

気象学のモデル教材開発に用いる Java 言語*

森 厚**

1. はじめに

私が所属する東京学芸大学では、ほとんどの理科学生は初年度に地学実験を受講しなければならない。この地学実験は、主に小学校から高等学校の教員免許の取得を目指す学生が、広く理科の知識と技術を身につけることを目的に行われていて、同様の目的の一連の理科実験の中の1つである。気象の分野は地学実験の時間の1/3程度が割り当てられており、私はこれを担当している。

この実験のために WWW のブラウザと Java 言語を使った教材を開発・利用しているので、ここでその有用性について御報告したい。まずはじめに、地学実験の現状について述べ、続いてそのような教材がどのような点で有利であるかについて述べたい。

2. 地学実験の現状

2.1 社会的な要請と学生の地球環境問題に対する認識

学生は、漠然としたイメージしかないものの、地球環境問題には興味があるようである。この点においては学生は社会の動向をよく把握している。この問題を考えられるような人材を育てることは、社会からの要請であり、現在の大学の1つの責務であると考えられるので、このような興味に答えていくことはとても大切である。

更に、本学が教員養成系の大学であることを考えると、「(地球)環境教育」が初等中等教育の柱の1つとして位置付けられつつある現在、地球環境問題に関連するような気象学の基礎知識を与えることは、一層重

要になってきているといえる。具体的には、地球規模の気象学に関連するような基礎知識として、静力学平衡、コリオリの力、地衡風等に関連した事項を重点的に扱い、天気図から情報を読みとる際の基本を習得させたいと考えている。

2.2 学生の知識の不足

ところが一般に学生の気象学についての知識は非常に乏しく、日々の天気予報で活用されている天気図にさえ親しみを感じていない場合が多い。

その原因の1つとして、高校の地学履修者が少ないことは多くの方がご存知であると思う。更に、地学を履修していても、地学担当教員の専門の関係で、気象学への比重のかけ方が少ない場合があるようである。

では、気象学の基礎知識を教える際のバックグラウンドになるような物理学はどれだけ勉強してきているだろうか。

1997年度に入学してきた学生からは、新しい高校の教育課程を受けてきたものがある。新しい教育課程では、全く物理学を勉強しなくても卒業できるようになったために、基礎的な力学用語すら知らない場合も増えてきている。したがって、地学実験で用いる用語にもこれまで以上に注意を払わなければならないし、場合によっては地学実験でありながら物理学の基礎用語の説明をしなければならないこともある。

このように、気象学に親しみを感じていない上に物理学の基礎を学んでいないような学生を相手にして、理想とするレベルまで習得させようとすることは、教える側にとってみると、かなり厳しいものである。

2.3 学生の科学技術に対する好奇心の低下

この学生の知識不足の問題は根深く、カリキュラム上の問題だけではないようである。端的にいえば、学生の科学や技術に対する好奇心が低下し、積極的に取り組む姿勢が以前に比べて劣っているようである。

* Using Java to Develop Educational Materials for Meteorology.

** Atsushi Mori, 東京学芸大学教育学部地学科.

© 1998 日本気象学会

知人が、「最近の理科系の学生に対して『テレビの画面を虫眼鏡で見るとどのように見えるか』という質問をしてみると、半数以上が答えられない。」と言っていた。テレビがどのようにして映っているか、というのは自然な疑問であり、疑問に思ったらすぐに自分で試して調べることができるからであるので、私自身も半信半疑であったが、実際に学生と話をしてみると、これは誇張し過ぎではないようである。このテレビの例に限らず、物事に対して、なぜだろう、と思いつく新しい知識を取得しようと努力する学生が減っているのは確かなのである。いわゆる「理科離れ」の一端を見ているようである。

地学実験の時間は限られているので、知識や技術の面で必要かつ十分に効果が上がるように、内容を十分吟味しなければならないのは勿論である。しかし、現状では、それに加えて、「興味を持ってもらう」という観点も重要になってくるのである。

2.4 計算機を使う必要と設備の不足

地学実験は計算機を利用して取得する単位として位置付けられているので、学生に計算機を利用させなければならないという形式的な要請がある。勿論、気象の各種情報が、インターネット経由で取得できること等を考えると、計算機に慣れ親しむのはとても大切である。また、これからの教員が教育現場で計算機を指導する立場にあるという観点からも、計算機を活用できる技術を身につけることは大切である。

ところが、限られた地学実験の時間の中で計算機そのものの操作方法の指導を行うと、肝心の気象学の内容に触れる時間が少なくなるという困難がある。計算機の使い方の指導をしながら、一週につき100人分の学生実験を指導し、レポートを添削採点しなければならないとしたら、教官も指導を受ける学生も、とても手が回らないであろう。

一層問題なのは大学で端末の数が必要なだけ確保できないことである。更に、計算機の進歩が日進月歩であるために、最新の設備を常に維持することはほとんど不可能であって、古い設備を利用しなければならない場合も、複数の環境が共存している状況で利用しなければならないこともある。

3. 問題の汎用性と解決策

このような状況は本学に限ったことではなく、多くの大学の教養レベルの気象に関する実験について同様であることは想像に難くない。では、こうした地学実

験の状況に対応するにはどのような方法が考えられるであろうか。

私は WWW ブラウザと Java アプレットを用いた計算機上の教材を開発し活用することとした。

以下では、この教材の有効性について、WWW ブラウザを活用する利点、Java アプレットを用いる利点、そしてこれらを用いて開発される教材の利点の順に述べる。

3.1 WWW ブラウザを活用する利点

まず、WWW について簡単に触れたい。

御存知のように、「インターネット」花盛りの御時世である。インターネットのサービスの中で、一般によく使われているのは WWW (World Wide Web) と呼ばれるサービスである。「ホームページ」(一般にはウェブページ: Web page) と呼ばれるデータ(主としてテキストデータと画像データ)を WWW ブラウザと呼ばれるソフトウェアで表示する形態である。ウェブページは、html (hyper text markup language) という言語で記述されていて、文章等の一部分を他のウェブページと「リンク」する(結びつける)ことができる。そして、リンクされた部分にマウスで指示を与えるとリンク先のウェブページを表示するようになっている。こうして次々と画像や文章を閲覧できるわけである。

ここで重要なのは、インターネットに接続されていさえすれば、基本的にはどこからでもウェブページにアクセスできるという点と、ブラウザのユーザーインターフェースは統一されていて非常に使い勝手が良くなっていることである。このサービスがこれほどまでに普及した理由の1つはこれらの点にあるのだが、地学実験においても同様にメリットとなる。

まず、学生自身が持つ計算機から大学の教材にアクセスできるようにすることで、大学の設備の不足や不備を一部補うことができるのである。時間や場所にとらわれず、自由に実験をすることができれば、これは学生にとってもメリットがあるといえる。実際、教材に対するアクセス件数の集計をとってみると、本学の情報処理施設以外からのアクセスは、学生に URL (アクセス先) を示すだけで特に接続方法などを指導していないにもかかわらず、20%以上にのぼった。現在の学生はこれほどまでにインターネットを活用しているのである。

また、WWW ブラウザの高い操作性を活用することができれば、計算機そのものの学習に割く時間を低減

させ、内容に重点を置くことができる利点がある。計算機というと敬遠しがちな学生が一般的にはまだ多いが、ブラウザの操作方法を難しいと感じた学生は、アンケートの結果からほとんどいなかったことがわかった。

3.2 Java アプレットを活用する利点

Java 言語についてはまだ馴染みのない読者もいると思うので、ここで歴史的な経緯を含めて簡単にまとめてみたい。

近年、様々な拡張がブラウザやhtmlに対して行われ、記載されている文字や画像を表示するだけではなく、利用者が能動的に条件を与えることで異なる結果を表示できるような、いわばインタラクティブなウェブページが増してきている。表示されている「ボタン」をマウスでクリックしたり、数値を与えることによって動作が変わるようなウェブページである。こうした拡張にはいくつかの方法が開発されて実用化されているが、Java 言語によるソフトウェア (Java アプレット) を使った拡張もその1つである。Java アプレットを活用する利点は次のような点にある。

1) WWW ブラウザの高い操作性は維持したままである。

上述のとおり、ウェブページの中に埋め込まれた形でプログラムを実行できるので、WWW ブラウザの操作性を損なうことなく活用できる。

2) 開発が比較的楽である。

Java 言語というプログラミング言語は、決してhtmlを拡張するためのだけの言語ではない。ウェブページに埋め込まれて動作するようなタイプのソフトウェアである「Java アプレット」の他に、単体で動作するタイプのソフトウェアである「Java アプリケーション」も開発することが可能な、本格的なプログラミング言語なのである。

このJava 言語にはソフトを開発する上でのメリットがいくつかある。例えば、言語仕様が比較的すっきりしていることや、様々なOS上で開発できるので自分の使いなれた環境を利用することができること等である。これらに関しては、後ほど詳しく述べることにする。

3) ビジュアルな教材を作りやすい。

意外にも、プログラミング言語に標準といえる形でグラフィックスや音声関係のライブラリが整備されている言語は少ない。Fortran やC 言語では標準としてのグラフィックスのサポートはないし、BASIC では機

種によって固有のBASIC (いわば方言) が存在するために「標準」が無い。ところがJava 言語はこうしたライブラリが整備されているのでアニメーションで示される教材を作りやすいのである。(近年はMicrosoft社のWindows95とVisual Basicの組み合わせが広く使われている。しかし、1つのメーカーが独自のOSの上で動作するように決めている仕様であって、Java 言語のように全てのOSを視野に入れて仕様を策定している訳ではないことには変わりがない。)

3.3 「仮想実験室」の利点

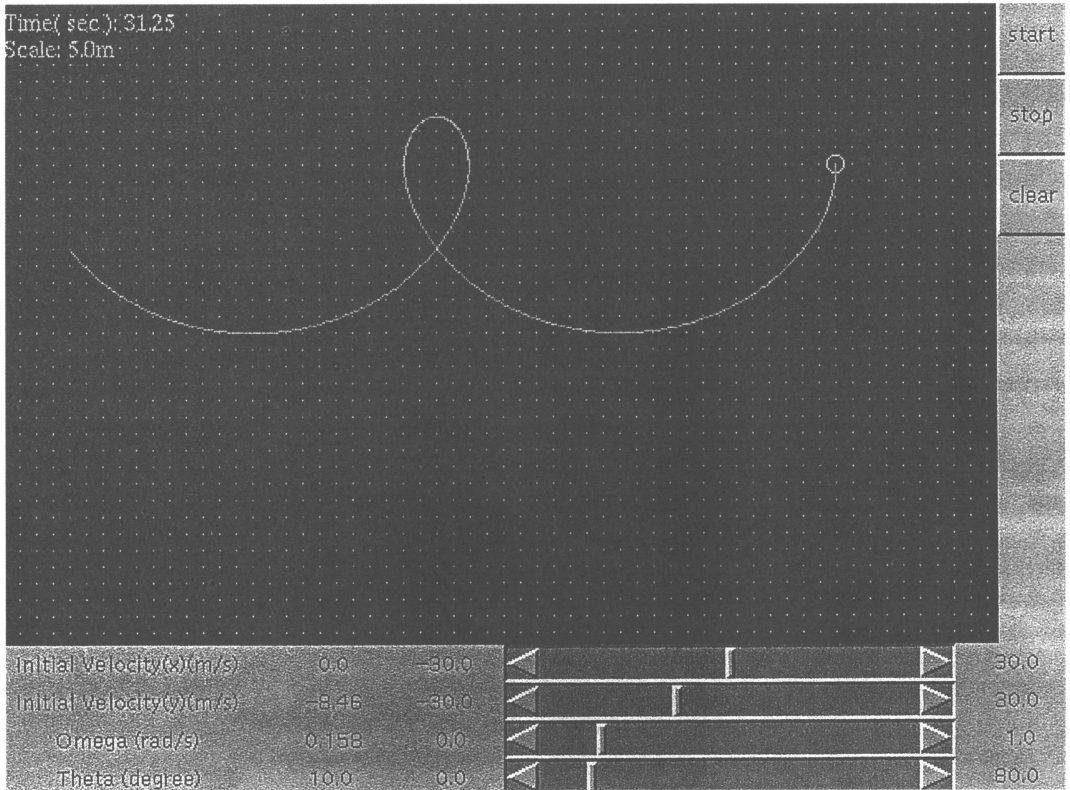
ブラウザとJava アプレットを用いて開発した教材は、インタラクティブでビジュアルなものであり、筆者は仮想実験室と呼んでいる。ここではその利点について述べる。

1つは、目新しさという意味で、動く教材が学生の興味を引きやすいという点があげられる。上手に教材を作ればゲームに近い感覚で楽しみながら学習できる可能性がある。

また、物理学の基礎知識が乏しい場合や数式の取扱に慣れていないような場合には、ある程度のイメージを与えることができる点も重要である。逆に数式だけで知っていて具体的なイメージが湧かないような学生の場合にもそれを視覚的に見せることは意義がある。

そして、もっとも大切なのは、室内実験では実現が困難な問題にも対処しやすい点である。例えば、非常に基本的な力であるコリオリの力を取り扱う場合、回転台の上で実験を行うと遠心力の効果とコリオリの力の効果をどのように分離するかに気をつけなければならない。また、南北1次元のエネルギーバランスモデルで温度変化を調べるような場合には、そもそもモデル化したものを扱うので室内実験は不可能である。ところが仮想実験室では、こうした制約を受けることなく、パラメタを変化させてアニメーションで結果を見ることができるのである。

勿論、計算機を使ったモデル教材では、それが現実のものではなく、あくまでも数式で表されたモデルでしかないことに気をつけなければならない。こうしたモデルで本当の実験をやったつもりになってしまっただけでは、かえって実験や観察そのものの意義を見失ってしまうことになる。この様な意味でこうした教材を学生実験の教材に使う時には注意が必要である。しかし、実験室で再現が困難な問題を考察するには、思考実験よりも目に見える教材のほうがわかりやすいので、こうした教材の教育効果は捨てがたいのである。



第1図 Java言語で作った教材の例 (回転系の坂の上の質点の運動)。

4. Java 言語で作った実際の教材

ここでは具体例として地衡風に関連した教材を示したい。紙面の上ではどのような教材であるかを記述するのは難しいので、概要だけを述べるにとどめる。

高気圧から吹き出す風が次第に地衡風になっていく過程についての大学初年度レベルでの理解は不正確であることが多い。「高気圧から吹き出した風は速度を増すにつれてコリオリの力の影響を受けるようになる。次第に風の向きと速度が緩やかに変化していき、丁度地衡流の状態になって定常状態に達するのだろう」と、漠然と考えているようである。

そこで、回転系の坂道で初速度をもって運動しはじめる質点の軌跡を表示するプログラムを作ってみた(第1図)。遠心力の効果は除き、回転の効果はコリオリの力だけである。

図中、下の横長の棒は「スライダー」で、系のパラメタ(質点の初速度や回転角速度など)を利用者が自由に変更させることができるようになっている。図中右上の「start」ボタンを押すと、質点が運動を開始し、その軌跡が表示されるようになっている。

こうした実験を通じて、慣性振動、地衡流、それらの組合わさった運動を観察することができ、意外にも回転系では質点が坂を滑り落ちないといった結果を調べることができるのである。

5. 資源の共有

今回、本学の取り組みを紹介し、参考にしていただきたい、という思いで筆を取った。しかし、本稿の目的は、実はそれだけではない。

現在はインターネットが発達し、情報・ノウハウ等を共有できる時代である。教育に関する情報・ノウハウや教材についても同じである。多くの人が少しずつ資源を持ち寄ることでより付加価値の高い情報資源を作ることできる。また、環境教育に重点が置かれつつある現在の小学校から高校までの教育では、現場で活用できるような気象教材はより多い方が望ましい。さらに、学校の授業で飽き足らない生徒達の刺激になるようなものがあれば、学問の裾野を広げる意味でも大切である。教育の現場にいらっしやる方々は勿論、直接教育に携わることのない研究者の諸兄にも、教育

的な資源の作成およびインターネットを介した公開をお願いしたいと考えている。

その際には、Java 言語は次のような開発上の観点からも有利であるので、是非、Java 言語を使うことをお勧めする。

1) プログラムを作る段階で計算機や OS に依存しないこと。

これまでの場合、例えば BASIC の場合には、利用環境に応じてプログラムを書き換える必要があることは既に述べた。

しかし Java 言語の場合、仮想的な計算機を想定して、それに準拠してプログラムを作るので、Java 言語が導入されている計算機ならば、ハードウェアや OS に依存しないでプログラム開発を行なうことができる。自分の使いなれた環境で開発でき、しかも異なる環境の人同士でも共同開発が容易にできるのである(ただし、現在ではユーザーの数が限られていると考えられるようにいくつかの OS は、Java 言語の対象とはなっていないようである。例えば、マイクロソフト社の Microsoft Windows 3.1, Mac OS の Version 7 以前、そしていくつかの UNIX 系の OS である。)

2) バイナリレベルでも計算機や OS に依存しないこと。

Java 言語でも、他の多くのプログラミング言語と同様にプログラムをコンパイルして人間が直接読むことができないようなバイナリファイルを作成する。ところがこのバイナリファイル自身も計算機や OS に依存しないのである。すなわち、プログラムを作らない人や、コンパイルできる環境にいない人でも、自分が利用している計算機や OS を気にせずに、ネットワークからバイナリファイルを取得してそれを利用することができるのである。特に Java アプレットの場合、Java アプレットに対応した WWW ブラウザがあれば、どのような環境で動いていようと、同一のバイナリを準備しておけば良いのである(一般にバイナリファイルを取得して実行する際にはウイルスなどに対する注意が必要である。しかし、Java アプレットの場合はセキュリティについて十分注意されて設計されているのでバイナリを取得してアプレットとして実行する分には問題は無いとされている。)

著作権等には十分注意を払わなければならないが、Java アプレット部分は借用し、解説部分(ウェブページのテキストデータ部分)を独立に開発して組み合わせることも可能である。

3) 言語仕様がわかりやすく効率的であるように検討されている。

Java 言語は系譜からすると C 言語に遡れる。ところが、例えば、C 言語の中で厄介でわかりにくいといわれてきたポインターやアドレスの操作については一切削除されているなど、便利でわかりやすい仕様になっている。

また、「オブジェクト指向」と呼ばれるプログラミング技法を元にして言語仕様が決定されている。その意味で Java 言語はオブジェクト指向言語である。「オブジェクト指向」という考え方は、プログラミングの効率を上げるために考え出された技法である。実際、慣れてくると、プログラムの一部をあたかも「部品」であるかのように扱えて使い回しがきくので非常に便利に思える。

ただ、同時に我々のような計算機の素人には若干わかりづらい概念でもあって、それがために Java 言語に対する敷居が高く感じられる部分があるのも事実である。経験からすると、とりあえず作ってみれば、次第にそのありがたみがわかってくるように思う。

本稿のような教材を開発する段階で知った事であるが、物理学の分野では、1つの試みとして、各地の大学の教養レベルの教材をネットワークの上で提供していこうという組織化された運動が開始されている。物理学の分野でも、「科学技術立国を目指すならば物理学は必要不可欠であり、大学の教育に対する社会的な要請は高まっている。それなのに高校レベルの教育は後退している。」という認識から現状に強く危機感を抱いているのである。Java アプレットを用いた教材開発は、ネットワークに載りやすい教材であるので、その1つの柱として位置付けられて、様々な個性を持った教材が集められている。興味を持たれた方はこちらの方(URLは <http://www.nep.chubu.ac.jp/~nep/java/>)も参照していただきたい。

気象学の分野で同様の組織だった運動を行なうことは、マンパワーの違いを考えると難しいと思われるが、何らかの形で情報交換ができるような場が近い将来に実現できればいいと考えている。

6. 終わりに

地学実験の全てをこうした教材にしてしまうつもりはない。現在は、数回ある実験の内の1回をこうした教材に割り振ったり、室内実験と組み合わせ利用している。学生の反応はというと、まず、計算機の利用

方法そのものにはあまり抵抗を感じていないようである。また、目新しさに喜ぶ学生もいて計算機の利用を促進するという意味でもいい機会になっているようである。さらに興味を持ってくれる学生は、教材をもとに一生懸命考えてくれるので作りがいがある。

ただ、私自身が作った教材にはまだ改善の余地があるようで、ウェブページを見た学生が「わかりにくい」といって直接私のところに足を運んでくること

がある。ほとんどの学生に対して十分アピールする内容に更新していく努力を続けたいと考えている。

我々の研究室のウェブページ (URL は <http://buran.u-gakugei.ac.jp/EDU.html>) でソースも含めて公開しているので、興味を持たれた方は是非とも御覧頂き御意見を賜りたい。

末筆ながら、忍耐強く改稿に対応してくださった担当委員の方にこの場を借りて感謝申し上げたい。

情報の広場

603 (気象業務)

平成10年版気象白書「今日の気象業務」刊行のお知らせ*

気象庁広報室**

気象庁は、平成10年版「今日の気象業務」(通称「気象白書」)を発表しました。

本書は、「大地の鼓動 大気の躍動 大洋の脈動」をサブタイトルとして、3部構成となっています。1997年から98年の大規模なエルニーニョ現象や世界的な異常気象等により国内外の社会・経済活動が大きく影響を受けており、気候情報の充実への期待が高まってきていることから、第1部のテーマを「異常気象と気候情報」として、昨年発生したエルニーニョ現象や異常気象の動向、気候監視や季節予報の現状に加え、エルニーニョ現象や気候の予測モデル開発等、気象庁が中

長期的な視点で取り組んでいる課題について特集しています。第2部では、防災対策等の広範な活動に基盤的情報として気象情報を提供する気象業務の現状と新たな取り組みを中心に、また、第3部は、最近の気象、地震等の状況を取りまとめています。作成にあたり、できるだけわかりやすくかつ簡素な表現を心がけ、図表を多用しました。

CD-ROM版では、書籍版平成10年版及び9年版に加えて、7年版及び8年版の抜粋、さらに「気象庁アジア太平洋地上天気図」・「静止気象衛星ひまわり5号の衛星画像」・「地球温暖化予測情報」など動画を交えて収録しています。

本書は、政府刊行物サービスセンターや全国の主要書店で2,793円(税込み)で、また、CD-ROM版は5,775円(税込み)で販売されています。

* Publication of White Paper on the Meteorological Service

**Japan Meteorological Agency Public Relations Office