

ActionScript を用いた地震応答シミュレーション教材の開発のすすめ  
Development of ActionScript simulation teaching material on Earthquake Response

部門別番号. 部門 - 細分類別番号. 細分類  
教材開発 ActionScript Flash  
E ラーニング 防災教育 ぶるる

正会員 ○鶴田 康介\*  
正会員 福和 伸夫\*\*

TSURUTA Yosuke  
FUKUWA Nobuo

## 1.はじめに

平成 18 年 4 月 21 日に中央防災会議で決定された「災害被害を軽減する国民運動の推進に関する基本方針」では、自助、共助、公助の取り組みによる継続的な国民運動を進めるための基本的な視点が示された。ここでは正しい知識を魅力的な形でわかりやすく提供することが 1 つの柱として掲げられ、防災教育の充実が求められている。減災のための具体的な取り組みを個人や家庭、地域、企業などがそれぞれ自主的に行っていくためには、災害をイメージし、現状を把握するための質の高い教材が必要である。また、最近では免震、制震技術の普及に加えて長周期地震動の問題等、建築設計において建物や地盤の振動性状の理解が不可欠になってきており、大学生や建築技術者に対するわかりやすい振動論教育のニーズが高まっている。しかし、振動現象は時々刻々と変化する現象のため、従来の教科書学習だけでは感覚的な理解が難しい。数式やグラフを見て実際の揺れをイメージできるレベルへ促すための教育が必要である。

このような現状から、地盤や建物の振動や家具の転倒等、地震被害に関する様々な現象をイメージする能力を高めるための防災教育コンテンツの開発が研究者に求められていると考えられる。そこで、筆者らはこれまでに数多くの振動実験教材やビデオ教材の開発・公開ならびにそれを活用した防災意識啓発活動を行ってきた<sup>1)</sup>。またこれら開発した教材が全国の自治体・大学・ボランティア団体等で使われ、実験をしながら耐震化の効果を体感学習する教育・啓発が行われており、防災活動の国民運動につながりはじめている。こうした活動を通じ、動的な物理現象を理解するために様々な実験を繰り返し見せることは非常に効果的だという知見を得たが、新たな課題も出てきた。実際の教育・啓発の現場では時間的、経済的な制約や安全性の問題により限られた実験しかできず、模型等の教材では再現しにくいことが多い。また、

広く一般に発信するためには、教育・啓発を担う人材がたくさん必要になる。こうしたニーズに対応するため、ブロードバンドの普及と共に近年急速に発展している Web 技術に注目した。

ブロードバンド環境の普及と共に大きく進展している Web 技術は、文字・静止画・動画・音声など、様々な形態の情報を統合して扱いつつ、利用者の操作に応じて情報の表示や再生の仕方に変化が生まれるインタラクティブ性を備えるマルチメディア利用の幅を拡大している。数々の Web サイトがマルチメディア化するに伴い、こうしたコンテンツを開発するのに必要な技術やコストがここ数年で劇的に軽減され、質の高い動的なマルチメディア教材を比較的簡単に作成できるようになった。そこで筆者らは、短期間に、安価で良質なマルチメディアコンテンツを開発ができる Flash (アドビシステムズ社) の ActionScript に注目し、これを用いて Web ブラウザ上で可能な計算機シミュレーション教材を開発してきた<sup>2)</sup>。ここでは、コンピューター負荷が高くマルチメディア性を備えたプログラムを Web 上で実現可能にした本研究の手法と、その手法で開発した教材例を紹介する。

## 2.ActionScript を用いた教材開発

インタラクティブなシミュレーターを実現するには、解析実行中逐次計算を強いることになる。こういったコンピューター負荷の高いプログラムの場合、一般的には、Web から各自のコンピューターにソフトウェアをダウンロードしてインストールするのが一般的である。しかしこれでは手軽さが失われ、利用されるまでのハードルが上がってしまう。また、Web を通じて広い範囲で利用されることを目標に置くため、教材はできる限り一般的な環境下で利用できるのが望ましい。そこで、本研究では教材開発に Flash の開発環境を採用した(図 1)。Flash で作成されたアプリケーションを利用するには Flash

\* 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生

\*\* 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

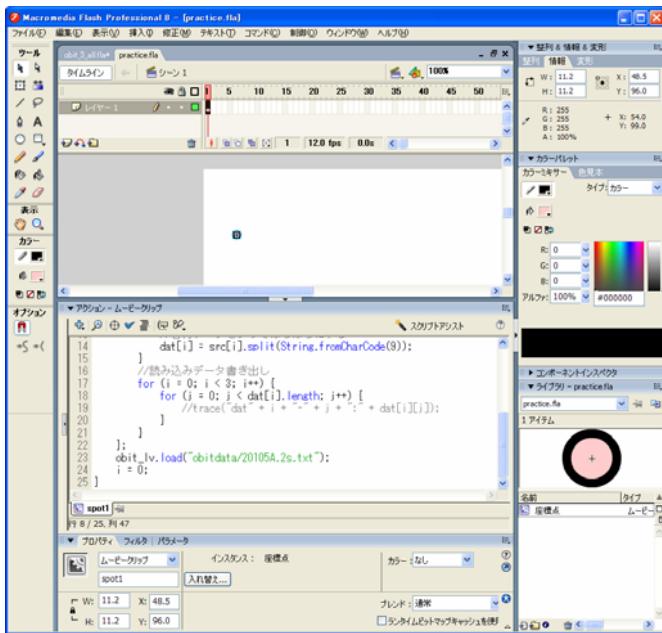


図 1 Flash の開発環境

Player が必要であるが、今やインターネットに接続されたパソコンの約 98% に Flash Player がインストールされており、Web サイトにアクセスするだけでブラウザ上にて手軽に実行できる。今や Flash はインタラクティブなデジタルコンテンツ制作の業界標準とまで言われているが、これだけ多くのシェアを獲得した理由として、アプリケーションとプレイヤー双方のファイル容量が非常に小さいことや、効率の良いベクトルグラフィックエンジンを搭載している点がある。また、付属のスクリプト言語である ActionScript はオブジェクト指向型のプログラム言語であり、可視性、拡張性、再利用性の高いシステム開発を備えている。また、描画ツールとプログラムが同じ開発環境で行えるのも開発を容易にしている。Flash で開発されたゲームやインタラクティブムービー等が数多く開発されており、これらの点から筆者は時刻歴の振動シミュレーター等への応用の可能性を感じ、今回の開発に至った。

### 3. 教材開発の流れ

ActionScript を使ったコンテンツを作るには、Flash の開発環境が必要である。また、プログラム作成の前に UML 表記でクラス図等を作成しておくと効率のよい開発が行える。ここでは Flash を使って教材を作成する流れを紹介する。

#### 3.1 リアルタイム地震動オービット描画教材

テキストデータとして記録された地震計の時刻歴データを読み込み、各地点の地震動オービットをリアルタイムに描くことで地震動の伝播特性を把握できる簡単なプ

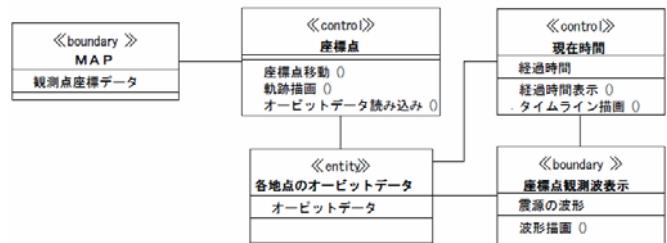


図 2 リアルタイム地震動オービット描画教材のクラス図

ログラムを作成した。プログラムのクラス図を図 2 に示す。なお、今回は読み込みテキストデータとして 2004 年 9 月 5 日の紀伊半島南東沖地震・前震で得られた濃尾平野各地点での観測データを用いた。

#### 1) フレームレートの設定

デフォルトではフレームレートが毎秒 12 フレームのコンテンツ作成画面が指定されている。フレームレートとは 1 秒間に何回画面を書き換えることができるかを表す指標である。今回作成するコンテンツでは扱うデータ数が非常に多いため、コンピューター負荷を考えて毎秒 5 フレームにした。

#### 2) 座標中心点の描画とムービークリップへの変換

ここでは Flash に付属の描画ツールを使用する。一般的なグラフィック描画ソフトと同じく、図 3 のツールウインドウから楕円ツールを選択し、描きたい楕円の輪郭線や塗りの色を指定する。ここでは輪郭線を黒色、塗りをピンク色にした。

つぎに作成した画像をムービークリップに変換する。作成した画像を選択し、修正メニューからシンボルに変換（これはクラスを作成する作業である）を選択し、適当な名前（ここでは座標点とする）をつけ、タイプとしてムービークリップを選択し、OK ボタンを押す。これで描画した画像に ActionScript を記述することができるようになった。なお、



図 3 ツールウインドウ

変換してもステージ上の画像は何も変わっていないように見えるが、現在ステージ上にあるものは先ほどムービークリップにした座標点のインスタンスである。「座標点」とはクラスの名前であり、このインスタンスの名前ではない。プロパティインスペクタ（図 4）にてこのインスタンスに名前をつける必要があ

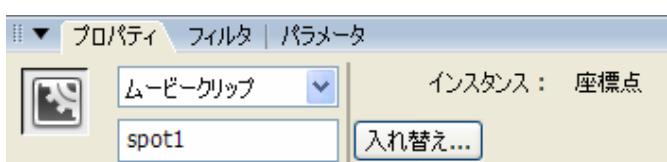


図 4 プロパティインスペクタ

る。ここでは spot1 とした。

### 3) ActionScript を書く。

観測点の X 方向と Y 方向の時刻歴変位が記されたテキストデータを読み込む。ActionScript はムービークリップ自身とタイムライン上のフレームに書くことができるが、ここではインスタンスである spot1 にスクリプトを書くことにする。spot1 を選択している状態でアクションパネル(図 5)に以下のような内容のスクリプトを記述した。

```
onClipEvent (load) {
    • 観測点の時刻歴変位が記されたテキストデータを読み込むスクリプト。
}

onClipEvent (enterFrame) {
    • 読み込んだテキストデータを元に、spot1 を X,Y 両方向に移動させるスクリプト。
    • spot1 の軌跡を 5 秒間分描画するスクリプト。
}
```

onClipEvent (load) では、スクリプトの書かれたムービークリップが表示された時に{}内の命令が行われる。onClipEvent (enterFrame) では、{}内の命令をフレームレートにしたがって繰り返す。ここでは、ムービーの開始と共にテキストデータが読み込まれ、その後フレーム毎に X 座標、Y 座標の値にテキストデータが代入され、その時刻から 5 秒前までの軌跡を描くというプログラムになっている。ここまで完成したら制御メニューからムービープレビューを選択すると、図 6 のように地震動オービットを時刻歴で描くアニメーションが表示される。

### 4) インスタンスを複製して、同時に動かす

背景画像上の各観測点の位置に、先ほど作った spot1 を複製して配置し、それぞれに対応するテキストデータを読み込むように作ったのが図 7 である。時刻歴に経過時間、オービット、震源に最寄りの観測点波形の現在地が変化するため、濃尾平野だけ揺れが長時間続く現象や、オービットの長軸方向が地点毎、そして時刻毎に変化する様子が明快に確認できる。

## 4. 体感型振動シミュレーション教材

前項で Flash を使った動的な教材開発の流れを示したが、次のステップはマウスやキーボードを使ったインターラクティブな操作をするためのインターフェース作りになるであろう。筆者らは地震動に対する建物の動的な応答を体感的に Web 上で学習することを狙い、耐震・振動論学習のための能動型振動シミュレーション教材を開発してきた。図 8 に開発した教材（ニックネームは「マウ

```

1 onClipEvent (load) [
2     System.useCodepage = true;
3     obit_lv = new LoadVars();
4     obit_lv.onData = function(src) [
5         //読み込んだデータを改行で分割
6         //Winの改行はLF+CR MacのはCRでできているので、まずはLFを削除
7         src = src.split(String.fromCharCode(32)).join("");
8         src = src.split(String.fromCharCode(10)).join("");
9         //次にCRで分割する
10        src = src.split(String.fromCharCode(13));
11    ];
12    obit_lv.load("spot1.txt");
13 }

```

図 5 アクションパネル

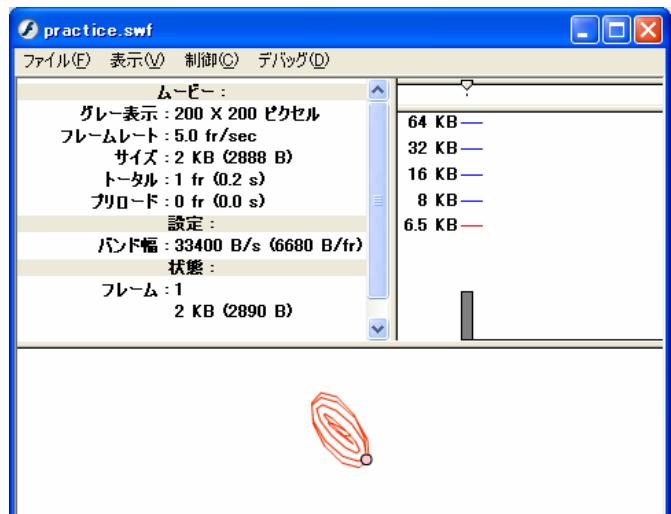


図 6 地震動オービットのアニメーション



図 7 リアルタイム地震動オービット描画教材

スでぶるる」)のクラス図を、図9に教材の一例を示す。図9-1は1自由度系の倒立振り子の減衰定数、固有周期を任意に設定し、地盤をマウスで左右にドラッグすることで建物の応答を観測できる。下段に入力波形、上段に応答波形がリアルタイムに出力される。同じ地震でも建物の性質によって揺れ方が大きく異なる様子を学習できる。このような手動加振実験に加え、エルセントロ、タフト、八戸、JMA神戸、コジャエリ等の有名地震波での自動加振実験もできるようになっており、海洋性地震、直下型地震等、その揺れ方の多様性を体感学習できる。さらに2自由度系の倒立振り子にしたものが図9-2である。こういった理系大学生レベルを対象にした教材に加え、もっとビジュアル的に明快な一般向けの教材を開発した(図9-3,3',4,5,6,7)。振動論の知識を持たない一般の方を利用対象としているため、各種変数を設定することなく各種構造物を模擬した実験を行うことができるようとした。屋根の重さ、壁のバランスの違いを通して耐震化の重要性を理解したり、免震・制震の原理を学んだりすることで、耐震化の啓発に役立てることを意図している。これらはWebサイト「ぶるるくんのじこしょうかい」<sup>4)</sup>にて公開している。

#### 4.まとめ

建物や地盤の地震時挙動を理解するための教材として開発したeラーニング教材とその開発方法を紹介した。「マウスでぶるる」はWebを介した個人利用だけでなく講演会や講義の場などでも使ってきました。今までの利用の中で、「免震装置や制震装置の効果がよくわかった」、「自分で揺するから共振現象を楽しく学べる」、「地動と応答の波形が出るので、固有周期の影響がよくわかる」といった意見をいただいており、教育効果は高いように感じられる。今回提案した手法は特に「可視化」に優れており、理論だけではわかりにくい動的な現象の理解や研究に活用が期待できる。今後は弾塑性を考慮したモデルの構築等、さらにリアリティーの高い教材を開発すると共に、ネットワークを用いたリアルタイムシミュレーターへの発展を目指す予定である。

#### 参考文献

- 1) 福和伸夫、原徹夫、小出栄治、倉田和己、鶴田庸介：建物耐震化促進のための振動実験教材の開発、地域安全学会論文集 No.7, pp.23-34, 2005.11
- 2) 内閣府：防災白書, pp.547-548, 2006.6
- 3) 鶴田庸介、福和伸夫：耐震・防災教育のためのEラーニング教材の開発、日本建築学会学術講演梗概集、pp.653-654、2006.9
- 4) ぶるるくんのじこしょうかい  
<http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/labofT/bururu>

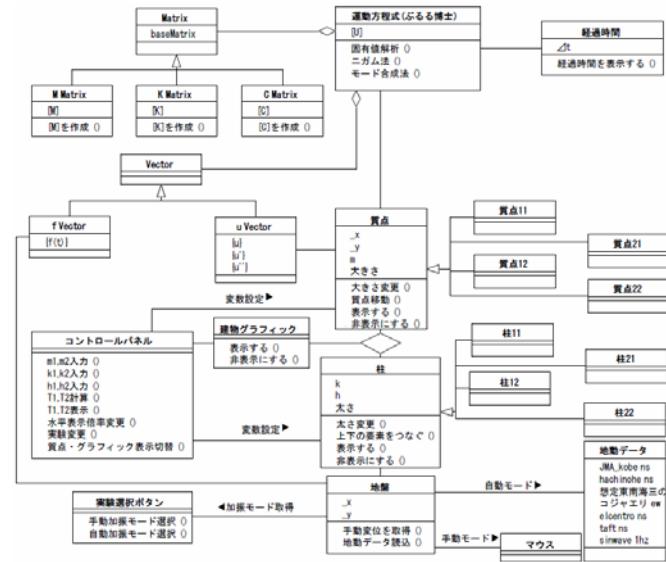


図8 マウスでぶるるのクラス図

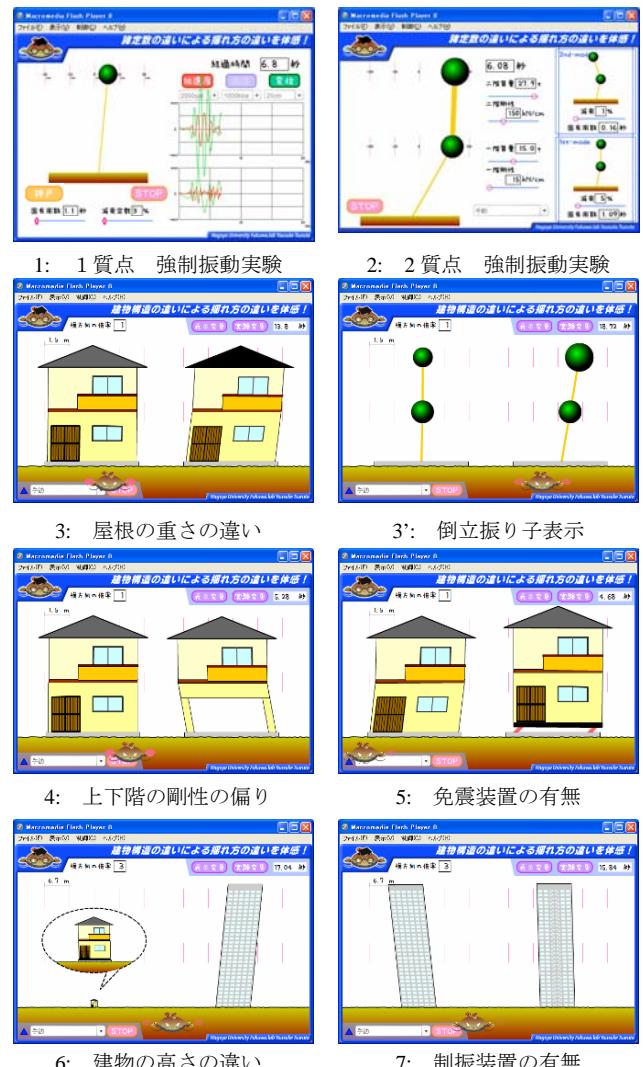


図9 体感型振動シミュレーション教材「マウスでぶるる」