを使って初期化する際に利用されます。

メインプログラム 8.1.2 からは、クラス `MySquare` のオブジェクトが定義され、メインプログラ

Program 8.1.3 MovingSquare.java 続き

```
    public void run() {
        while(true) {
            t++; t = t%500;
            repaint();
            try {Thread.sleep(100);} catch (InterruptedException e){}
        }
    }

    public void paint(Graphics g) {
        super.paint(g);
        sqr.set(t);
        sqr.draw(g);
    }

    private void initComponents() {    }
}
```

ムのコンストラクタで背景色と前景色が指定されます。

```
sqr = new MySquare(
    getContentPane().getBackground(),
    getContentPane().getForeground());
```

その後、paint メソッド内では、矩形クラスのメソッド set 及び draw が呼ばれているだけで、中で何をやっているかをメインプログラムが知る必要はありません。

Program 8.1.4 MovingSquare.html

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN">

<html>
  <head>
    <meta http-equiv="content-type" content="text/html;charset=EUC-JP">
    <title>動く四角形</title>
  </head>
  <body>
  <object codetype="application/java" classid="java:MovingSquare.class"
          width="600" height="100">
  </object>
  </body>
</html>
```

プログラム 8.1.4 は、矩形のクラスを使った Applet を呼ぶ HTML ファイルです。ここでは、矩形のクラスを呼ぶ部分は必要ありません。矩形のクラス MySquare.class が同じディレクトリにあれば十分です。

Program 8.2.1 MyTriangle.java

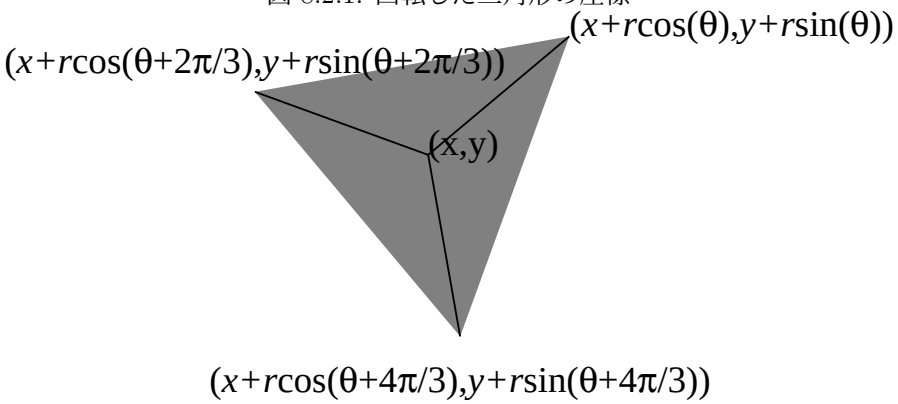
```
import java.awt.*;

public class MyTriangle {
    private int x;
    private final int y=150;
    private final int r=100;
    private int xx[]={0,0,0};
    private int yy[]={0,0,0};
    private Color back,fore;

    public MyTriangle(Color back,Color fore) {
        this.back=back; this.fore=fore;
        //this は自分を表す
    }

    public void set(int t){
        x=10+t;
        double s=0.05*t;
        xx[0]=(int)(x+r*Math.cos(s));
        xx[1]=(int)(x+r*Math.cos(s+2*Math.PI/3));
        xx[2]=(int)(x+r*Math.cos(s+4*Math.PI/3));
        yy[0]=(int)(y+r*Math.sin(s));
        yy[1]=(int)(y+r*Math.sin(s+2*Math.PI/3));
        yy[2]=(int)(y+r*Math.sin(s+4*Math.PI/3));
    }

    public void draw(Graphics g){
        g.setColor(fore);
        g.fillPolygon(xx,yy,3);
    }

}
```

8.2　ころがる三角形

応用として矩形ではなく三角形を転がしながら描くことを考えましょう。プログラム 8.2.1 は、前節のプログラムの矩形に対応した三角形のクラスです。三つの頂点の座標は、図 8.2.1 のように指定することで一つの点からの相対座標として指定することができます。

演習 8.1　三角形が回転しながら移動するアプレットを作成しなさい。

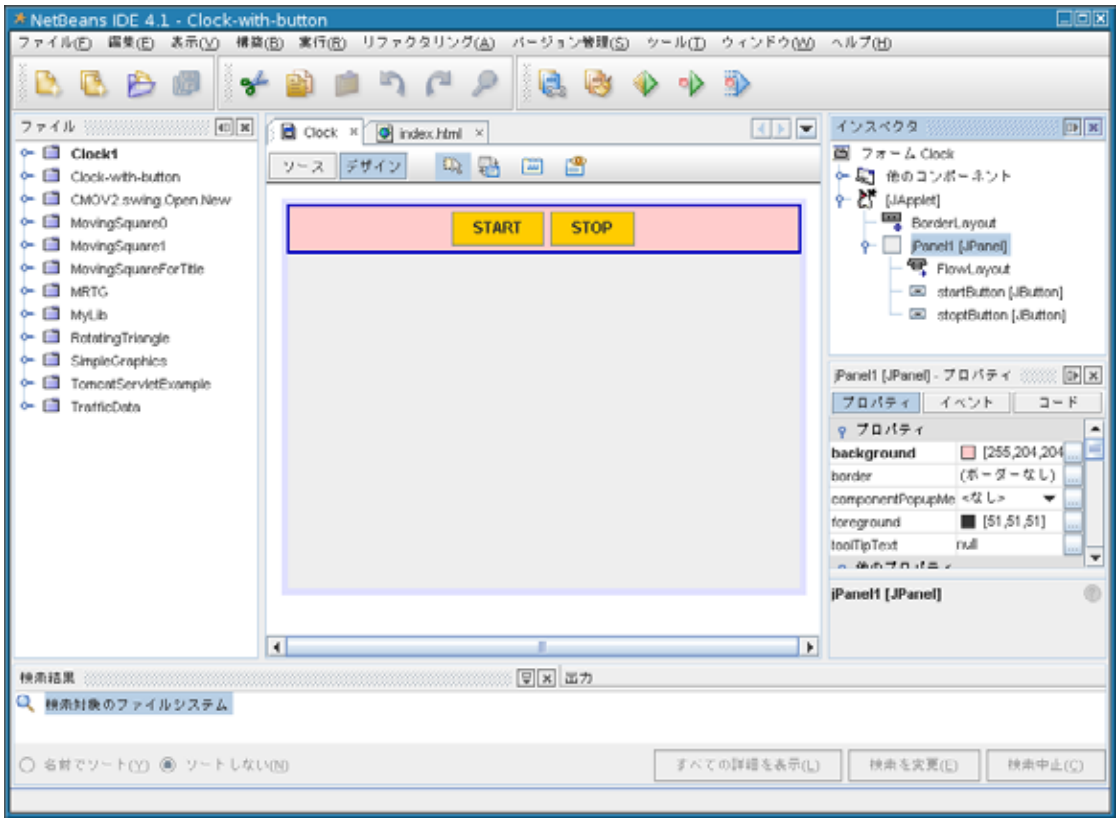
図 8.2.1: 回転した三角形の座標



第9章　グラフィカルユーザインターフェイス

9.1　ボタンを作る

図 9.1.1: ボタンをおいたフォーム



利用者がプログラムを利用する際に、マウスを操作してボタンをクリックしたり、スクロールバーを操作して数値を設定したり、あるいは簡単な文字列を入力する場合があります。このように、マウスなどの操作によって、直観的に分かりやすく、利用者からの情報をプログラムに送るためのインターフェイス (interface) をグラフィカルユーザインターフェイス (GUI, Graphical User Interface) と呼びます。これに対して、プログラムの起動から全てキーボードからの入力で行うインターフェイスを CUI (Character-based User Interface) と呼びます。

Program 9.1.1 Clock.java

```
import java.awt.*;
import java.util.Date;

public class Clock extends javax.swing.JApplet
        implements Runnable //スレッドを使うことを指示
{
    private Font f = new Font("TimesRoman", Font.BOLD, 24);
    private Date theDate;
    private Thread runner;
    private boolean id=true;

    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        //アプレットの前景色と背景色を設定
        getContentPane().setBackground(Color.cyan); //背景色
        getContentPane().setForeground(Color.red);// 前景色
    }
```

Java は、GUI を通してプログラムを操作することが容易な言語です。また、NetBeans は、GUI 構築を支援する使いやすい機能を有しています。ここでは、例として、以前に作成した時計のプログラムにスタートとストップのボタンを作ってみましょう。

まず、以前の時計のプロジェクトを開きます。ソースファイルの「デザイン」タグを開きます。ここにボタンをおくパネルを作りましょう。基本になる JApplet の上でマウス右ボタンをクリックします。「パレットからの追加」、「Swing」、「JPanel」を選んでフォームの中に置きましょう。画面右側に表示されている、各パーツの階層構造をクリックすることでもパレットから部品を追加できます。

右側にそれぞれの部品の「プロパティ」があります。そこで、このパネルの「レイアウト」を「North」としておきます。プロパティで色なども指定しましょう*。

次にこのパネル (JButton) の中にボタンを置きます。ボタンの「プロパティ」の「text」を「STOP」と書き換えましょう。またボタンの名前を「stopButton」として置きましょう。同様に、もう一つのボタンを作り「text」を「START」に、名前を「startButton」としましょう。新規にボタンを作成するのではなく、先に作った stopButton をコピーして、名前や属性を変更することで startButton を作成しても良いでしょう。

パネルの中にボタンを二つ置いたときの「デザイン」の様子を図 9.1.1 に示します。

ボタンを押した際の動作を記述する前に、時計を表示するかどうかを決める変数を定義しておき

*部品の階層構造や、プロパティが表示されていない場合には、「ウィンドウ」メニューから、必要なウィンドウを表示します。

Program 9.1.2 Clock.java の続き

```
    public void start() {
        if (runner == null) {//起動時にスレッドを生成する
            runner = new Thread(this);
            runner.start();
        }
    }

    public void stop() {
        if (runner != null) {//終了時にスレッドを破棄する
            runner = null;
        }
    }

    public void run() {//スレッドで実行すること
        while(true) {
            if(id){
                theDate = new Date();
            }
            repaint();//再描画

            //1000 ミリ秒待ち、その間に割り込みが発生したら何も行わない
            try {Thread.sleep(1000);} catch (InterruptedException e){}
        }
    }

    public void paint(Graphics g) {
        super.paint(g);
        g.setFont(f);
        if(theDate!=null)
            g.drawString(theDate.toString(),10,40);// 現在の日付時刻を表示
    }
```

ます。

```
private boolean id=true;
```

この変数が true であるとき、時間の更新を行い、false であるときには、更新しないことにします。

つぎにこの変数の値に応じて時間を更新するように、run メソッドを変更しておきましょう。

```
    public void run() {//スレッドで実行すること
        while(true) {
            if(id){
                theDate = new Date();
            }
            repaint();//再描画
            //1000 ミリ秒待ち、その間に割り込みが発生したら何も行わない
            try {Thread.sleep(1000);}
```

Program 9.1.3 Clock.java の続き

```
    private void initComponents() {
        jPanel1 = new javax.swing.JPanel();
        startButton = new javax.swing.JButton();
        stoptButton = new javax.swing.JButton();

        jPanel1.setBackground(new java.awt.Color(255, 204, 204));
        startButton.setBackground(new java.awt.Color(255, 204, 0));
        startButton.setText("START");
        startButton.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
                startButtonActionPerformed(evt);
            }
        });

        jPanel1.add(startButton);

        stoptButton.setBackground(new java.awt.Color(255, 204, 0));
        stoptButton.setText("STOP");
        stoptButton.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
                stoptButtonActionPerformed(evt);
            }
        });

        jPanel1.add(stoptButton);

        getContentPane().add(jPanel1, java.awt.BorderLayout.NORTH);

    }
```

```
            catch (InterruptedException e){}
        }
    }
```

次にそれぞれのボタンを押したときの動作を記述しましょう。「ストップ」ボタンを押した時には、時計を止めることにします。まず、「ストップ」ボタンをダブルクリックします。すると、「ソースエディタ」の相当する箇所に移動します。ここで変数 id を false にします。

```
    private void stopButtonActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        id=false;
    }
```

つまり、「ストップ」ボタンを押すと、アプレット内の stop メソッドが呼ばれ、スレッドが停止します。

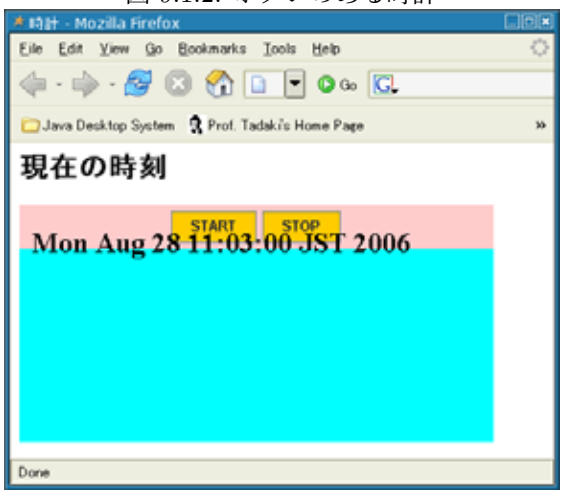
同様に「スタート」ボタンを押した際には、id を true にするように記述しましょう。

```
    private void startButtonActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        id=true;
```

Program 9.1.4 Clock.java の続き

```
    private void stoptButtonActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        id=false;
    }

    private void startButtonActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        id=true;
    }

    private javax.swing.JPanel jPanel1;
    private javax.swing.JButton startButton;
    private javax.swing.JButton stoptButton;
}
```

図 9.1.2: ボタンのある時計




```
    }
```

全体のプログラムをプログラム 9.1.1 と 9.1.2 に示します。

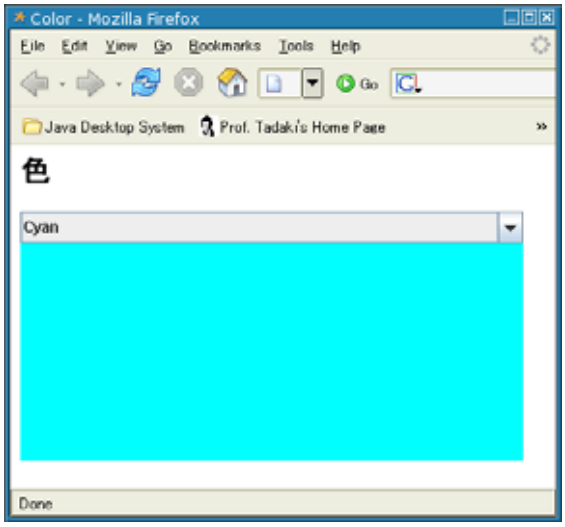
演習 9.1　作成したアプレットでは、時刻の文字がボタンと重なってしまいました。文字の位置を変えて、重ならないように変更しなさい。

9.2　一覧から選ぶ

つぎに、一覧から項目を選ぶ動作をする GUI を作りましょう。一覧は JComboBox というパーツで作ります。今回のプログラムでは、色の一覧を作りましょう。一覧から色を選択すると、パネルに色が表示されるようにします。

まず、色とその名前の一覧を定義します。これらの値を保持するために、再び列挙型を使うこと

図 9.2.1: 色を選ぶアプレット



にします。新しい列挙型 ColorList は、対応する色 (Color 型) と名前 (String 型) を持つことにします。

列挙型は、クラスになっています。ここでは、そのクラスに、二つのプライベート変数 name と color を定義します。これらの値は、コンストラクタで値を定義する形にしています。また、それぞれの変数の値を toString() と getColor() というメソッドで得ることができるようになっています。

つぎに、メインの部分を作りましょう。まず、アプレット ColorChoice を作りましょう。続いて、一覧を表示する JComboBox をフォームに置きます。名前を、colors とつけて置きましょう。レイアウトは North とします。次に、色を表示する JPanel をフォームに置きます。名前を panel とつけます。レイアウトは Center とします。

初期化 init() の中で、列挙型 ColorList を一覧に設定しています。

```
for(ColorList c: ColorList.values() ){
    colors.addItem(c);
}
```

フォーム内の一覧 colors をダブルクリックして、その動作を定義します。ダブルクリックによって、メソッド colorsActionPerformed が作成されます。その中に以下のように記述します。

```
private void colorsActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    Color c=((ColorList)colors.getSelectedItem()).getColor();
    panel.setBackground(c);
    repaint();
}
```

ここで行っていることは、一覧 color から、選択されたモノを返し (getSelectedItem())、ColorList へリダイレクト (型変換) の後、その色をパネルに設定しています。

Program 9.2.1 ColorChoice.java

```
import java.awt.*;

public class ColorChoice extends javax.swing.JApplet {
    public enum ColorList{
        White(Color.white,"White"),
        Blue(Color.blue,"Blue"),
        Cyan(Color.cyan,"Cyan"),
        Gray(Color.gray,"Gray"),
        Green(Color.green,"Green"),
        Magenta(Color.magenta,"Magenta"),
        Orange(Color.orange,"Orange"),
        Ping(Color.pink,"Pink"),
        Red(Color.red,"Red"),
        Yellow(Color.yellow,"Yellow");

        private String name;
        private Color color;
        ColorList(Color c, String n){color=c; name=n;}
        public String toString(){return name;}
        public Color getColor(){return color;}
    };
```

演習 9.2　一覧とパネルの色や配置を変更しなさい。

演習 9.3　終了ボタンを追加しなさい。

Program 9.2.2 ColorChoice.java 続き

```
    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        for(ColorList c: ColorList.values() ){
            colors.addItem(c);
        }
    }

    private void initComponents() {
        colors = new javax.swing.JComboBox();
        panel = new javax.swing.JPanel();

        colors.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
                colorsActionPerformed(evt);
            }
        });

        getContentPane().add(colors, java.awt.BorderLayout.NORTH);
        getContentPane().add(panel, java.awt.BorderLayout.CENTER);
    }

    private void colorsActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        Color c=((ColorList)colors.getSelectedItem()).getColor();
        panel.setBackground(c);
        repaint();
    }

    private javax.swing.JComboBox colors;
    private javax.swing.JPanel panel;
}
```

第10章　マウスの動きを使う

10.1　マウスイベント

Program 10.1.1 DrawSquare.java

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;

public class DrawSquare extends javax.swing.JApplet
        implements MouseListener, MouseMotionListener
        //マウスの動作を拾うためのインターフェイスの定義
{
    private final int MAXSQR=100;
    //四角形
    private MySquare sqr[]= new MySquare[MAXSQR];
    private MySquare tmp;
    private int currentsqr=0;

    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        //マウスの動作を拾うインターフェイスの登録
        addMouseListener(this);
        addMouseMotionListener(this);
        //色の設定
        getContentPane().setForeground(Color.blue);
        getContentPane().setBackground(Color.yellow);
    }
```

ここまで作成してきたプログラムは、スレッドに分かれるところはありましたが、作成したプログラムの範囲内で動いているように見えました。しかし、よく考えると、ブラウザが別のページに移った際にアプレットが停止するなど、プログラムの外部から割り込んで来るものがありました。もちろん、GUI のボタンを押すことも、割り込みになります。

Java アプレットでは、アプレット内のマウスの動きやキーボード操作をイベント (event) として認識し、割り込みをかけることができるようになっています。このようにイベントが起きると、そ

Program 10.1.2 DrawSquare.java つづき

```
    public void paint(Graphics g){
        super.paint(g);
        Color c=getContentPane().getForeground();
        for(int i=0;i<currentsqr;i++){//既に確定した四角形の描画
            sqr[i].draw(g,c);
        }
        if(tmp!=null) {//現在作成中の四角形
            tmp.draw(g,Color.red);
        }
    }

    public void mouseDragged(MouseEvent e) {//ボタンを押しながら移動した時
        tmp.set(e.getX(),e.getY());
        repaint();
    }

    public void mousePressed(MouseEvent e) {//ボタンを押した時
        tmp=new MySquare(e.getX(),e.getY());
    }

    public void mouseReleased(MouseEvent e) {//ボタンを離した時
        if(currentsqr < MAXSQR){
            tmp.set(e.getX(),e.getY());
            sqr[currentsqr]=new MySquare(tmp);
            tmp=null;
            currentsqr++;
        }
        repaint();
    }
```

れに応じてプログラムを動作させることをイベント駆動 (event-driven) といいます。ここまで見てきたプログラムでも、他のウィンドウの下からアプレットが現れた際に画面を再描画するというかたちでイベント駆動が行われていました。ボタンなどの GUI の操作でもイベントが発生していました。

本章では、マウスの動きを追って、マウスのボタン操作によって生じるイベントを使って、矩形を描くプログラムを作成しましょう (図 10.1.1)。

まず、マウスイベントを拾うために、クラスにインターフェイスを追加します。クラス定義部分の

```
implements MouseListener, MouseMotionListener
```

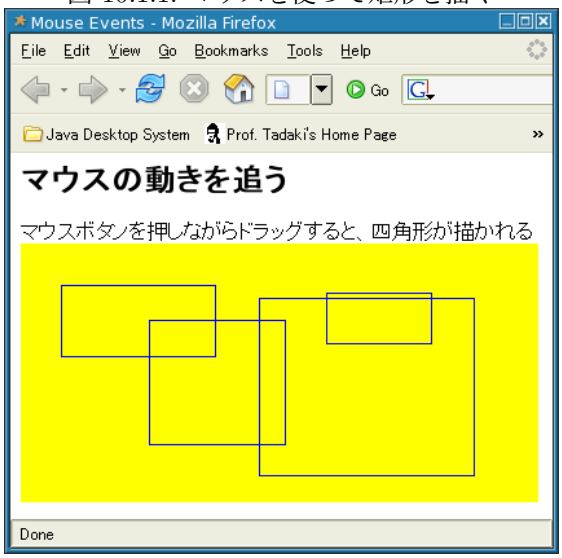
がその部分です。MouseListener がマウスボタンの操作を、MouseMotionListener がマウスの移動などの操作を調べるためのインターフェイスです。さらに、コンストラクタ DrawSquare() においてインターフェイスを追加します。

```
addMouseListener(this);
addMouseMotionListener(this);
```

Program 10.1.3 DrawSquare.java つづき

```
    //使わないマウスの動作も定義しなくてはならない
    public void mouseMoved(MouseEvent e) {}
    public void mouseClicked(MouseEvent e) {}
    public void mouseEntered(MouseEvent e) {}
    public void mouseExited(MouseEvent e) {}

    private void initComponents() {    }
}
```

図 10.1.1: マウスを使って矩形を描く



インターフェイスはクラスによく似たものですが、クラスとは異なりメソッドの名前だけが定義されています。使用する際には、そのインターフェイスで定義されているすべてのメソッドの動作を定義する必要があります。

使用している統合環境 NetBeans は、追加したインターフェイスに対応したメソッドの追加を支援する機能を有しています。インターフェイスを追加した後に、「ツール」、「メソッドをオーバーライド」を選びます。新しく開いたウィンドウで、「抽象メソッドのみを表示」を選ぶと、インターフェイスに対応して、追加しなければならないメソッドの一覧が表示されます。追加すべきメソッド名をマウス右ボタンで選択した後に、「了解」を押すと、ソースコードが生成されます。

今回のプログラムにおいても `MouseListener` と `MouseMotionListener` に対応するマウスの動きに対応する関数を定義していきます。表 10.1 にある 7 種類の動作全てを記述しなければなりません。必要の無い動作は、何もしないように定義します。これらの関数は全て

```
public void
```

として定義します。また、引数は `MouseEvent` 型です。

表 10.1: マウスの動き

関数名	内容
mouseClicked	この部分にマウスがクリックされると呼び出される
mouseEntered	この部分にマウスが入ると呼び出される
mouseExited	この部分からマウスが出ると呼び出される
mousePressed	この部分でマウスボタンが押されると呼び出される
mouseReleased	この部分でマウスボタンが放されると呼び出される
mouseDragged	この部分でマウスボタンを押しながら動かすと呼び出される
mouseMoved	この部分でマウスボタンを押さずに動かすと呼び出される

10.2　マウスの動きに応じて矩形を描く

プログラム 10.1.1 での動きを見て行きます。

マウスを押すことで (mousePressed) 新しい矩形の描画が開始します。マウスを押しながら移動して (mouseDragged)、マウスを放す (mouseReleased) と一つの矩形が確定するようになっています。

矩形の情報は、次節で説明するクラス MySquare に保存します。マウスボタンを押して移動中には、一時的な矩形 tmp として扱われ、描画を行います。マウスボタンを放すと矩形が確定したと判断し、tmp にある矩形データ、保存用の配列 sqr に登録します。

マウスを押すイベントが発生すると、そのイベント情報を MouseEvent クラスのオブジェクトとして得ることができます。マウスが押された位置は MouseEvent クラスのメソッド getX() と getY() を使って得ることができます。

どのボタンを押されたかの区別はできません。なぜならば、Java は OS によらない設計であり、マウスにいくつのボタンがあるかは、OS に依存するからです。この点は、Windows 上の GUI アプリケーションや、X Windows 上の GUI アプリケーションと大きく異なる点です。

各マウスイベントの処理が終ると repaint() で描画されます。描画 (paint()) の際には、まず確定している矩形 (配列 sqr に保存されている) を前景色で描いた後、現在定義中の矩形 (tmp に保存されている) を赤で描画します。

10.3　矩形のクラス

今回も、矩形のクラスを使用します。前回と少し異なる点を説明します。矩形クラス MySquare は、左上隅と右下隅の二つの点の位置情報を Point クラスとして保持しています。右下隅の座標が指定されると、幅 w と高さ h を計算します。

メソッド

```
MySquare(final MySquare s)
```

Program 10.3.1 MySquare.java

```
import java.awt.*;

public class MySquare {
    private Point start,end;//左上隅と右下隅の点
    public int w,h;//幅と高さ

    public MySquare(int x,int y) {
        start = new Point(x,y);
    }

    /** すでに存在している矩形をコピーする
     * @param s コピー元の矩形*/
    public MySquare(final MySquare s){
        start=new Point(s.start);
        end = new Point(s.end);
        w = end.x - start.x;
        h = end.y - start.y;
    }
```

は、他の矩形をコピーするのに用います。コピー元の左上隅と右下隅の二つの点の位置情報をコピーするとともに、幅 w と高さ h を計算します。

メソッド isInside は今回使いません。次回に使う際に説明します。

演習 10.1 マウスを押すことで中心を決め、押しながら移動して半径を設定し、マウスを放すと円が描かれるアプレットを作成しなさい。

Program 10.3.2 MySquare.java

```
    /** 右下隅の設定*/
    public void set(int x,int y){
        if(end==null){
            end = new Point(x,y);
        } else {
            end.x = x; end.y=y;
        }
        w = end.x - start.x;
        h = end.y - start.y;
    }

    public void draw(Graphics g,Color c){
        g.setColor(c);
        g.drawRect(start.x,start.y,w,h);
    }

    public boolean isInside(Point p){
    //点 p が四角形の内部か外部かを判定
        boolean id=false;
        if(start.x <= p.x && p.x <= end.x){
            if(start.y <= p.y && p.y <= end.y){
                id=true;
            }
        }
        return id;
    }
}
```

第11章　キーボードからの入力を使う

11.1　キーボードイベント

Program 11.1.1 DrawSquare.java

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;

public class DrawSquare extends javax.swing.JApplet
        implements MouseListener, MouseMotionListener,
        //マウスの動作を拾うためのインターフェイスの定義
        KeyListener
        //キーボードイベントを拾うためのインターフェイス
{
    //矩形のリスト
    private java.util.Vector<MySquare> sqrList=null;
    private MySquare tmp;
    private Point present=new Point(0,0);
    private int selected=-1;//選択された矩形の番号

    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        //マウスの動作を拾うインターフェイスの登録
        addMouseListener(this);
        addMouseMotionListener(this);
        addKeyListener(this);
        setFocusable(true);
        //色の設定
        getContentPane().setForeground(Color.black);
        getContentPane().setBackground(Color.yellow);
        sqrList=new java.util.Vector<MySquare>();
    }
```

今回は、前回のプログラムに改良を加えながら、キーボードからの入力も使って矩形を操作するプログラムを作りましょう。

Program 11.1.2 DrawSquare.java つづき

```
    public void paint(Graphics g){
        super.paint(g);
        Color c=getContentPane().getForeground();
        if(sqrList==null)return;
        int maxsqr=sqrList.size();//保存されている矩形の数
        for(int i=0;i<maxsqr;i++){//既に確定した四角形の描画
            Color cc=c;
            if(i==selected)cc=Color.red;
            sqrList.get(i).draw(g,cc);
        }
        if(tmp!=null) {//現在作成中の四角形
            tmp.draw(g,Color.blue);
        }
        g.setColor(c);
        String coor="("+String.valueOf(present.x)+","
                +String.valueOf(present.y)+")";
        g.drawString(coor,10,10);
    }

    public void mouseDragged(MouseEvent e) {//ボタンを押しながら移動した時
        tmp.set(e.getX(),e.getY());
        repaint();
    }
    public void mousePressed(MouseEvent e) {//ボタンを押した時
        tmp=new MySquare(e.getX(),e.getY());
    }
    public void mouseReleased(MouseEvent e) {//ボタンを離した時
        tmp.set(e.getX(),e.getY());
        if(tmp.w!=0 || tmp.h!=0){//大きさゼロの矩形は破棄する
            sqrList.add(tmp);
        }
        tmp=null;
        repaint();
    }
```

キーボード操作も、マウス操作と同様にイベントとして処理されます。マウスイベント処理の場合と同様に、クラスに KeyListener というインターフェイスを implements します。更に、コンストラクタで

```
addKeyListener(this);
```

をつかって、インターフェイスを追加します。

また、X Windows や Windows のような GUI システムでは、キーボードからの入力をどのウィンドウが受けるかの制御が行われています。これを focus と呼びます。作成するアプレットが focus を受け取るように設定します。

```
setFocusable(true);
```

キーボードイベントを扱う関数は 3 種類です。マウスと同様に、全て定義しなくてはいけません。引数は全て KeyEvent 型です。

Program 11.1.3 DrawSquare.java つづき (2)

```
    //使わないマウスの動作も定義しなくてはならない
    public void mouseMoved(MouseEvent e) {
        present.setLocation(e.getX(),e.getY());
        repaint();
    }
    public void mouseClicked(MouseEvent e) {
        present.setLocation(e.getX(),e.getY());
        if(sqrList==null)return;
        int maxsqr=sqrList.size();//保存されている矩形の数
        for(int i=0;i<maxsqr;i++){//マウスが入っている矩形を探す
            if(sqrList.get(i).isInside(present))
                selected=i;
        }
        repaint();
    }

    public void mouseEntered(MouseEvent e) {}
    public void mouseExited(MouseEvent e) {}

    public void keyPressed(KeyEvent e) {
        if(e.getKeyChar()=='x'){
            if(selected>=0){
                sqrList.remove(selected);
                selected=-1;
            }
        }
        repaint();
    }

    public void keyReleased(KeyEvent e) {}
    public void keyTyped(KeyEvent e) {}
    private void initComponents() {}
}
```

プログラム 11.1.1 では、キー x が押されると、選択されている矩形が消去されるようになっています。押されたキーは KeyEvent.getKeyChar() で調べることができます。

11.2 マウスイベント処理の改良

今回のプログラムでは、マウスの取り扱いを少し追加しました。

まず、mouseMoved() メソッドを使って、マウスが動くたびに、その位置を present という位置に保存しています。この位置は、paint() メソッドの中で、アプレットの左上に表示されています。

前回のプログラムでは、マウスを単にクリックする、つまり押した直後に放すと、大きさがゼロの矩形が定義されていました。今回のプログラムでは、mouseReleases() メソッドの中で、マウスのクリックによって作成されてしまう大きさゼロの矩形を破棄するように改良しました。

大きさゼロの矩形が保存されないようにすることで、マウスのクリックを矩形の選択に使うよ

表 11.1: キーボートイベント

関数名	内容
keyPressed	この部分でキーが押されると呼び出される
keyReleases	この部分でキーが放されると呼び出される
keyTyped	この部分でキーがタイプされると呼び出される

うにしました。つまり、マウスをクリックすると、マウス位置を含む矩形を選択します。マウスクリックに対応する mouseClicked() メソッドから矩形の isInside() メソッドを呼ぶことで、どの矩形が選択されたかを調べます。選択された矩形を赤で表示することにします。

11.3　矩形を Vector に保存する

前回のプログラムでは、矩形は配列に保存されていました。配列を使う場合、その大きさを予め指定しなくてはなりません。また、途中の要素を削除してしまった場合には、前に詰めるなどの処理が必要になります。

今回は、要素に一列に並んだものを扱うクラス java.util.Vector を使うことにします。Vector を使うことで、要素の数の制限が無くなるとともに、途中の要素を削除することが容易にできます。

Vector は Java が有している Collection と呼ばれる汎用的クラスの一つです。Collection は、要素としてクラスのオブジェクトを持つことができます。つまり、java.util.Vector に保存できるものは、Object です。Object は Java のすべてのクラスに対応した最上位のクラスです。つまり、Vector には、どんなオブジェクトでも保存することができます。

Vector にどんなオブジェクトでも保存できるということは、便利なようですが、困った状況が発生する原因でもあります。Vector から取り出したモノが何だか予想ができないからです。

普通は、プログラムの作成者は、Vector に保存するオブジェクトの種類を知っています。誤って異なる種類のオブジェクトを保存してしまわないほうが良いでしょう。つまり、どういうクラスに属するオブジェクトを Vector の要素として持つことができるかを定めることで、プログラムの安全性を高めることができます。

矩形の一覧を保持する変数 sqrList に保存するのは、クラス MySquare のオブジェクトだけです。そこで、

```
private java.util.Vector<MySquare> sqrList=null;
```

と定義します。ここで java.util.Vector<MySquare>は、要素としてクラス MySquare のオブジェクトだけを持つことができることを示しています。ここに現れた<クラス名>を型パラメタと呼びます。

Vector への要素の追加は add メソッドで行います。上記のように保存するオブジェクトのクラスを指定することで、コンパイル時に、正しい種類のオブジェクトが保存されていることを確認することができます。異なるクラスのオブジェクトを sqrList に追加しようとすると、コンパイル時にエラーが発生します。

Vector から要素を得るには get メソッドを使います。保存されているオブジェクトのクラスが指定されていますので、戻り値が MySquare であることが分かります。

Vector から要素を削除するには、remove を使います。

図 11.3.1: ボタンのあるアプレット

演習 11.1 描いた全ての矩形を消去するボタンを追加しなさい (図 11.3.1)。

第12章　マウスを使った簡単なゲーム

12.1　15ゲーム

マウスイベントを使ったプログラムの応用例として、15 ゲームを作りましょう。15 ゲームはとてもポピュラーなゲーム (図 12.1.1) です。16 個のマスに、15 個の数字が書かれたピースがでたらめにならんでいます。一つの空いているマスを使いながら、この 15 個のピースを数字の順に並べかえるゲームです。

図 12.1.1: 15 ゲーム

ゲームのプログラムを書く際には、まず、ゲームのルールを整理する必要があります。15 ゲームの場合は、ピースの動かし方をプログラムに書ける精度まで詳しく表すことが必要です。

マウスで選んだピースの位置を (x, y) で表すことにします。x と y は、それぞれ 0 から 3 までの数字です。横方向は左端を 0 とします。縦方向は上端を 0 とします。このピースの隣が空いていれ

ば、ピースを空きに移動します。それ以外の場合には、ピースを動かすことはできません。

ピースの無い空きマスの座標を (x', y') としましょう。マウスで選んだピースの座標を (x, y) とピースの無い空きマスの座標が隣接しているときにだけピースを動かすことができます。この次の条件で表されます。

$$(|x - x'| = 1 \wedge y = y') \vee (x = x' \wedge |y - y'|) \tag{12.1.1}$$

15 ゲームの終りは、番号順にピースが並んだときです。一般の 15 ゲームでは、左上隅から右方向に数字を並べたり、下方向に並べたりと様々なゲームの終了を設定できます。しかし、ここでは、以下のように並んだところで終りにしましょう。左上隅に 1、そこから右に 4 まで、次の段の左から 5 から 8 まで、という順序に並んだところが終りとします。

左上隅の座標は $(0, 0)$ です。一番上の左から右へは、$(0, 0)$、$(1, 0)$、$(1, 0)$ そして $(3, 0)$ と x 座標だけが増えて行きます。二段目の左端は $(0, 1)$ で、再び x 座標だけが増えて、二段目右端は $(3, 1)$ となります。つまり、全てのマスに、その座標 (x, y) に対応して

$$4 * y + x + 1 \tag{12.1.2}$$

の数字のピースがあればゲームが終了になります。

12.2　ピースのクラス

まず、各ピース表すクラス `Piece` を作ります。このクラスは、ピースの番号 `k` と置かれている位置 `p` を保持しています。ピースの番号に 1 加えたものが、そのピースに付いている番号とします。

ピースの大きさは `Dimension` クラスの `dimension` で指定されています。従って、クラス `Point` で表される位置 `p` はこのピースの左上隅の画面上の座標を表します。位置 `p` は、前節で使った位置ではなく、画面の座標であることに注意してください。つまり、前節で座標 (x, y) にあるピースは、

$$\texttt{p.x} \quad = \quad \texttt{dimension.width} \times x \tag{12.2.1}$$

$$\texttt{p.y} \quad = \quad \texttt{dimension.height} \times y \tag{12.2.2}$$

に置かれています。

コンストラクタでは、ピースの番号と大きさを指定します。メソッド `setPoint()` でピースの置かれた位置を指定します。この時に、ピースとして描く矩形 `rect` の位置を移動しています。

ピースを実際に描くのは `draw()` メソッドです。矩形の中を塗りつぶし (`g.fill(rect)`)、後で矩形の枠を描いています (`g.draw(rect)`)。最後に数字を描きます。

ピースを選択するメソッドが `isSelected()` です。引数で指定された座標 `pp` がピースの内部であれば、`true` を、そうでなければ `false` を返します。

Program 12.2.1 Piace.java

```
import java.awt.*;

public class Piece {
    private Dimension dimension;
    private Point offset;
    private Rectangle rect;
    private int k=0;
    private Point p=null;
    private Font font;
    private int fontsize=20;

    public Piece(int k,Dimension dimension) {
        font = new Font("TimesRoman",Font.PLAIN,fontsize);
        this.k = k; this.dimension=dimension;
        p=new Point(0,0); offset=new Point(1,1);
        rect=new Rectangle(offset.x,offset.y,
                           dimension.width-2*offset.x, dimension.height-2*offset.y);
    }

    public int getValue(){return k;}

    public void setPoint(Point pp){
        int dx=pp.x-p.x;
        int dy=pp.y-p.y;
        p = pp; rect.translate(dx,dy);
    }

    public boolean isSelect(Point pp){
        boolean b=false;
        if((pp.x>p.x && pp.x<p.x+dimension.width) &&
                (pp.y>p.y && pp.y<p.y+dimension.height))b=true;
        return b;
    }

    public void draw(Graphics gg){
        Graphics2D g=(Graphics2D)gg;
        g.setColor(Color.pink); g.fill(rect);
        g.setColor(Color.BLACK); g.draw(rect);
        g.setFont(font);
        g.drawString(String.valueOf(k+1),
                p.x+dimension.width/2, p.y+dimension.height/2+fontsize/2);
    }
}
```

12.3　ゲーム全体のクラス

Program 12.3.1 Game.java

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;

public class Game extends javax.swing.JPanel
        implements MouseListener
        //マウスの動作を拾うためのインターフェイスの定義
{
    private Piece pieces[][];
    private int n=4;
    private Dimension d;
    private Point p=null;
    private Font font;
    /** Creates new form Game */
    public Game() {
        initComponents();
        //マウスの動作を拾うインターフェイスの登録
        addMouseListener(this);
        d=new Dimension(80,80);
        initialize();
        font = new Font("TimesRoman",Font.PLAIN,20);
    }

    public void initialize(){
        setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 204));
        int ids[]=mkRandomInt(n*n-1);
        pieces = new Piece[n][n];
        for(int i=0;i<n*n-1;i++){
            int x=i %n;
            int y=i/n;
            pieces[x][y]=new Piece(ids[i],d);
            pieces[x][y].setPoint(new Point(x*d.width,y*d.height));
        }
        repaint();
    }

    private int[] mkRandomInt(int m){
        int ids[]=new int[m];
        java.util.Vector<Integer> v=new java.util.Vector<Integer>();
        for(int i=0;i<m;i++)v.add((Integer)i);
        for(int i=0;i<m;i++){
            int len=v.size();
            int k=(int)(len*Math.random());
            int j=v.get(k);
            v.remove(k);
            ids[i]=j;
        }
        return ids;
    }
```

Program 12.3.2 Game.java 続き

```
    public void paint(Graphics g){
        super.paint(g);
        for(int j=0;j<n;j++)
            for(int i=0;i<n;i++){
            if(pieces[i][j]!=null)pieces[i][j].draw(g);
            }
    }

    public void mouseReleased(MouseEvent e) {}
    public void mousePressed(MouseEvent e) {}
    public void mouseExited(MouseEvent e) {}
    public void mouseEntered(MouseEvent e) {}

    public void mouseClicked(MouseEvent e) {
        p=new Point(e.getX(), e.getY());
        int x=-1;
        int y=-1;
        int xx=0;
        int yy=0;
        for(int j=0;j<n;j++){
            for(int i=0;i<n;i++){
                if(pieces[i][j]!=null){//マウスで選択したピースを見つける
                    if(pieces[i][j].isSelect(p)){x=i;y=j;}
                } else {
                    xx=i;yy=j;//ピースの無いマスの座標
                }
            }
        }
        if(x>=0 && y>=0){
            if((Math.abs(x-xx)==1 && Math.abs(y-yy)==0) ||
                    (Math.abs(x-xx)==0 && Math.abs(y-yy)==1)) {
                pieces[xx][yy]=pieces[x][y];
                pieces[x][y]=null;
                pieces[xx][yy].setPoint(new Point(xx*d.width,yy*d.height));
            }
        }
        if(isFinished())setBackground(Color.blue);
        repaint();
    }
```

ゲーム全体を表すクラスとして、Game を作ります。ゲームは、15 個のピースを描く Panel として作ることにします。これを後で、JApplet にはめ込むことにします。

ピースを生成して、でたらめな順番で並べるのが initialize() メソッドです。0 から 14 までの数字をでたらめに並べるメソッド mkRandomInt() を使っています。このメソッドの詳細は省略します。生成されたピースは 4×4 の配列 pieces に保存されています。配列 pieces のインデクスは位置 (x, y) $(x = 0, 1, 2, 3,\ y = 0, 1, 2, 3)$ を表します。

このゲームパネルの大きさは 320×320 とします。従って、一つ一つのピースは 80×80 になります。

Program 12.3.3 Game.java 続き

```
    private boolean isFinished(){
        boolean b=true;
        for(int j=0;j<n;j++){
            for(int i=0;i<n;i++){
                int k=n*j+i;
                if(pieces[i][j]!=null)
                    if(k!=pieces[i][j].getValue())b=false;
            }
        }
        return b;
    }


    private void initComponents() {

        setLayout(new java.awt.BorderLayout());

        setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 204));
        setMaximumSize(new java.awt.Dimension(320, 320));
        setMinimumSize(new java.awt.Dimension(320, 320));
        setPreferredSize(new java.awt.Dimension(320, 320));
    }
}
```

ピースの選択は、マウスクリックで行います。マウスクリックが発生したときの処理は mouseClicked() メソッドに記述します。まず、マウスイベントから、マウスクリックが発生した座標を読みだします。

```
p=new Point(e.getX(), e.getY());
```

座標は Point 型に保存します。この座標 p を内部とするピースを捜し出します。その座標が x と y になります。同時に、ピースの無いマスの座標 xx と yy も探します。これら座標は、0 から 3 までの数字です。

選択したピースの位置と、ピースの無いマスの位置から、選択したピースが動けるか否かを判定します。動ける場合には、ピースの無い場所にピースを移動します。

ゲームの終了判定は、isFinished() メソッドで行います。

12.4　全体の構成

全体を起動する JAppet をプログラム 12.4.1 に示す。ゲーム本体のパネル Game は

```
game=new Game();
getContentPane().add(game, java.awt.BorderLayout.CENTER);
```

によって、アプレットに貼り付けられている。

アプレットの上には、ボタン用のパネルがあり、start ボタンがある。このボタンを押すことで、ゲームが再初期化される。

Program 12.4.1 GameOf15.java

```
public class GameOf15 extends javax.swing.JApplet{
    private Game game;

    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        game=new Game();
        getContentPane().add(game, java.awt.BorderLayout.CENTER);
    }


    private void initComponents() {
        buttons = new javax.swing.JPanel();
        start = new javax.swing.JButton();

        buttons.setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 204));
        start.setBackground(new java.awt.Color(0, 255, 204));
        start.setText("START");
        start.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
                startActionPerformed(evt);
            }
        });

        buttons.add(start);

        getContentPane().add(buttons, java.awt.BorderLayout.NORTH);
    }

    private void startActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        game.initialize();
    }

    private javax.swing.JPanel buttons;
    private javax.swing.JButton start;
}
```

プログラム 12.4.2 には、アプレットを起動する html ファイルを示す。

Program 12.4.2 GameOf15.html

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN">

<html>
  <head>
    <meta http-equiv="content-type" content="text/html;charset=EUC-JP">
    <title>Game of 15</title>
  </head>
  <body>
  <h2>15 ゲーム</h2>
  <p>ピースを空いている部分に動かしながら、正しい順番に並べ直す。スタートボタンを押すと
  新しいゲームが始まる。</p>
  <object codetype="application/java" classid="java:GameOf15.class"
          width="320" height="380">
  </object>
  </body>
</html>
```

12.5　JFrame を使った方法

JApplet の代わりに JFrame の中にゲームを貼る例をプログラム 12.5.1 に示す。このように、することで、このゲームはスタンドアローンで実行できる形になる。

Program 12.5.1 GameOf15Frame.java

```
public class GameOf15Frame extends javax.swing.JFrame {
    private Game game;
    /** Creates new form BoardGameFrame */
    public GameOf15Frame() {
        initComponents();
        game=new Game();
        getContentPane().add(game, java.awt.BorderLayout.CENTER);
        pack();
    }

    private void initComponents() {
        buttons = new javax.swing.JPanel();
        start = new javax.swing.JButton();
        close = new javax.swing.JButton();

        setDefaultCloseOperation(javax.swing.WindowConstants.EXIT_ON_CLOSE);
        setTitle("Game of 15");
        buttons.setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 255));
        start.setBackground(new java.awt.Color(0, 255, 255));
        start.setText("START");
        start.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
                startActionPerformed(evt);
            }
        });

        buttons.add(start);

        close.setBackground(new java.awt.Color(0, 255, 255));
        close.setText("CLOSE");
        close.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
                closeActionPerformed(evt);
            }
        });

        buttons.add(close);

        getContentPane().add(buttons, java.awt.BorderLayout.NORTH);
    }
```

Program 12.5.2 GameOf15Frame.java 続き

```
    private void closeActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        this.dispose();
    }

    private void startActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        game.initialize();
    }

    public static void main(String args[]) {
        java.awt.EventQueue.invokeLater(new Runnable() {
            public void run() {
                new GameOf15Frame().setVisible(true);
            }
        });
    }

    private javax.swing.JPanel buttons;
    private javax.swing.JButton close;
    private javax.swing.JButton start;
}
```

第13章　再帰的関数

13.1　Sierpinski Gasket

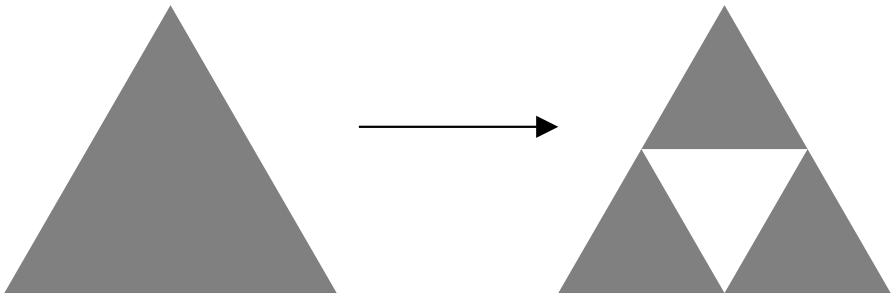


図 13.1.1: Sierpinski Gasket の一回の操作

Java アプレットを使った作図の最後に、フラクタル (fractal) 図形を描くプログラムを作りましょう。フラクタル図形とは、雪の結晶、海岸線の形、葉脈などのように、見る大きさを変えてみても同じような構造が繰り返し現れるような図形です。自然界には、様々なところにフラクタル図形を見出すことができます。自然の様々なところでフラクタル図形が現れることと、その生成機構の解明は、20 世紀の終わりから、様々な研究分野で注目されています。

Sierpinski Gasket は、簡単なフラクタル図形の一つです。それは以下のようにして定義されています。まず、一辺の長さが L である、正三角形を考えます。それを適当な色で塗りつぶしましょう。そこから、各辺の中点を結んでできる中心の三角形をくり抜きます。残った 3 個の一辺の長さ $L/2$ の各三角形について、上と同様に、中点を結ぶ三角形をくり抜く操作を行います。これを無限回繰り返した図形を Sierpinski Gasket と呼びます。毎回、普通の意味での面積が $3/4$ になりますから、無限回の操作で面積はゼロになってしまいます。しかし、残っている図形があります。つまり、通常の中が塗りつぶされているのではなく、すかすかに穴のあいた変な図形ができあがります。

任意の自然数 n に対して、上記の図形から一辺の長さ $2^{-n}L$ の三角形を取り出します。すると、真中に一辺の長さ $2^{-n-1}L$ の穴があいています。また、3 つの一辺の長さ $2^{-n-1}L$ にもそれぞれ一辺の長さ $2^{-n-2}L$ の穴があります。このように、見る長さを変えてみても、同じ構造が繰り返し現れます。これをスケール不変性 (scale invariance) と呼びます。

このような同じことの繰り返しをプログラムする方法の一つが再帰的関数の利用です。簡単な場合として階乗を考えましょう。自然数 n の階乗は

$$n! = n \times (n-1) \times \cdots \times 2 \times 1$$

Program 13.1.1 Sierpinski.java

```
/*
 * Sierpinski.java
 *
 * Created on 2005/01/11, 13:25
 */
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
/**
 *
 * @author  tadaki
 */
public class Sierpinski extends javax.swing.JPanel{
    private Image image=null;
    private int t=0;
    private double l=250.;
    private java.awt.geom.Point2D.Double points[];
    private Dimension imageSize;
    /** Creates new form Sierpinski */
    public Sierpinski() {
        initComponents();
        imageSize=new Dimension(300,300);
    }

    public void init_image(){
        //イメージの初期化
        image=this.createImage(imageSize.width,imageSize.height);
        Graphics g=image.getGraphics();
        g.setColor(getBackground());
        g.fillRect(0,0,imageSize.width,imageSize.height);
        //一番外側の正三角形
        points = new java.awt.geom.Point2D.Double[3];
        points[0]=new java.awt.geom.Point2D.Double(20.,20.);
        points[1]=new java.awt.geom.Point2D.Double(20+l,20.);
        points[2]=new java.awt.geom.Point2D.Double(20+l/2.,20.+0.5*l*Math.sqrt(3.));
    }
```

のようにも書けますが、

$$n! = n \times (n-1)!$$

のように、階乗自身を使って定義することができます。ただし、

$$0! = 1$$

という停止条件を付けなければなりません。

このように関数が、その関数自身で定義されている場合に、再帰的関数と呼びます。再帰的関数を定義する場合には、必ず停止条件が必要でであることに注意します。停止条件が無い場合、プログラムは暴走し、コンピュータの資源を使い果たします。

13.2 Sierpinski クラス

Sierpinski Gasket を描くクラスのプログラムをプログラム 13.1.1 に示します。これまでのプログラムでは、paint メソッドの中で、作図を直接行ってきました。この方法では、ウィンドウの重ね順が変更になった場合など、再描画が必要になる度に作図を行われていました。今回のプログラムでは、表示すべき図を image として、生成し、paint 内では、単にその image を表示するだけにして、作図が一度だけ行われるようにしています。

図の初期化は init_image で行われます。image が背景色で塗られた後、Sierpinski Gasket の一番外側の正三角形が定義されます。この段階では、作図は行われていません。

実際の作図は update_state で行われます。繰り返しの最大値は t です。実際の再帰関数は update_state_sub に記述されています。引数は、外側の正三角形の頂点と、繰り返し回数です。繰り返し回数が最大値未満ならば、内部の三つの三角形に対して、繰り返し回数を一つ増やして再帰呼び出しが行われます。繰り返し回数が最大値と一致すると、現在の正三角形を塗りつぶします。正三角形を描くメソッドは drawTriangle です。

メインのアプレットのプログラムをプログラム 13.2.1 に示します。繰り返しの上限が JComboBox を使った一覧から選択できるようになっています。繰り返しの上限を選択するたびに、新しい図形が描かれます。

Program 13.1.2 Sierpinski.java 続き

```
    public void update_state(){
        init_image();
        update_state_sub(points,0);
        repaint();
    }

    private void update_state_sub(java.awt.geom.Point2D.Double p[],int n){
        java.awt.geom.Point2D.Double pp[];
        pp=new java.awt.geom.Point2D.Double[3];
        if(n<t){
            //内部の 3 個の正三角形を再帰的に呼ぶ
            pp[0]=new java.awt.geom.Point2D.Double(p[0].x,p[0].y);
            pp[1]=new java.awt.geom.Point2D.Double((p[0].x+p[1].x)/2,
                                                   (p[0].y+p[1].y)/2);
            pp[2]=new java.awt.geom.Point2D.Double((p[0].x+p[2].x)/2,
                                                   (p[0].y+p[2].y)/2);
            update_state_sub(pp,n+1);

            pp[0]=new java.awt.geom.Point2D.Double((p[0].x+p[1].x)/2,
                                                   (p[0].y+p[1].y)/2);
            pp[1]=new java.awt.geom.Point2D.Double(p[1].x,p[1].y);
            pp[2]=new java.awt.geom.Point2D.Double((p[1].x+p[2].x)/2,
                                                   (p[1].y+p[2].y)/2);
            update_state_sub(pp,n+1);

            pp[0]=new java.awt.geom.Point2D.Double((p[0].x+p[2].x)/2,
                                                   (p[0].y+p[2].y)/2);
            pp[1]=new java.awt.geom.Point2D.Double((p[1].x+p[2].x)/2,
                                                   (p[1].y+p[2].y)/2);
            pp[2]=new java.awt.geom.Point2D.Double(p[2].x,p[2].y);
            update_state_sub(pp,n+1);
        } else {
            //実際に三角形を描く
            Graphics g=image.getGraphics();
            drawTriangle(getForeground(),(java.awt.Graphics2D)g,p);
        }
    }
```

Program 13.1.3 Sierpinski.java 続き

```
    public void setInit(int t){this.t=t;update_state();}

    public void paint(Graphics g){
        super.paint(g);
        if(image==null)return;
        g.drawImage(image,0,0,imageSize.width,imageSize.height,this);
    }

    private void drawTriangle(Color cl,java.awt.Graphics2D g,
    java.awt.geom.Point2D.Double p[]){
        g.setColor(cl);
        java.awt.Polygon polygon=new java.awt.Polygon();
        for(int i=0;i<p.length;i++){
            polygon.addPoint((int)p[i].x,(int)p[i].y);
        }
        g.fillPolygon(polygon);
    }
    /** This method is called from within the constructor to
     * initialize the form.
     * WARNING: Do NOT modify this code. The content of this method is
     * always regenerated by the Form Editor.
     */
    private void initComponents() {//GEN-BEGIN:initComponents

        setLayout(new java.awt.BorderLayout());

        setBackground(new java.awt.Color(255, 255, 204));
        setForeground(new java.awt.Color(255, 0, 0));
    }//GEN-END:initComponents


    // Variables declaration - do not modify//GEN-BEGIN:variables
    // End of variables declaration//GEN-END:variables
}
```

Program 13.2.1 SierpinskiGasket.java

```
/*
 * SierpinskiGasket.java
 *
 * Created on 2005/01/11, 13:23
 */

/**
 *
 * @author  tadaki
 */
public class SierpinskiGasket extends javax.swing.JApplet {
    private Sierpinski sierpinski=null;
    /** Initializes the applet SierpinskiGasket */
    public void init() {
        initComponents();
        sierpinski=new Sierpinski();
        sierpinski.setPreferredSize(new java.awt.Dimension(300,300));
        sierpinski.setVisible(true);
        getContentPane().add(sierpinski,java.awt.BorderLayout.CENTER);
        for(int i=0;i<10;i++)
            repeat.addItem(String.valueOf(i));
        sierpinski.setInit(0);
    }
```

Program 13.2.2 SierpinskiGasket.java 続き

```
    /** This method is called from within the init() method to
     * initialize the form.
     * WARNING: Do NOT modify this code. The content of this method is
     * always regenerated by the Form Editor.
     */
    private void initComponents() {//GEN-BEGIN:initComponents
        buttons = new javax.swing.JPanel();
        repeat = new javax.swing.JComboBox();

        buttons.setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 204));
        repeat.setBackground(new java.awt.Color(0, 204, 204));
        repeat.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
                repeatActionPerformed(evt);
            }
        });

        buttons.add(repeat);

        getContentPane().add(buttons, java.awt.BorderLayout.NORTH);

    }//GEN-END:initComponents

    private void repeatActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    //GEN-FIRST:event_repeatActionPerformed
        int t=repeat.getSelectedIndex();
        sierpinski.setInit(t);
        repaint();
    }//GEN-LAST:event_repeatActionPerformed


    // Variables declaration - do not modify//GEN-BEGIN:variables
    private javax.swing.JPanel buttons;
    private javax.swing.JComboBox repeat;
    // End of variables declaration//GEN-END:variables

}
```

第14章　階層化されたグラフィカルユーザインターフェイス

14.1　スライダー

Program 14.1.1 SliderSample.java

```
public class SliderSample extends javax.swing.JApplet
        implements javax.swing.event.ChangeListener{

    /** Initializes the applet SliderSample */
    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        //slider の変換のイベントを登録する
        slider.addChangeListener(this);
    }

    public void stateChanged(javax.swing.event.ChangeEvent e) {
        label.setText(String.valueOf(slider.getValue()));
        repaint();
    }
```

GUI (Graphical User Interface) の一つとして、スライダーを考えましょう。これは、マウスでスライドバーを操作することで、数値を入力するインターフェイスです。例を図 14.1.1 に示します。スライダーで選択した数値が表示されます。

プログラム 14.1.1 がそのソースです。JSlider で発生するイベントを拾うためのインターフェイス javax.swing.event.ChangeListenerがアプレットに追加されています。スライダーのインスタンス slider—に対して、インターフェイスが登録されます。

```
slider.addChangeListener(this);
```

スライダーで発生したイベントに対応する動作はメソッド stateChanged で定義されます。

Program 14.1.2 SliderSample.java つづき

```
    private void initComponents() {
        label = new javax.swing.JLabel();
        slider = new javax.swing.JSlider();

        label.setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 204));
        label.setOpaque(true);
        getContentPane().add(label, java.awt.BorderLayout.CENTER);

        slider.setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 255));
        slider.setMaximum(255);
        getContentPane().add(slider, java.awt.BorderLayout.SOUTH);

    }


    private javax.swing.JLabel label;
    private javax.swing.JSlider slider;
}
```

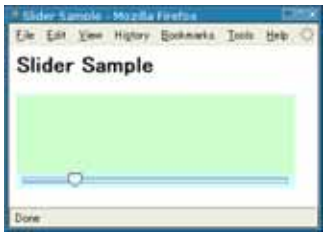


図 14.1.1: JSlider の例

```
    public void stateChanged(javax.swing.event.ChangeEvent e) {
        label.setText(String.valueOf(slider.getValue()));
        repaint();
    }
```

このように、スライダーを使った GUI の構築は

- インターフェイスの登録
- スライダーへのインターフェイス追加
- イベントに対応した動作の記述

の 3 段階で記述することができます。

14.2 RGB カラーを制御する

多くの GUI 環境と同様に、Java でも色は RGB (Red Green Blue) の 3 色で指定することができます。それぞれの成分は 0 から 255 までの整数で指定します。それぞれの成分をスライダーで設定することにします。

0 から 255 までの値を設定できる 3 つのスライダーを作り、イベントが起こるたびにそれぞれからの値を読み出すことで、そうした動きをするアプレットを作ることは可能です。しかし、ここでは、3 つのスライダーを一つのスライダーのように扱うことを考えます。全体の構成を図 14.2.1 に示します。

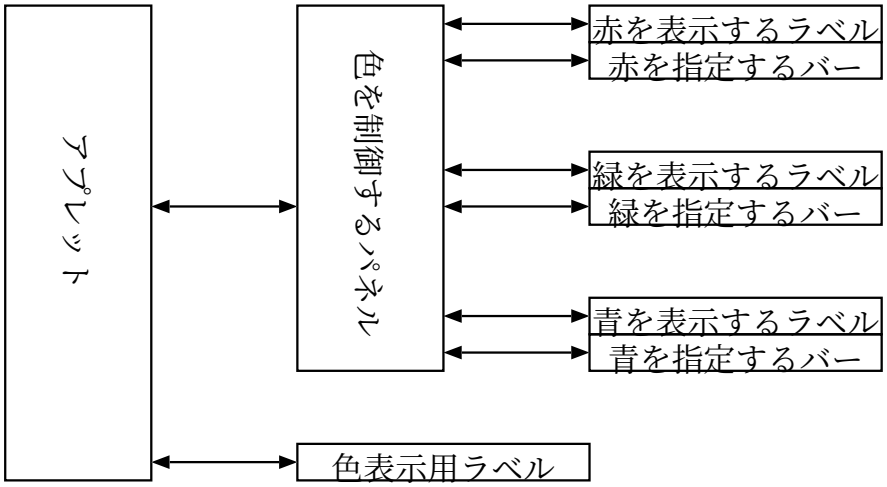


図 14.2.1: RGB カラーを制御するためのシステム概要

まず、3 つのスライダーを使って、色成分を設定するクラス `RGBColor` を作ります。このクラスは、`JPanel` 内に各色成分の名称を表すラベル (`JLabel`) とスライダー (`JSlider`) がそれぞれ 3 つずつ入っています。配置にはグリッドレイアウト (`GridLayout`) が使われています。各スライダーは値の範囲を 0 から 255 とします。これらの設定は、IDE のフォームエディタで行います。

各スライダーで発生するイベント `javax.swing.event.ChangeEvent` に対応したメソッドを `colorStateChanged` に記述します。どの色が変わっても、一つのメソッドが呼ばれます。

このメソッドの中で、それぞれのスライダーから数値を読み (`getValue()`)、色 (`rgb`) と成分を表す文字列 (`rgbvalue`) を生成します。

スライダーには、数値が変更になった際にそのイベントを伝えるためのリスナーを定義することができます。いま作成しているクラスにも同等の機能を持たせることで、3 つのスライダーを一つのように見せましょう。そのために、リスナー (`javax.swing.event.ChangeListener`) を登録することにします。リスナーを保持する変数 `listener` を定義するとともに、登録用メソッド `addChangeListener` を作成します。

スライダーの値が変更になった際には、このリスナーにイベントを伝えます。このイベントに対してどのように反応するかは定義しません。

更に、このクラスから、今の色情報を得るために、二つのメソッド getrgb() と toString() を用意します。

```
public java.awt.Color getrgb(){return rgb;}
public String toString(){return rgbvalue;}
```

14.3　RGBColor を使う

図 14.3.1: ColorSample

前節で定義したクラス RGBColor は、スライダーのように使うことが可能です。メインのアプレットをプログラム 14.3.1 に示します。また表示例を図 14.3.1 に示します。

クラス RGBColor のインスタンス rgbColor にリスナーが追加されます。

```
rgbColor.addChangeListener(this);
```

これに対応したメソッドが定義されます。

```
public void stateChanged(javax.swing.event.ChangeEvent e) {
    colorLabel.setText(rgbColor.toString());
    colorLabel.setBackground(rgbColor.getrgb());
    repaint();
}
```

Program 14.2.1 RGBColor.java

```
public class RGBColor extends javax.swing.JPanel
{
    private java.awt.Color rgb;
    private String rgbvalue;
    private javax.swing.event.ChangeListener listener;
    /** Creates new form RGBColor */
    public RGBColor() {
        initComponents();
    }

    private void initComponents() {
        rl = new javax.swing.JLabel();
        r = new javax.swing.JSlider();
        gl = new javax.swing.JLabel();
        g = new javax.swing.JSlider();
        bl = new javax.swing.JLabel();
        b = new javax.swing.JSlider();

        setLayout(new java.awt.GridLayout(3, 2));

        setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 204));
        rl.setText("Red");
        add(rl);

        r.setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 204));
        r.setMaximum(255);
        r.addChangeListener(new javax.swing.event.ChangeListener() {
            public void stateChanged(javax.swing.event.ChangeEvent evt) {
                colorStateChanged(evt);
            }
        });

        add(r);

        gl.setText("Green");
        add(gl);

        g.setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 204));
        g.setMaximum(255);
        g.addChangeListener(new javax.swing.event.ChangeListener() {
            public void stateChanged(javax.swing.event.ChangeEvent evt) {
                colorStateChanged(evt);
            }
        });

        add(g);
```

Program 14.2.2 RGBColor.java つづき

```
        bl.setText("Blue");
        add(bl);

        b.setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 204));
        b.setMaximum(255);
        b.addChangeListener(new javax.swing.event.ChangeListener() {
            public void stateChanged(javax.swing.event.ChangeEvent evt) {
                colorStateChanged(evt);
            }
        });

        add(b);
    }

    private void colorStateChanged(javax.swing.event.ChangeEvent evt) {
        rgb=new java.awt.Color(r.getValue(),g.getValue(),b.getValue());
        rgbvalue="["+String.valueOf(r.getValue())+","
                    +String.valueOf(g.getValue())+","
                    +String.valueOf(b.getValue())+"]";
        if(listener!=null)
            listener.stateChanged(evt);
    }

    public void addChangeListener(javax.swing.event.ChangeListener listener){
        this.listener=listener;
    }

    public java.awt.Color getrgb(){return rgb;}
    public String toString(){return rgbvalue;}

    private javax.swing.JSlider b;
    private javax.swing.JLabel bl;
    private javax.swing.JSlider g;
    private javax.swing.JLabel gl;
    private javax.swing.JSlider r;
    private javax.swing.JLabel rl;
}
```

Program 14.3.1 ColorSample.java

```
public class ColorSample extends javax.swing.JApplet
        implements javax.swing.event.ChangeListener{
    private RGBColor rgbColor;
    /** Initializes the applet ColorSample */
    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        rgbColor=new RGBColor();
        getContentPane().add(rgbColor, java.awt.BorderLayout.NORTH);
        rgbColor.addChangeListener(this);
    }

    public void stateChanged(javax.swing.event.ChangeEvent e) {
        colorLabel.setText(rgbColor.toString());
        colorLabel.setBackground(rgbColor.getrgb());
        repaint();
    }

    private void initComponents() {
        colorLabel = new javax.swing.JLabel();

        colorLabel.setOpaque(true);
        getContentPane().add(colorLabel, java.awt.BorderLayout.CENTER);

    }

    private javax.swing.JLabel colorLabel;
}
```

第15章　まとめ

15.1　セルオートマトン

最後に、簡単なシミュレーションプログラムを作りましょう。ここでは、セルオートマトン (Cellular Automaton) のシミュレーションを扱います。

セルオートマトンは、複雑なパターンの生成を簡単な代数法則で作ることが出来るモデルです。空間的時間的に離散な規則を記述するため、様々な状況を簡単にモデル化することができます。そのため、自然科学、工学、社会科学など広い分野で利用されています。

ここでは、もっとも簡単なセルオートマトンを扱います。1 次元の格子を考えます。各格子点は $\{0, 1, \ldots, k-1\}$ の値を取るとします。各時刻で、各格子の値 s_i(i は格子の番号) は、直前の時刻のその格子の値と、距離 r の範囲の格子の値で計算されるとします。

$$s_i(t+1) = F\left(s_{i-r}(t), s_{i-r+1}(t), \ldots, s_i(t), \ldots, s_{i+r}(t)\right) \tag{15.1.1}$$

全ての格子の値は同時に更新されます。

もっとも簡単な場合、$k = 2$ かつ $r = 1$ の場合を考えます。つまり、各格子は 0 または 1 を値として取り、隣接する格子と自分との値によって次の時刻の値を決定します。このようなセルオートマトンは、S. Wolfram によって基本セルオートマトンと名付けられ、詳細に研究されました。

状態変更規則は、隣接する格子と自分との値の 3 個の 0 または 1 の組に対して、0 または 1 を割り振ることで記述されます。隣接する格子と自分との値の 3 個の 0 または 1 の組を 2 進数と考えると、8 種類の整数に対応します。8 個の整数に 0 または 1 を割り振るので、$2^8 = 256$ 通りの割り振り方があります。この 256 個の割り振り方を規則の番号と呼ぶことにします。

例えば交通渋滞のモデルに使われる 184 という規則を考えます。184 を 2 進表現します。

$$184 = (10111000)_2 \tag{15.1.2}$$

これは、次のような規則として考えます。

$$\left(\frac{000}{0}, \frac{001}{0}, \frac{010}{0}, \frac{011}{1}, \frac{100}{1}, \frac{101}{1}, \frac{110}{0}, \frac{111}{1}\right) \tag{15.1.3}$$

上の段は直前の隣接格子と自分の状態、下の段は次の時刻での状態を表します。

今回は、10 進数の数値を与えると、0 と 1 がでたらめになった初期状態から、系の状態が発展する様子をシミュレーションしましょう。

15.2 CAdefクラス

セルオートマトンのクラスを定義する Java プログラムをプログラム 15.2.1 に示します。このクラスでは、セルオートマトンの動作を定義すると同時に、JPanel に状態を表示します。

Program 15.2.1 CAdef.java

```
import java.awt.*;

public class CAdef extends javax.swing.JPanel {
    private int t;
    private int rule[]=new int[8];//状態更新規則の配列
    final private int s=2;          //サイトの大きさ
    final private int n=300;        //系のサイズ
    final private int tmax=200;     //時間の上限
    private int site[];
    private int sited[];
    private Dimension imageSize;
    private java.awt.Image image=null;

    /** Creates new form CAdef */
    public CAdef() {
        initComponents();
        site=new int[n];
        sited=new int[n];
        imageSize = new Dimension(500,500);
        setPreferredSize(imageSize);
        clear();
    }

    private void cainit(){//初期状態生成
        for(int i=0;i<n;i++){site[i]=(int)(2*Math.random());}
    }

    public void clear(){
        image=this.createImage(imageSize.width,imageSize.height);
        if(image==null){
            System.out.println("null image");return;
        }
        Graphics g=image.getGraphics();
        g.setColor(getBackground());
        g.fillRect(0,0,imageSize.width,imageSize.height);
        t=0;
    }
```

クラス定義の始めにある

```
final private int s=2;          //サイトの大きさ
final private int n=300;        //系のサイズ
final private int tmax=200;     //時間の上限
```

は各状態の表示を 2 ピクセルの正方形で表すこと、格子の総数が 300 であること、及び 200 回の更新で一画面とすることを定義しています。キーワード `final` は、これらが定数であることを示

しています。なお、系の左右の両端は繋がっていて、輪になっています。このような境界を周期境界 (periodic boundary) と呼びます。

10 進数で与えられた更新規則はメソッド `mkrule` によって、大きさ 8 の配列に 0 と 1 を入れることで保存されます。また、規則の変更は `chrule` によって行われます。

状態の更新は、このクラスのオブジェクトに対して `updatestate` を行うことで駆動されます。`updatestate` では、状態更新の後、`image` へ図を作成します。

15.3 WolframCA クラス

プログラム 15.3.1 に、セルオートマトンのシミュレーションを行うメインの部分を示す。

アプレットの初期化 (`init`) において、スタート及びストップを行うボタン、状態変更規則を行うチョイス及び現在選択されている状態を示すラベルを生成します。

実際にシミュレーションを行う場合、シミュレーションの途中で停止させたり、再開させる必要がある場合があります。その場合には、ここでのプログラムのように、スレッドとしてシミュレーションを別に実行するようにします。実行例を図 15.3.1 に示す。

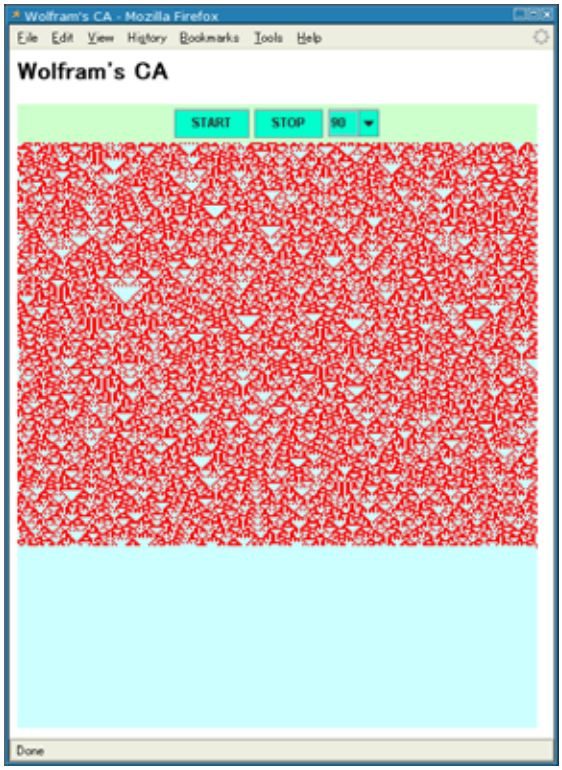


図 15.3.1: Wolfram のセルオートマトン

Program 15.2.2 CAdef.java の続き

```
    public void updatestate(){
        System.out.println(t);
        int in = 4*site[n-1]+2*site[0]+site[1];
        sited[0]=rule[in];
        for(int i=1;i<n-1;i++){
            in = 4*site[i-1]+2*site[i]+site[i+1];
            sited[i]=rule[in];
        }
        in = 4*site[n-2]+2*site[n-1]+site[0];
        sited[n-1]=rule[in];
        for(int i=0;i<n;i++)site[i]=sited[i];
        if(image!=null){
            Graphics g=image.getGraphics();
            g.setColor(getForeground());
            for(int i=0;i<n;i++)
                if(site[i]==1)
                    g.fillRect(s*i,s*t,s,s);
        }
        t++;
        t=t%tmax;
        if(t==0)clear();
    }
    private void mkrule(int r){//状態変更規則生成
        int m;
        for(int i=0;i<8;i++)rule[i]=0;
        int i=0;
        while(r!=0){
            m=r%2;
            rule[i]=m;
            r=r/2;  i++;
        }
    }

    public void paint(Graphics g){
        super.paint(g);
        if(image==null)return;
        g.drawImage(image,0,0,imageSize.width,imageSize.height,this);
    }

    public void initialize(){t=0;}

    public void chrule(int r){
        mkrule(r);  t=0; cainit();
    }

    private void initComponents() {
        setLayout(new java.awt.BorderLayout());

        setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 255));
        setForeground(new java.awt.Color(255, 0, 0));
    }
}
```

Program 15.3.1 WolframCA.java

```
/*
 * WolframCA.java
 *
 * Created on 2005/01/12, 18:13
 */
import java.awt.*;
/**
 *
 * @author  tadaki
 */
public class WolframCA extends javax.swing.JApplet
implements Runnable{
    private Thread runner;
    private int rr=90;
    private boolean started=false;
    private CAdef ca;
    /** Initializes the applet WolframCA */
    public void init() {
        try {
            java.awt.EventQueue.invokeAndWait(new Runnable() {
                public void run() {
                    initComponents();
                }
            });
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
        ca=new CAdef();
        ca.setVisible(true);
        getContentPane().add(ca, java.awt.BorderLayout.CENTER);
        MkRules();
    }
```

Program 15.3.2 WolframCA.java 続き

```
public void start(){
    if(runner==null){
        runner=new Thread(this);runner.start();
    }
}

public void stop(){
    runner=null;
}
public void run() {
    while(true){
        if(started)ca.updatestate();
        repaint();
        try   {Thread.sleep(50);}
        catch (InterruptedException e){}
    }
}

private void MkRules(){//状態変更規則の選択
    for(int i=1;i<256;i++){
        ruleChoice.addItem(String.valueOf(i));
    }
    rr=90;
    ruleChoice.setSelectedIndex(rr-1);
    ca.chrule(rr);
    ca.clear();
}

private void ruleChoiceActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {/
    rr=ruleChoice.getSelectedIndex()+1;
}

private void stopActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {]
    started=false;
    stop();
}

private void startActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    ca.chrule(rr);
    ca.clear();
    started=true;
    start();
}
```

Program 15.3.3 WolframCA.java 続き 2

```
    private void initComponents() {
        jPanel1 = new javax.swing.JPanel();
        start = new javax.swing.JButton();
        stop = new javax.swing.JButton();
        ruleChoice = new javax.swing.JComboBox();

        jPanel1.setBackground(new java.awt.Color(204, 255, 204));
        start.setBackground(new java.awt.Color(0, 255, 204));
        start.setText("START");
        start.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
                startActionPerformed(evt);
            }
        });

        jPanel1.add(start);

        stop.setBackground(new java.awt.Color(0, 255, 204));
        stop.setText("STOP");
        stop.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
                stopActionPerformed(evt);
            }
        });

        jPanel1.add(stop);

        ruleChoice.setBackground(new java.awt.Color(0, 255, 204));
        ruleChoice.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
                ruleChoiceActionPerformed(evt);
            }
        });

        jPanel1.add(ruleChoice);

        getContentPane().add(jPanel1, java.awt.BorderLayout.NORTH);

    }

    private javax.swing.JPanel jPanel1;
    private javax.swing.JComboBox ruleChoice;
    private javax.swing.JButton start;
    private javax.swing.JButton stop;
}
```