

ActionScript を用いたシミュレーション教材開発

稲垣 知宏 太田 朱美[†] 隅谷 孝洋 長登 康
中村 純 平方 正樹[‡] 福永 優[‡]

広島大学 情報メディア教育研究センター 〒739-8521 東広島市 鏡山 1-7-1

[†] 広島大学 生物圏科学研究科 〒739-8521 東広島市 鏡山 1-7-1

[‡] 広島大学 理学研究科 〒739-8526 東広島市 鏡山 1-3-1

E-mail: inagaki@hiroshima-u.ac.jp

あらかし 計算機シミュレーションによって、実際に体験することの困難な状況、モデル化された系の振る舞いを視覚的にとらえることで、自然科学の概念について具体的なイメージを描いて理解することができる。このようなねらいで、インタラクティブィー、アニメーション化等を工夫した物理教材例を ActionScript を用いて作成した。ActionScript 教材開発の進め方について、教材開発コラボレーションでの Wiki サイト活用を含め報告する。

キーワード: シミュレーション教材, ActionScript, Wiki

Making of ActionScript Simulation for Teaching

Tomohiro Inagaki Akemi Ohta[†] Takahiro Sumiya
Yasushi Nagato Atsushi Nakamura Masaki Hirakata[‡]
Masaru Fukunaga[‡]

Information Media Center, Hiroshima University

1-7-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima, 739-8521 Japan

[†]Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

1-7-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima, 739-8521 Japan

[‡]Faculty of Science, Hiroshima University

1-3-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima, 739-8526 Japan

E-mail: inagaki@hiroshima-u.ac.jp

Abstract A kind of computer simulations help us to understand a concept of natural science with actual examples. It can show a situation which is difficult to realize in a laboratory and describe a behavior of an ideal model. We consider effects of interactivity and animation and make contents for physics education by using ActionScript under a collaboration on a Wiki site.

Key Words: Simulation Contents for Teaching, ActionScript, Wiki

1 はじめに

多くの学問領域、特に自然科学の諸分野では、物事を定性的に理解するだけでなく、その学問領域での基礎概念に基づいて理解することが大切である。ただし、仮説に基づいた理論的な枠組みの定式化と系の振る舞いの解析処方について説明するだけでは、学生に新しい概念を

把握させることは困難な場合が少なくない。関連する観測事実、実験結果をマルチメディアを用いて提示することは、新しい概念と現象の関係を具体的なイメージを描いて理解する助けとなる。さらに、実際に実験、観察を行い体験することは、学生が新たな概念について習熟し、それを用いて思考する能力の習得を促すと期待される。

実際には、時間的な制約、コスト等の問題があり、教育効果の期待される実験、観察であっても必ずしも最適な

形で提示できてはいないし、高等教育機関であっても実際に実施できる実験は限られたものでしかない。このような教育をサポートするため、多くの現場でIT技術の有効性が認識され、その活用が望まれているが、技術的な敷居が低くはないため誰もが気軽に利用できる状況にはない。このような現状において、IT技術の活用例を蓄積しIT技術活用のためのコラボレーションの輪を広げていくことは、高等教育を革新していく推進力の一つとなるであろう。

ここでは、IT技術の発展により、比較的容易に実施することが可能になった計算機シミュレーションに注目する。計算機シミュレーションを利用すると、実際に体験することの困難な状況をモデル化し、その系の振る舞いを視覚的にとらえることができる。また、パラメータ等を変更しながらシミュレーションを実施することは、モデル化の基となった概念について理解し、それをを用いて思考する訓練として有効であろう。今回、我々は計算機シミュレーションと結果の可視化によって、物理学の考え方について具体的なイメージを描いて理解することをねらいとした教材を開発した。

教材はできる限り一般的な環境で利用できるよう、インターネットを通じて配信しブラウザで表示できるとし、さまざまなOSで使用可能なFlash(Macromedia社)で作成した。単純なシミュレーションはFlash上のActionScriptで記述できる。以下では、ActionScriptによる可視化、アニメーション化等について、作成した教材を例に報告する。実際の教材開発には、教材開発支援のためにFreeStyle Wikiサイトを立ち上げ利用している。Wikiでは、サイトにアクセスした誰もが教材ファイルをアップロードできるのはもちろん、簡単な操作でページの追加、変更ができる。これを教材開発基盤として利用する上での有効性、必要な支援情報、ツール等について報告し、最適な教材開発支援サイトについて議論し、今後の展望について述べることにする。

2 計算機シミュレーション教材

教室でコンピュータとネットワークが容易に利用できる情報基盤が整備されることで、計算機シミュレーションを教育の現場で活用するための環境が整いつつある。これにより、計算機シミュレーションを教育に導入するメリットが相対的に増大しつつある。計算機シミュレーションを教育に導入する理由の一つは、新たな概念の把握と習熟のための体感型の環境を、教室内に実現可能な形と予算で容易に実現可能なことにある。シミュレーションは、基礎概念を具体的なイメージを描きながら把握し、仮想的な体感によって新たな概念により深く習熟させる

ことに役立つであろう。

計算機シミュレーションの持つ教育効果としては、大きく分けて

- モデルの振る舞いを理解するための可視化
- 概念を体感するためのパラメータ変更等の操作

の2つが考えられる。シミュレーションを有効に活用することで、実験では実現できない事象を可視化することができ、理論的な説明だけでは把握の難しい概念の習熟、習得を支援することが可能である。また、シミュレーションの視点を変えたりインタフェースを工夫することで、学習意欲を高めたり、個々の予備知識、スタイルに合わせた学習が可能になる等の利点もある。

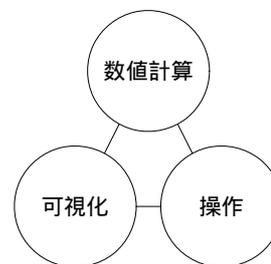


図1 シミュレーション教材の構成

教育効果を考えると、シミュレーション教材は単に数値計算を実施するだけではなく、結果が可視化され、パラメータを操作するインタフェースを備えたものでなくてはならない。(図1)このような教材の開発には、効率的な数値計算を行うための数値解析とプログラミングの能力、分かりやすい可視化を行うためのプレゼンテーションに関する技能、教育的なインタフェースをデザインするための知識等、多くのスキルが必要になる。高等教育機関においても、このようなスキルを身に付けた人材の育成が急務である。

さて、シミュレーション教材の利用であるが、シミュレーションにより

- 学生がどのような視点でモデルの振る舞いを見ているか、また、考えようとしているか
- 教材を操作する中で、モデルの振る舞いと基礎概念の関係についてどのような発見があったか

の2点に特に注意しながら授業を進めていくと良い。単にシミュレーションを眺めるのではなく、シミュレーションを基に考え、発見させる形を取ることで初めて、学生は概念を体感することができるのである。一方、教官はあらかじめシミュレーションの概念的基礎、意図、数値化、理想化による現実からの変更点等について熟知しておか

なくてはならない。また、通常の観察学習と同様、複数の視点について考えさせるワークシート等も有効に機能すると考えられる。

教材は、授業前に予備的な観察をさせておき新しい概念に基づく系の振る舞いについて予め触れさせておく、授業後にいろいろなパラメータ等を操作してみることで新しい概念に対する経験を積み習熟させるといった形で利用も考えるべきである。(図2)どのような形で利用

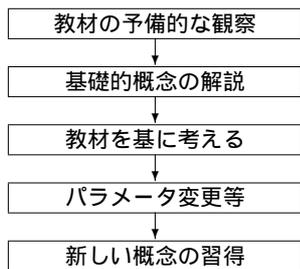


図2 教材利用の流れ

するのが適切かは、学習目標、形態により異なるが、学生の概念習得プロセスに合わせて的確に利用することができる、大きな教育効果を生むと考えられる。

3 ActionScript 教材開発

シミュレーションを教育で利用するには、あらかじめ実践的なプログラミング教育を行うか、用途に合わせた教材を用意する必要がある。一部の理工系教育を除いては、後者を選択する事になる。このとき、教育目標にマッチした教材が市販されていれば良いが、専門性の高い分野ではコスト的に見合わなかったり、授業に合わせた細かい変更ができない等により、実際の現場で利用できる教材は限られたものしか見つからないのが現状である。そのため、シミュレーションを活用しようとする場合、必要に応じて教材を開発するところから出発することになる。

教材の開発を行うには、いろいろなプログラミング環境、マルチメディア環境を利用することが可能であるが、ここでは、Flash上のActionScriptを用いて教材開発を進める。Flashを選択する理由は、

- ブラウザ上で閲覧可能で、セキュリティへの配慮等により利用可能なアプリケーションの限られた環境であっても、多くの場合利用可能であること。
- ファイルサイズが小さく、最低限のインターネット接続環境があれば利用可能であるし、接続環境が無い場合もフロッピーディスク、CD-ROM等による配布が容易なこと。

- センスの良い可視化のために便利な描画ツールと数値計算に必要なスクリプト言語が一つのアプリケーション内で利用可能なこと。
- Webアプリケーション開発環境として使いやすく、国際的に普及していること。
- e-learning教材の国際標準規格であるSCORMに対応していること。

等が挙げられる。国際的に普及しており、汎用な利用環境と使いやすい開発環境を持っていることは、継続的な教材開発に不可欠な条件であると考えている。WebCTのコンテンツ中に貼り付ける形でFlash教材を利用することもできることは言うまでもないであろう。

Flashには必要十分な機能を備えた描画ツールがある。ActionScriptを用いると描画、もしくは読み込んだイメージの位置、大きさ、深度等を単位時間毎に変更することができる。また、各イメージの複製、単純な図形の描画も可能である。キーボード、マウスの操作に合わせた動作、条件分岐により、実行時にシミュレーションのパラメータを変更することも可能である。Webアプリケーションとしてよく利用されるインターフェースがライブラリーとして提供されており、最適なインターフェースデザインも比較的容易にできる。

ActionScriptによる教材開発について、開発した教材を例に考えていこう。例えば、粒子衝突のシミュレーションであれば、最初に、対象とするモデルを離散化、数値化し計算に必要なアルゴリズムを検討する。このとき、衝突をどこまで正確にシミュレートするかの検討が重要であるが、まずは、簡単なアルゴリズムで作成してみるといった形で開発し、動作を見ながらアルゴリズムを再検討する方が多くの場合効率が良い。次に、描画ツールで背景、球状の粒子を描画し、粒子に対してその位置が物理法則に則って変化するというアルゴリズムをActionScriptで記述する。さらにクリックすると粒子を決められた数だけ複製し、等間隔な配置等、適当な初期条件からシミュレーションをスタートするといったActionScriptを記述したボタンを用意する。これでベースとなるアニメーション化とインターフェースが完成する。後は、粒子数を変更するインターフェースを用意する、各粒子について色の異なる複数の画像を用意し表示する画像を切り替えることでエネルギーに応じた色の変化を実現する、アニメーションに合わせて適当な補助線、物理量の変化を表すグラフを描画する等、教育効果を考慮し改良を加えていくといった形で教材の完成度を高めていく。ここまで開発が進めば、授業で利用することができるであろう。実際の授業で利用した際の学習の様子、学生の意見等のフィードバックを大切にして、教材をアルゴリズム検討

の段階から見直すことで、より教育効果の高い教材へと改良していくことが可能になる。ここまでのプロセスを図3にまとめておく。

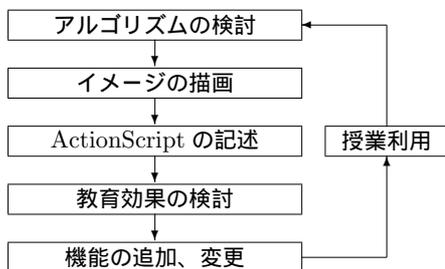


図3 ActionScript 教材開発プロセス

可視化の際に注意することの一つは、誤差の蓄積である。できるだけ多くの環境で利用するためにも、計算量はできるだけ抑える必要があり、不要な計算は避けなくてはならない。ただし、誤差の蓄積による系の振る舞いの変化が無視できなくなる等により、教育目的達成上の問題が発生するようでは実用に耐えない。このため、計算精度については各教材の教育目的に合わせて適切に設定する必要がある。また、学生が教材を見る視点を意識し、教材の意図が分かりやすい様、配色、形状、大きさに配慮することが大切である。描画したオブジェクトの色、形状、大きさを変更することで、個々の視点に合わせてられるようなインターフェイスを用意するといった工夫も可能である。

教材のインターフェイスは、解説を読んだり説明を聞いたりしなくても実行可能なものとし、同じ機能に関する操作については各教材で共通のものを利用した。これにより、限られた授業時間内でスムーズに教材利用が可能なることを心がけた。実際の教材操作に対する注意点の一つは、教材を操作する部分にある種のゲーム性が入ってくることである。これにより、学生の興味を引き出すことができるが、指先の動作に応じて画面表示がテンポ良く変化していくと、学生は画面を見ることに集中してしまい教材の意図についての思考を巡らすことができなくなる。このような場合には、できるだけ短い時間間隔で教材の動きを停止し、学生がモデルの振る舞いについて考え始めるきっかけを作る必要がある。特に初等、中等教育においてはイベントクリア型、ロールプレイング型等のゲーム性を導入し学習効果を高める事も重要である。

開発した教材は、広島大学で授業の補助教材として、また、大島商船高等専門学校での実験授業の中で利用している。利用した学生、生徒の多くから教材に対する意見を集め、教材開発に生かしている。学習者からの意見

の多くは、モデルの振る舞いがアニメーションで良く分かった等、教材の教育効果に関する感想である。ただし、開発側があまり想定していなかった要望等もある。例えば、今回の教材は短時間で終了するシミュレーションであるため実行履歴を保存する機能は付けていなかったが、他の学習者の操作と比較するためにもシミュレーションの実行履歴が欲しいといった要望があり、一部の教材については初期状態を一時的に記憶する形に改良を加えた。また、正解、もしくはゴールが無いのかといった質問もあった。これについては複数の視点を提供するためどうなったら正解とかゴールといった形にはしていないのであるが、モデルの振る舞いを評価する視点が明確になるよう授業内容を工夫しなくてはならない。

教材に関する現在の課題としては、内部構造まで分かり易い擬似3次元表現、板書と同様の効果を持つ式変形の表現等がある。擬似3次元表現については、精度を上げるとすぐにCPU負荷が大きくなるため、計算量の少ないアルゴリズムも合わせて考えなくてはならない。また、式変形については、さまざまな式変形を効率的に入力する処方も合わせて解決する必要があり、ActionScript以外の利用も考慮しつつ調査を進めている。

本研究プロジェクトでは、いろいろな教材の開発を進めてきた。開発した教材は、教材配信サイト、<http://www.riise.hiroshima-u.ac.jp/ePhysics/>で公開しているので実際に操作してみたい。リンクしている教材開発支援サイトでは、各教材のソースファイル、開発中の教材等も公開している。開発者以外が授業でこれらの教材を利用するためには、教師用の利用手引き、教材の意図と観察の視点を与えるワークシート等が必要になる。こちらについては、現在作成を進めており、できたものから公開していく方針である。

4 教材開発コラボレーション

ところで、効果的なシミュレーション教材の開発にはさまざまなスキルが必要となる。このため、教官が単独で高品質な教材開発を行おうとすると多くの時間を費やすことになる。一方、教材開発のためのアプリケーションは、操作が簡単で洗練されたものが揃いつつあり、低価格な製品であっても、教材開発のために十分な機能を利用できるようになってきた。多くの製品は、SCORM等の国際規格にも対応しており、教材開発環境は成熟しつつあると考えてよい。これらのアプリケーションを利用するとある程度の予備知識を持っていれば簡単に教材開発を始めることが可能であり、教材開発者の育成も比較的容易になってきている。

現在、多くの高等教育機関においてさまざまな教材開

発プロジェクトが展開しつつあり、教材開発が可能な多くの人材が育ってきている。このようなプロジェクトのいくつかが有機的に結びついたコミュニティを形成することで、教材開発に必要な知識、利用例を蓄積し、効果的、効率的な教材開発へと繋げていくことができる。

広島大学では、コミュニティ形成に向けた取り組みの一つとして、Wiki を用いた教材開発支援サイトを構築し運用している。サイトは、図 4 に示すように、教材配

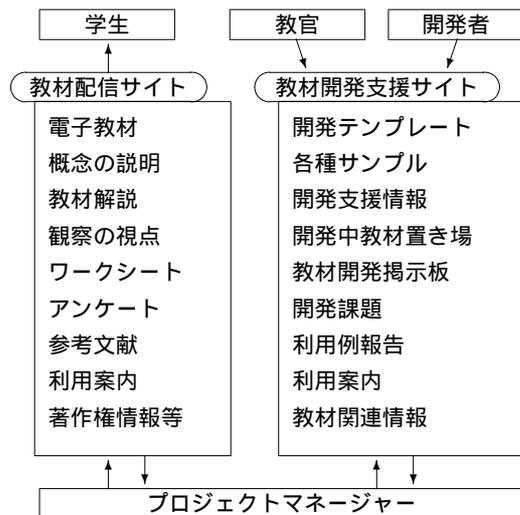


図 4 開発支援サイトと支援の流れ

信サイトと教材開発支援サイトに分離している。教材開発支援サイトで教材開発に必要なコラボレーションを展開し、開発した教材を教材配信サイトに掲載するのである。教材開発者の育成、開発する教材案の選定、教材開発のスケジュール管理、できあがった教材の最適化等をプロジェクトマネージャーの方で行うこととし、教材開発作業は育成した開発者を中心に、Wiki サイトと週 1 程度のミーティングを通して進めている。

Wiki の利点は、サイトにアクセスさえすれば自由にページの作成、情報の書き込み、作成中の教材をアップロードできることにある。自由にページを構成できる雰囲気は、最適なサイトの構成、教材作成支援に必要な情報等に関するアイデアを誘発する。参加者が適当なアイデアを持ち寄るといった形態は、新しい試みに対する最初のステップとして、特に有用であった。このようなコラボレーションの中、今回の開発では、図 4 に挙げた情報をサイトに掲載することとしていった。

誰もが自由にページの変更を行える状態は、サイトの統一感が失われる、有用な情報と不要な情報が入り混じる等の心配もある。このため、プロジェクトマネージャーを配置し、サイトデザインの基礎となるルール作りを行

い、開発理念、方針の明確な教材を品質が保障された形で作成するための管理作業を行った。コラボレーションの規模を拡大する場合には、プロジェクトマネージャー的な役割の強化と負荷分散が成功の鍵の一つとなるであろう。これについては、コラボレーションの規模拡大の中で自然発生していくのではないかと期待しているが、今後の研究課題の一つである。

5 まとめ

本研究では、Wiki を用いた教材開発支援サイトを核に ActionScript 教材の開発を進めてきた。これにより ActionScript によるシミュレーションと結果の可視化、アニメーション化について調べた。ActionScript 教材は学習のきっかけとして、また、仮説に基づくモデルの振る舞いを理解するうえで有用であることが授業での利用等により明らかになりつつある。Wiki を利用した教材作成支援サイトについては、あらかじめ面識のあるスタッフ間での教材開発コラボレーションではあるが大変有効に機能している。また、ここでは物理学に関するシミュレーション教材開発に基づいた議論を展開した。学習内容によっては、ここで述べたものとは異なるアプローチを取るようになると考えているが、教材開発理念の構築、各種支援の始め方等で共通に利用できる事柄も多いはずである。

今後は、教材開発コラボレーションの輪を広げ、教材例から実際の教育現場で活用できる教材へ、教材開発支援サイトのプロトタイプから教材開発支援ポータルへと研究を進めていく。現在は、このような教材を作成する中で用いた教材開発手順、方法から、汎用性のある事項について情報共有し、議論することで、新たな進展を探るため、研究協力者にアクセスを制限してきた教材開発支援サイトをインターネット上で公開したところである。これにより、支援内容と教材の充実、利用例の蓄積を図ると共に ActionScript 教材開発コミュニティを形成し、その中でより実践的な課題に取り組む計画である。

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費補助金、特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」の補助の下で実施しました。本教材開発に際して大島商船高等専門学校佐々井祐二助教授から有益な助言をいただきました。また、広島大学情報メディア教育研究センターの皆さんからは、プロジェクトの期間を通して暖かいご支援をいただきました。ここに感謝の意を表します。