

ActionScript によるシミュレーションとマルチメディア教材開発

ActionScript Simulation and Multimedia Contents for Education

稲垣知宏	福永 優	藤原隆浩
INAGAKI, Tomohiro	FUKUNAGA, Masaru	FUJIHARA, Takahiro
服部 雄	林 雅子	中村 純
HATTORI, Takeshi	HAYASHI, Masako	NAKAMURA, Atsushi
隅谷孝洋	長登 康	佐々井祐二*
SUMIYA, Takahiro	NAGATO, Yasushi	SASAI, Yuji
深澤謙次†		
FUKAZAWA, Kenji		

広島大学
Hiroshima University

*大島商船高等専門学校
Oshima National College of Maritime Technology

†呉工業高等専門学校
Kure National College of Technology

[要約]

インターネット上に築かれた Web 文化は、ここ数年、多彩な操作性とマルチメディアを取り入れる方向で大きく発展した。Web サイト構築とアプリケーション開発に用いられる環境の一部は、シミュレーションとマルチメディアを利用した教材の開発環境としても有用である。このため、Web 文化の進展は、電子教材開発に必要な情報を充実し、教材開発負荷を大きく軽減した。本論では、電子教材開発を、シミュレーション、及びマルチメディアの教育利用という観点から見直し、電子教材の持つ教育効果について議論する。さらに、Flash コンテンツの作成に利用される ActionScript による教材開発に必要な体制と負荷、具体的な教材例を紹介し、実験授業での活用例を元実践での課題を明らかにする。

[キーワード] シミュレーション教材, マルチメディア教材, ActionScript

1. はじめに

コンピュータの高速化、大容量化と低価格化は、研究の先端領域で利用された計算機シミュレーションをわずか数年遅れで学校教育に導入されるコンピュータ上で実行可能にしてきた。また、コンピュータネットワークの普及、ブロードバンド環境の低価格化と共に大きく進展した Web 文化は、視覚、聴覚、文字情報を組み合わせて情報を表現するマルチメディア利用の幅を広げ、マルチメディアコンテンツを

取り巻く状況に質的变化をもたらした。

このコンピュータシミュレーション、マルチメディアと Web を効果的に利用することで従来とは異なる形の授業形態が可能になる。学習者はコンピュータシミュレーションとマルチメディアにより、日常的な経験、通常の視覚イメージとは異なる状況を体験することができる。このような体感は、日常的な経験の中では習得の難しい概念の学習に役立つと考えられる。このため、コンピュータシミュレーションとマルチメディアを利用した新しい教育の実践と

効果的な教育コンテンツ開発に向けた試行錯誤が続けられている。

従来、このような電子教材開発を系統的、継続的に行うには、十分な資金と組織体制が必要であり、教員が単独で試みるには、大きな負荷を覚悟しなくてはならなかった。ところが、Webサイトで利用される技術の発展に伴い、コンピュータシミュレーションを利用したマルチメディアコンテンツ開発に必要なソフトウェア環境とサポート情報は、ここ数年で劇的に充実してきた。これによりコンテンツ開発に必要な技能、負荷が、大きく軽減しており、質の高い教材を比較的簡単に作成することも可能になっている。さらに、音声入出力、映像入出力のための周辺機器も低価格化している。電子教材の開発はさまざまなレベルで行われてきたが、より教育、研究の現場に近いところで開発が可能になったことで、教育者毎の教育目標、教育スタイル、学習者のレベルに合わせた教材作りや細かい仕様の変更も難しく無くなりつつある。このような状況下、我々は、研究、教育の現場に根ざしたマルチメディア教材開発プロジェクトを進めている。(稲垣ほか 2004)

本論では、まず計算機シミュレーションとマルチメディアの教育利用について概観する。次に、教材開発に必要な体制と開発にかかる負荷について、我々のプロジェクトを例に報告する。具体的なActionScript教材としては、短時間でそして安価に実現できる例を紹介する。さらに、作成した教材を用いた実験授業からのフィードバックについて報告し、シミュレーション、マルチメディア教材を用いた実践時の課題を明らかにする。

2. 計算機シミュレーションの教育利用

20世紀後半以降、学問の先端領域の多くは計算機シミュレーションと結びつくことで新たな転機を迎えてきた。この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、予算で実現することにある。これにより、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を習熟させるといった教育効果を期待している。概念定着プロセスを考えると、シミュレーションを教育で利用するメリットは、

- 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操作と繰り返し

にあると考えられる。

同様の教育効果は実験により実現することも可能である。実験では、より自然な形で新しい概念について学習する事ができるという利点もあるが、普及した一般的な環境で簡易に実行可能なシミュレーション教材を作成し有効に活用することで、日々の学習の中で仮想的な実験を繰り返しおこなうことが可能になり、理論的な説明だけでは把握の難しい概念の習得を促すことが可能になる。これにより、体験型学習の即時性を高めるといった効果が期待されている。(G. M. Novakほか 1999)

3. マルチメディアの教育利用

各種メディアの登場は、メッセージ伝達の高速化、多様化を促してきた。必然的に、多くのメディアは何らかの意味で教育の中に取り入れられてきた。現在、ラジオ、テレビ、これを録音、録画したMD、DVDは初等、中等、高等教育に広く取り入れられている。ほとんどのメディアはデジタル化されており、こうしたメディアを統合してコンピュータで取り扱うことで、個々の学習者が音声情報、映像情報等を用いた学習を各自の進度、興味に合わせて行い、学習者の個性に合わせた教育が実現できると期待されている。外国語学習で広く利用されているCALL環境等は、この一例である。また、多くの家庭に浸透しつつあるブロードバンド環境は、こういった教育をどこにでも容易に配信できるようにした。

マルチメディアを取り巻く環境は充実の一途を辿っているが、これを教育に利用し効果を上げることができるかどうかは、コンテンツに掛かっているといっても過言ではない。マルチメディアは人類の五感を拡張すると考えられるが、以下の様な拡張が教

育に有効となる。

- データの可視化（視覚の拡張）
- インターフェイス（触覚の拡張）
- コミュニケーション（視覚，聴覚の拡張）

その場で直接体験するのが困難な状況を実際に目で見える形で可視化することは，現象の視覚的な把握に効果的である。また，各種のインターフェイスを設けることは，可視化した事象に手で触れ，体で接する感覚を誘起し，仮想的な事象により現実感を持たせる効果がある。また，教育に欠かせないコミュニケーションに対してもマルチメディアはさまざまな手法を提供してくれる。本論で紹介する教材例は，これらのうち可視化とインターフェイスについて工夫した教材である。

実際の教育現場では，こういった機能とWebによる検索機能，翻訳サイト，CD，DVDといった媒体で提供される各種コンテンツを複合して用いることで，より効率の良い教育が可能になるであろうし，学習者のレベルに合わせてコンテンツを表示するe-learningシステムと組み合わせることで，さらなる教育効果が期待できるようになる。情報メディアの進展と共に新たな教育環境構築が常に模索されており，マルチメディアの教育利用については常に新しい手法が提案されているのが現状である。

4. ActionScript 教材開発

最終的に広い範囲で利用されることを目的とすると，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形が最良の選択の一つであろう。さまざまなOSで使用可能でファイルサイズも小さい教材を作成するには，Flash（Macromedia社）の開発環境が候補の一つとして考えられる。多くのメディアはFlash上のActionScriptで取り扱うことができる。実際，ActionScriptは多くのWebサイトで利用されており情報が豊富なこと，教材デザインとプログラム開発が同じ開発環境の中で行えること，また，Flash Communication Server等と連携することでコミュ

ニケーション機能を付与できること等から，ここでは，マルチメディア教材開発にActionScriptを利用することとした。

ActionScriptを使うと比較的に教材を作成できる。とは言っても，独力で教材を作成するには限界があるし，問題を抱えて困る場面も少なくない。いろいろな教育関係者がさまざまなレベルで気軽に開発に寄与するためにも，教材開発に関する情報を共有し，開発者間，利用者間のコミュニケーションを支援していく仕組みがあると有効である。本プロジェクトではActionScript教材例を開発すると同時に，教材開発情報の共有にWikiサイトを利用し，教材作成の基本パーツ，教材開発に関する情報，参考文献，自由に改変可能なソースファイル等を蓄積，公開している。Wikiツールは，電子教材開発関係者間のコミュニケーションを活性化するだけでなく，開発における試行錯誤の履歴，各種記録の利便性を高め，情報の蓄積が進む等の成果を上げている。

<http://www.riise.hiroshima-u.ac.jp/ePhysics/>

では，開発サイトと配信サイトを図1の形に分け，教材開発を行っている。（稲垣ほか 2004b）

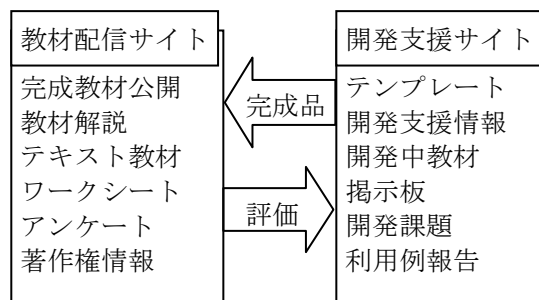


図1 教材開発サイクル

さらに，理論物理学を専攻する大学院生数名に謝金を支払い教材開発の一部をお願いすることとした。当初，彼らは簡単なプログラミングの経験はあるが，FlashにもActionScriptにも触れた事が無い状態であった。このため，打ち合わせ初日にActionScript使用に関する1時間程度のレクチャーを行い，まずは簡単な課題を1週間掛けて作成することとした。後は，適宜，Webサイト，書籍で情報収集するよう求めた

が、およそ2～4週間で実践的な教材を作成できるに到った。その後、大学のスタッフと開発担当大学院生4～6名体制での開発を実施している。理系の大学院生を教材開発として育成することは、大学院生が情報メディアを活用する能力を身に付けるという意味を持つ。また、将来的な教材開発者の育成といった意味も持っており、大学院教育カリキュラムへの取り込み等へ進展させたいと考えている。

なお、開発している全ての教材はWebサイト (<http://www.riise.hiroshima-u.ac.jp/ePhysics/>) 上で公開している。

5. 教材例

本プロジェクトで作成した教材の一部を紹介する。

単純なルールでも、場合によって系は非常に複雑な振る舞いをする。多くの系では、複雑な振る舞いの中に単純なルールが隠されており、最終的な振る舞いはルールに応じた規則性を持っている。

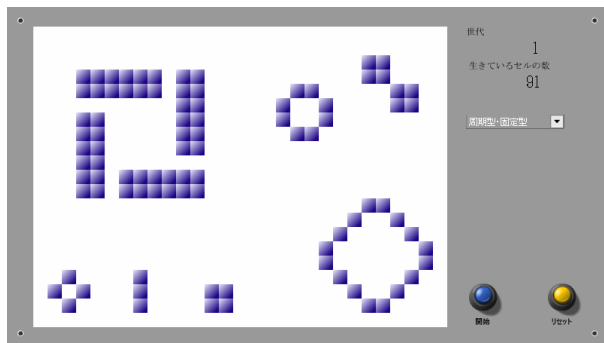


図2 ライフゲーム

図2はスクリーンセーバ等でよく見かけるライフゲームである。そのルールは、自分が生きている場合、自分を囲む8個のセルのうち2個もしくは、3個が生きている場合のみ生き残り、自分が死んでいる場合は、自分を囲む8個のセルのうち、3個が生きている場合のみ新たに誕生する。学習者は、単純なルールの中で生きているセルの初期配置を自由に設定し、僅かな初期配置の差が結果を大きく変えてしまうことを観察できる。

本教材は実験授業の中でも利用し、授業後のアン

ケートの中で初期状態の記録による再実行性の簡略化が求められた。この結果を参考に、設定したパターンを一時的に記録する改善を行っている。

別の例として、Webカメラを利用した例を紹介する。ActionScriptでは、パソコンに接続したWebカメラから映像を取得することができる。この機能を活用して作成した教材例が図3である。ここでは、Webカメラの画面を正三角形の形に切り抜き、これを9枚、左右反転しつつ張り合わせている。各画面はクリックすると左右反転するようになっている。

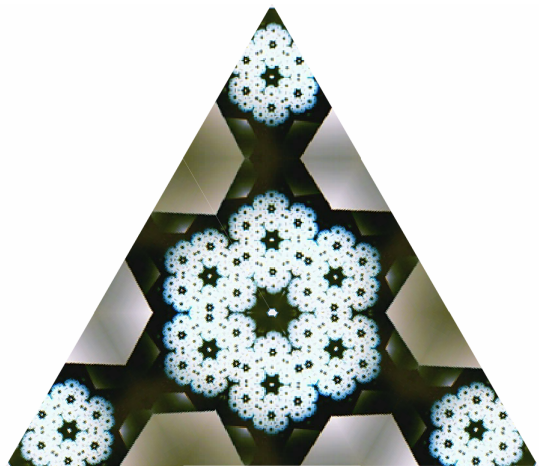


図3 Webカメラによる鏡映変換

本教材は回転、反転といった変換の下での対称性の概念について学ぶために作成したが、Webカメラを教材の映っている画面自体に向けることで、合わせ鏡のように同じ形が徐々に縮小されながら繰り返されフラクタルの導入にも利用可能である。線形の形状を写すことで立体を把握するといった利用方法も考えられる。

図4は、本教材のベース部分に書かれているActionScriptソースである。各コマンドの意味はコメント行以上の説明は割愛するが、ベースプログラムで利用しているのはわずか3通りの命令である。教材を作成するには、他にクリック時の左右反転プログラムの記述、画面を正三角形の形に切り抜きこれを9枚張り合わせる作業があるが、Flashの利用に慣れていれば1時間程度で本教材を完成できることと思う。

```
# Web カメラの映像を取得
theCamera = Camera.get();
# 3つの画面を左右反転
base2._xscale=-base2._xscale;
base4._xscale=-base4._xscale;
base6._xscale=-base6._xscale;
# 9つの画面に映像を貼り付け
base1.base.attachVideo(theCamera);
base2.base.attachVideo(theCamera);
base3.base.attachVideo(theCamera);
base4.base.attachVideo(theCamera);
base5.base.attachVideo(theCamera);
base6.base.attachVideo(theCamera);
base7.base.attachVideo(theCamera);
base8.base.attachVideo(theCamera);
base9.base.attachVideo(theCamera);
```

図 4 ActionScript ソース（例）

6. 実験授業

開発した教材の教育効果と教育現場に導入する際の課題を明らかにする目的で、2005年2月、呉工業高等専門学校、大島商船高等専門学校の計5クラスで実験授業を実施した。授業では「自然の対称性」をテーマとし、前節で紹介したWebカメラによる鏡映変換コンテンツと自動的に鏡映画像を描く鏡映ペイントコンテンツを利用した。講義は教材の企画に参加した大学教員が担当し、開発者がTAを行った。教室は各高専のPC教室である。各生徒が用意した教材を操作できるのが一番良いが、今回はWebカメラを人数分用意できなかったため、Webカメラによる鏡映変換コンテンツについてはカメラ操作を授業担当教員が行った。鏡映ペイントコンテンツについては各生徒が操作した。授業時間45分間の中で、講義、実習を行い、アンケートを回収した。

ここで、授業後に実施したアンケート結果のうち、授業を行った、A～E、5クラスについて教材に関する部分の抜粋を、表1に掲載する。

表 1 アンケート結果（抜粋）

本日利用した教材の意図は分かりましたか？						
	A	B	C	D	E	計
はい	19%	13%	25%	20%	34%	22%
ふつう	70%	50%	50%	60%	58%	58%
いいえ	11%	37%	25%	20%	8%	20%

本日利用した教材はおもしろかったですか？						
	A	B	C	D	E	計
はい	78%	47%	72%	49%	79%	65%
ふつう	19%	32%	22%	34%	21%	26%
いいえ	0%	18%	6%	14%	0%	8%

これを見ると、クラス毎の差も多少あるが、ほとんどの生徒が教材に興味を持って接しているが、教材の意図について十分に理解できたと考えている生徒は2割程度にしか達していないことが分かる。授業時の印象としても、教材の趣旨が良く理解できずに楽しく遊んで終わってしまう生徒もいるように見えた。クラス担任の先生方にもコメントを求めると同時に、授業終了後、生徒の声を直接聞いていただいた。その結果、

鏡映ペイントも学生は気に入ったようで、左右対称とはどういうことか無意識の内に理解し始めたようです。電子教材は興味付けについて有効であると思いました。

といったコメントと同時に、

何人かの学生には直接感想を聞いてみたのですが、面白かったという学生もいれば、説明が早過ぎてよくわからなかったという学生もいました。彼らは工学系の学生なので、対称性という考え方に慣れておらず、飲み込みの早い学生とそうでない学生で違いがでるような気がします。

といった意見が寄せられており、短い授業時間内での電子教材利用の難点も明らかになっている。

実験授業の中で、マルチメディア教材は生徒の興

味を喚起する上で十分な効果があった。ただし、全ての生徒が教材の意図を把握できたわけではない。この様な教材の教育効果をより客観的に計るためにも、教材を使って何が分かるようになったのかを明らかにしなくてはならない。現在、このための学習者向けワークシート、及びクラス担任向けアンケートについて検討している。また、授業時間を利用する形態では時間的な制約が厳しいのも事実であり、授業内容の見直し、予習用教材の配布等により、ある程度は改善できると考えているが、予習、復習時等、授業外での利用が現実的かもしれない。

なお、アンケートの記述欄では教材のデザイン、操作法に対する要望もあり、生徒、教師からのレスポンスが教材の改善に役立っていることを記しておく。

7. 結果と考察

ActionScriptによるシミュレーションとマルチメディア教材開発について述べ、作成した教材例を用いた授業での実践結果について報告した。

教材例を利用した実験授業では「対称性」というテーマを扱った。用いた電子教材の効果については生徒の満足度をアンケート調査、及びクラス担任による聞き取り調査等により調べた。その結果、マルチメディア教材が生徒の興味を喚起する事には成功していることが分かる。マルチメディア教材が生徒の関心を新しいテーマに向ける効果は大きく、教材の充実が望まれる。ただし、そこから概念の習得、そして習熟へと繋げるには授業方法に更なる工夫が必要である。「対称性」はほとんどの生徒にとって新しい概念であり、日常生活と密接に関係している概念とはいえ、限られた授業時間内で概念の根幹に触れるのは容易ではない。こういった授業を成立させ確実な教育効果を上げていくためにも、実験授業の教育効果を客観的に評価する必要がある。また、教材の有効性についても、計算機シミュレーション、マルチメディアの教育利用の教育利用といった観点から、より詳細な分析を行う必要がある。ただし、この様な1度だけ行われる授業の効果測定方法は確

立しているとは言えず、今後の大きな課題である。

ここでの教材開発は大学のスタッフと大学院生によるものであるが、学習者自信が教材を作成するといった試みもあり、マルチメディア教材開発体制は、今後、より教育の現場に密着した形へと進展していくのではないかと考えている。我々のプロジェクトでは、このような流れを作り出す事で教材開発も活性化すると考え、教材開発情報を蓄積すると共に情報公開に努めている。さらに、教材開発者のためのコミュニケーションサイトを用意しているので興味を持たれた方がいれば、参加して欲しい。ここで紹介した様な教材を教育現場で利用されたい方がいれば、授業スタイルに合わせた教材の改良等も行うので、コミュニケーションサイト等を通じて相談いただきたい。今後、コラボレーションの輪が広がり、これを核とした新たなコミュニティが形成されることで、継続的な教材開発の道が開けると期待している。

8. おわりに

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。

参考文献

- Novak, G. M., Patterson, E. T., Gavrín, A. D., and Christian, W. (1999) 「Just-in-Time Teaching」. Prentice Hall Inc. 1-29
- 稲垣知宏, 太田朱美, 佐々井祐二, 隅谷孝洋, 長登康, 中村純, 平方正樹, 福永優 (2004) シミュレーションを用いた物理教育. 計算工学会講演会論文集, 9:721-724
- 稲垣知宏, 太田朱美, 佐々井祐二, 隅谷孝洋, 長登康, 中村純, 平方正樹, 福永優, 藤原隆浩 (2004b) Wikiによる電子教材開発コラボレーション. 日本教育工学会第20回全国大会講演論文集, 775-776