

Javaを用いた物理シミュレーション教材の作成と授業での利用

宮城県泉館山高等学校

加藤 徳 善

1. はじめに

パソコンの使い勝手の改善,マルチメディア化,インターネットの普及,さらにJavaなどの新技術の発表にともない,近年のパソコンの利用形態は大きく変わりつつある。動画や音声を容易に扱え,世界中の情報を簡単に得られ,自らも情報を発信することができるようになったことは,教育への利用も従来とは違う発想を必要としているように感じる。現に今,多くの方々がその可能性に取り組み,その地平を広げている状況といえよう。

私も教育関連の物理シミュレーションの分野でJavaと呼ばれる最新プログラミング言語を用いて教材をいくつか作成し,授業に使用してみた。ここでその紹介を行う。

2. JavaとインターネットWWW

Java¹⁾²⁾は1995年にSun Microsystems社が発表した最新プログラミング言語で,作成したプログラムは,MacOS,Windows95,OS/2,UNIXなど,ほとんどの主要なOSで実行できるという大きな特徴を持っている。またアプレット(applet)と呼ばれるかたちにすれば,ホームページ(Webpage)を記述する言語HTMLに組み込んでNetscape Navigator, Internet Explore, HotjavaなどのWWW閲覧ソフト上で実行できる。またそのままホームページに載せることもできる。

JavaはC++に似た文法で記述されるが,不必要に難しい部分は省かれており,ボタンやスクロールバーなどのGUI(グラフィカル・ユーザー・インターフェイス)も簡単に利用できるのも,プログラムを比較的開発しやすい。さらに基本的な開発キットは無償で配布されている。

私は,パソコンやOSの種類に関係なく利用できる教材を,WWWをとおして誰でも自由に使えるようにするのがよいと考えている。教材開発者³⁾⁴⁾がお互いにそうすることで,OSや機種が多様性を残したまま教材の共有化ができるからである。この目的にJavaアプレットは打ってつけである。実際に今回紹介する教材はAppleのMacintoshで作成されているが,Windows95マシンでもほとんど問題なく利用することができる。

3. 作成したシミュレーション教材

作成したJavaアプレットは大きく二つのグループに分けられる。一つは物理の授業でコンピュータ画面をスキャンコンバータなどを介して大きな画面に映し出し,黒板の補助として利用する方法,いわゆる電子黒板的利用法に適したアプレットのグループ,もう一つは物理シミュレーションを生徒自ら楽しむことができるアプレットのグループである。これらのいくつかは4次のRunge-Kutta法と呼ばれる微分方程式を数値的に解く方法を用いている。



図1 電子黒板的利用法

物理実験室のコンピュータをスキャンコンバータを介して33インチTVに接続している。

(1) 電子黒板で使える物理の授業用アプレット

(a) 等速円運動・単振動・正弦波 (図2)

等速円運動・単振動・正弦波の関係を説明するのに便利なアプレット。ボタンでストップ、ステップ動作、逆戻りなどができ、説明が容易になる。Java アプレットとしてHTML に組み込まれており、コンピュータの機種やOSに依存せずインターネット閲覧ソフト上で実行される。

(b) 波の重ね合わせの原理

波の重ね合わせの原理を説明するのに便利なアプレット。基本的操作は (a) と同じであるが、成分を表示するかどうかをチェックボックスで選択できる。

(c) 定常波 (図3)

定常波を説明するのに便利なアプレット。操作は (b) と同じである。

(d) ホイヘンスの原理による波面の反射・屈折 (図4)

屈折率の違う媒質の境界における反射・屈折をホイヘンスの原理を用いて説明するのに便利なアプレット。入射角や媒質の屈折率をマウスで簡単に変えることができる。

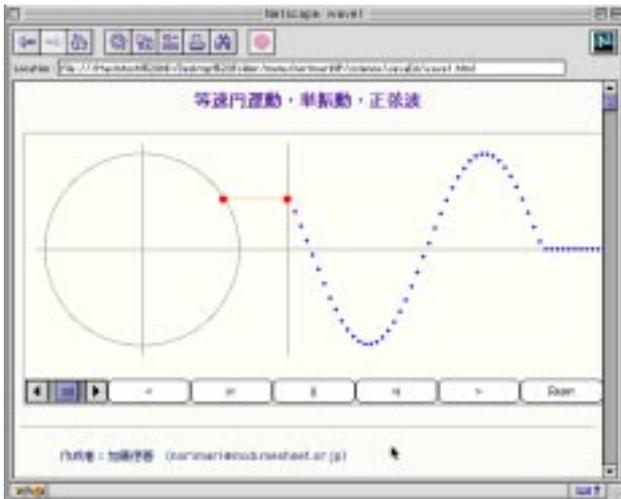


図2 等速円運動・単振動・正弦波のアプレットの1画面
ボタンで早送り、ステップ動作などができ、説明が容易になる。Java アプレットとしてHTML に組み込まれており、コンピュータの機種やOSに依存せずインターネット閲覧ソフト上で実行される。

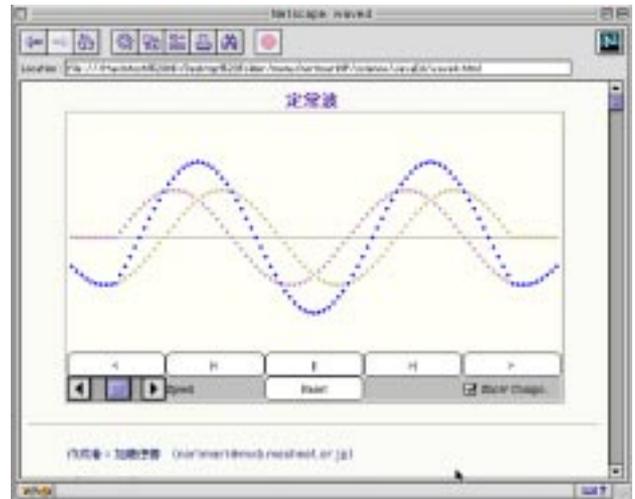
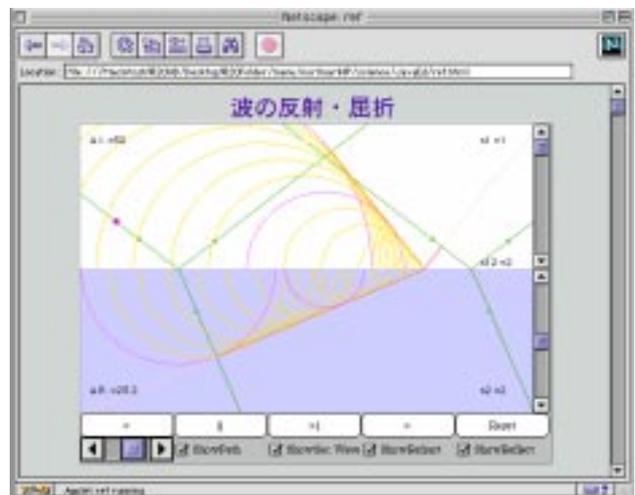


図3 定常波のアプレットの一画面
右行き左行きの波の成分表示をチェックボックスで選択できる。

図4 ホイヘンスの原理による波面の反射・屈折のアプレットの一画面

波が屈折率の異なる媒質に入射すると、素元波が生じ、新たな反射波と屈折波の波面を形成していく様子を説明するのに便利なアプレットである。入射角、屈折率等をマウスによって直感的に変えることができる。屈折率の大きな媒質内では波面の速度が小さくなることや、そのことと屈折現象の関連もよくわかる。



(2) 物理のシミュレーションを自ら楽しむことができるアプレット

(a) 万有引力のもとでの太陽・惑星・衛星運動(図5)

簡単な太陽系のシミュレーション。マウスで目的の星を引っ張るようにして位置や速度を自由に変えることができ、太陽系を自ら作ってみることができる。

(b) ゴム紐でつながれた3つの物体の運動

陽子内のQuark運動?のシミュレーション。マウスで自由にコントロールできる。

(c) ラザフォード散乱(図6)

原子核によって粒子が散乱されるようすのシミュレーション。粒子の初速度や原子核の電荷の広がりを変えることができる。

(d) 気体分子運動と圧力(図7)

ピストンでシリンダ内に閉じこめられた気体分子が、ピストンに衝突することによって圧力が生じるようすをシミュレート。気体の状態方程式を力学的に理解できる。

(e) 物質の三態変化(図8)

分子間力を働かせた分子集団が、冷却されるに従い、気体から、液体、固体へと状態を変化させていくようすをシミュレート。

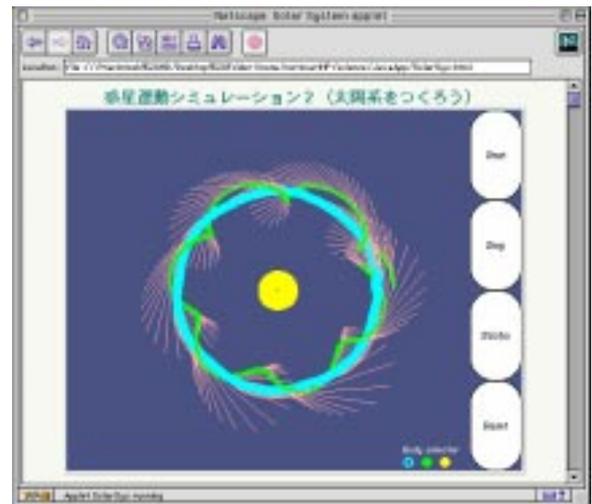


図5 太陽・惑星・衛星運動のアプレットの1画面
軌道が残るように表示させた。細い線は速度ベクトルを表している

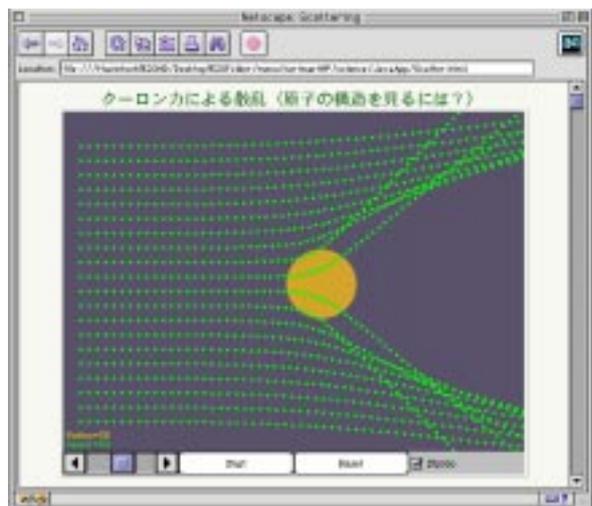


図6 ラザフォード散乱のアプレットの1画面
原子核の大きさを広げているため、中心部に入射した粒子の散乱角は小さくなっている。

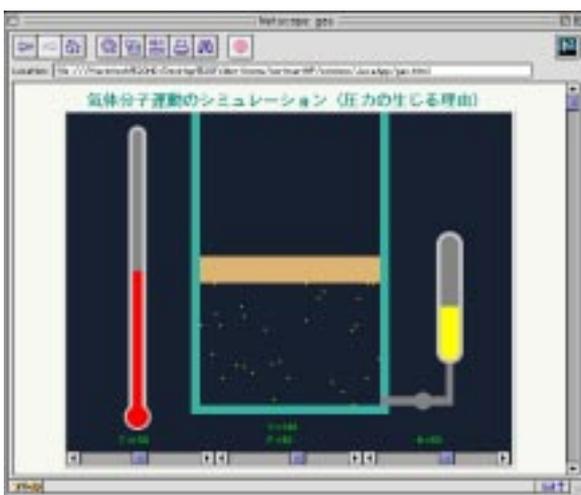
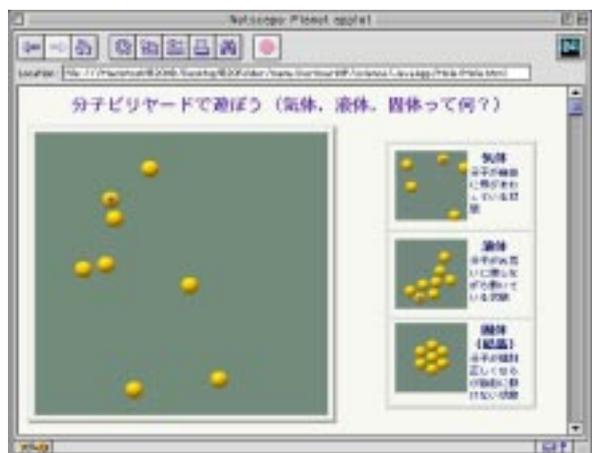


図7 気体分子運動と圧力のアプレットの1画面
中央にシリンダとピストンがあり気体分子が封じられている。

図8 物質の三態変化のアプレットの1画面
分子間力として、距離の7乗に反比例する引力と近接した場合にはたらく強い斥力を設定している。



4. 波動分野における利用例

図1に示したように、パソコン画面をスキャンコンバータを介して33インチTVに映し出し、その中で「電子黒板で使える物理の授業用アプレット」を利用している。波動現象のように時間的に形が変化する現象では、実験に加えシミュレーションが大変有効になる。

さらに波の重ね合わせや定常波では、時間変化に加え、右行きと左行きの波の重なりを考えるが、ウェーブマシンなどで起こした実際の現象では、これらの波の成分は見る事ができず重なった結果だけが観測されるため理解するのが困難である。しかしシミュレーションを見ることではっきりと捉えることができる。

このようなシミュレーションを取り入れることで、授業が生徒にとってだいぶわかりやすくなる事が、右のアンケート結果からわかる。このアンケートは2学年の物理 B 選択者全員に4時間ほどの電子黒板を用いた授業の後に取ったものである。

スキャンコンバータとしてはIO DATAのTVC-600を用いているが、これはズーム機能があり、必要な部分を拡大表示することができるので、後ろの席の生徒にも見やすく表示できる。

アンケート結果

問 電子黒板を利用することで、授業のわかりやすさはどうですか。

回答数 / 母集団の生徒数 (パーセンテージ)

- (1) 大変わかりやすい 31/67 (46%)
- (2) わかりやすい 27/67 (40%)
- (3) ふつう 7/67 (10%)
- (4) かえってわかりにくい 0/67 (0%)
- (5) まったくわからない 0/67 (0%)
- (6) その他及び無回答 2/67 (3%)

大変わかりやすい、わかりやすいを合わせると58/67で87%になる。

なお、その他及び無回答の2名の内訳は1名が無回答、もう1名が次のように書いている。

「画面によって、波の干渉は気持ち悪かった。それ以外はよかった。」

5. まとめ

Javaを用いることで、作成した教材が一部のOSや機種でしか利用できないなどの非効率性を回避できた。またWWW上で公開しているが、教材の共有化への一歩になったのではないかと思う。これらの教材に興味のある方は、私のホームページ「のりさんのパソコン物理」(図9)を訪れてみていただければと思う。

URL : <http://www2.meshnet.or.jp/~norimari/sciencenori.html>

最後にJavaによる教材開発では「JAVA物理教材メーリングリスト」⁵⁾の関係の方々に大変お世話になったことを申し添えておく。このメーリングリストには現在90以上の物理関係のアプレット教材がある。



図9 私のホームページのタイトル画面
自作教材アプレットの他に、波動の干渉のQuickTime movieなども載せている。

6. 文献及びインターネット関連サイト

- 1) 大谷卓史, 武藤健志 『はじめてのJava』 技術評論社
- 2) 河西朝雄 『Java入門』 技術評論社
- 3) 神川定久 『JavaとHTMLを用いた教材の開発』 物理教育 Vol.44, No.4 1996 410
- 4) 北村俊樹 『ホームページの利用法あれこれ』 物理教育 Vol.45, No.4, 1997 228
- 5) JAVA物理教材メーリングリスト <http://suissei.isc.chubu.ac.jp/~nepjava/>