

4. 微分方程式

2016/10/31

1 作図環境の整備

数値実験やシミュレーションの結果は、レポートや論文に図として張り込むことができなければなりません。コンピュータを自由に使うことが出来なかった時期には、データを紙に印刷し、それを手でプロットしたものを清書していました。現在では様々なデータプロットツールが利用できます。実験では、30年近くも多くのOS上で利用され続けている `gnuplot` (<http://www.gnuplot.info/>) を利用することにします。

1.1 `gnuplot` のインストール

- `gnuplot` が自分のPCにインストールされているかを確認し、インストールされていない場合、以下の作業を行う。OSのビット長に注意すること。
- <http://aoba.cc.saga-u.ac.jp/local/> から `gp467-win32-setup.exe` または `gp467-win64-setup.exe` をダウンロードする。
- ダウンロードしたファイルをダブルクリックし、インストールを実行する。
- 途中の「追加タスクの選択」において、「実行ファイルのディレクトリをPATH環境変数に追加する」にチェックをするのを忘れないようにしましょう。

続いて、簡単なテストをしましょう。インストールした `gnuplot` を起動します。アプリケーションの一覧から起動できない場合には

```
C:\Program Files\gnuplot\bin\wgnuplot.exe
```

を起動します。起動後、

```
plot sin(x)
```

と入力すると、正弦関数 `sin` の波形が描画されるはずです。

2 共通のライブラリの準備

この実験では、Java を使ってモデルを実装します。その際に、ファイルへの出力や新しいリストの生成など、同じような処理を何度も行います。そのような共通の処理をライブラリにまとめたものをインストールしておきましょう。

- Netbeans を用いて、新しいプロジェクト MyLib を作成します。デフォルトでは、`$HOME\Documents\NetBeansProjects` の下に作ります。
- `http://aoba.cc.saga-u.ac.jp/lecture/ModelingAndSimulation/javasrc/MyLib/src.zip` をダウンロードして、ダブルクリックして解凍します。これらのファイルを `$HOME\Documents\NetBeansProjects\MyLib\src` の下に置きます。
- プロジェクトをビルドします。
`$HOME\Documents\NetBeansProjects\MyLib\dist\MyLib.jar` ができていることを確認します。

MyLib には以下のようなクラス、メソッドが含まれています。

myLib.gui

DrawPanelBase:描画を行うための抽象クラス。

主要メソッドは以下の通り

`public void mkImage():`描画内容を記述する抽象メソッド。必ず実装しなければならない。

`public void saveImage(String filename)`
throws `IOException`:ファイルへ描画したイメージを保存するメソッド。

myLib.rungeKutta

DifferentialEquation:微分方程式を表すインターフェイス。

メソッド `double[] derivatives(double x, double y[])` を実装しなければならない。

RungeKutta:4 次の Runge Kutta 法で微分方程式を解くクラス。二つのメソッド

`static double[] rk4(double x, double y[], double h,`
`DifferentialEquation eq)`

と

```
double[][] rkDumb(double vstart[], double x1, double x2,
int nstep, DifferentialEquation eq)
```

を有する。

Dynamics:具体的な微分方程式で表される系に対応する抽象クラス。

myLib.utils.FileIO:ファイル入出力用のライブラリ

```
BufferedWriter openWriter(String filename)
```

throws IOException:ファイル名を指定して writer を開く

```
void writeSSV(BufferedWriter out, Object... objects)
```

throws IOException:out へ向けて、objects で指定された対象物の列
をスペース区切りで出力する

myLib.utils.Util:その他の便利なもの

```
List<T> createList():クラス T の空のリスト生成
```

```
int[] createRandomNumberList(int max)0 から max-1 までの整数のでた  
らめな並びの生成
```

3 Euler 法による重力中の粒子運動のシミュレーション

Euler 法の例として、重力中の粒子運動のシミュレーションを行います。その準備として

- Netbeans を用いて、新しいプロジェクト DifferentialEquation を作成します。
- <http://aoba.cc.saga-u.ac.jp/lecture/ModelingAndSimulation/javasrc/DifferentialEquation/EulerMethod.zip> をダウンロードします。
- ダウンロードを解凍し、プロジェクトのソースファイルの下にフォルダごと置きます。
- Euler 法で時間 h だけシステムを進めるクラス Euler.java を確認します。
- Euler 法で調和振動子のシミュレーションを行うクラス ThrowBallEuler.java の微分方程式部分を記述します。
- プロジェクトウィンドウ内の「ライブラリ」を右クリックし、「jar/フォルダの追加」から MyLib.jar を追加します。
- ビルドできることを確認しましょう。

課題1 クラス Euler.java に、一般的な Euler 法が書かれていることを確認しなさい。

課題2 クラス ThrowBallEuler.java に、調和振動子の微分方程式

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0$$
$$\frac{d^2y}{dt^2} = -g$$

が記述されていることを確認しなさい。

続いて、以下の手順で実行します。

- プロジェクトウィンドウ内のクラス ThrowBallEuler を右クリックし、メニュー内の「クラスを実行」によって実行します。
- \$HOME\Documents\NetBeansProjects\DifferentialEquation のしたに ThrowBallEuler-output.txt ができていることを確認します。

クラス ThrowBallEuler の main メソッドを見てみましょう。

```
String className = ThrowBallEuler.class.getSimpleName();
```

によって、クラス ThrowBallEuler の名前を文字列 className に保存しています。出力用のファイルは

```
BufferedWriter out = FileIO.openWriter(className+"-output.txt");
```

で、クラス名の後ろに-output.txt を追加して、命名しています。

```
set terminal png 14
set xlabel "x"
set ylabel "y"
set title "ThrowBallEuler"
set output "ThrowBallEuler.png"
plot "ThrowBallEuler-output.txt" ps 2
```

Program 3.1: throwBallEuler.plt

最後に、結果を出力しましょう。gnuplot は、作図作業命令をファイルに保存することができます。\$HOME\Documents\NetBeansProjects\DifferentialEquation に throwBallEuler.plt を Program 3.1 の内容で作成します。

NetBeans はテキストエディタとしても利用できます。Program 3.1 を NetBeans を使って作成しましょう。プロジェクトが表示されている左のスペースにある「ファイル」というタブを開けます。対象となるフォルダで、マウス右ボタンを押し、「新規」を選びます。ファイルの種類を選ぶところから「その他」「空のファイル」を選び、ファイルを作成します。拡張子の指定を忘れないようにしてください。あとは、マウス右ボタンで「開く」を選択することで、編集を開始することができます。

課題3 シミュレーションの結果をグラフにしてください。

このファイルをダブルクリックすると、ファイル `ThrowBallEuler-output.txt` からデータを読みだしてプロットするします。結果を確認しましょう。

出力ファイルが作成されない場合は、`throwBallEuler.plt` に誤りがあることが考えられます。そのような場合には、エクスプローラで、`throwBallEuler.plt` があるディレクトリに移動し、PATH 表示部分でマウスをクリックして PATH の文字列を反転させます (図 1)。その状態で `cmd` とタイプしリターンすることで、コマンドプロンプトを開きます。そこで、

```
gnuplot throwBallEuler.plt
```

とタイプすることで、エラーを含め出力することができます。

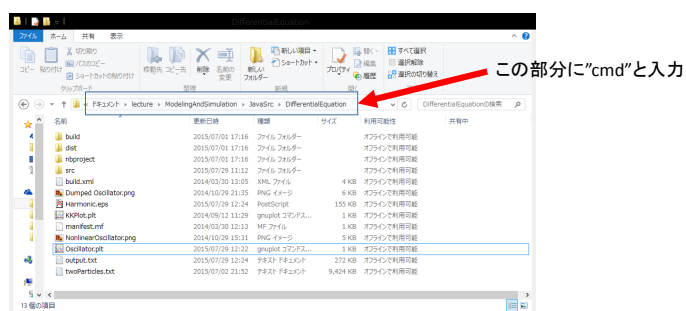


図 1: エクスプローラからコマンドプロンプトを開く。