

Java を用いた Web ベースの CG 技法の教育

西田 友是

東京大学大学院新領域創成科学研究科

近年、WBT (Web Based Training) が重要視されるようになってきている。一方、Java、VRML などの発展に伴いプログラム可能なインターネットの利用技術の種々の応用が試みられてきた。しかし、この技術の教育用への利用はまだ十分ではない。本稿では、Java を用いた CG 教育/教材について、通信教育の例および講義における例を紹介する。前者は画像情報教育振興協会の Java 教材を活用したインターネット CG 通信講座、後者に関しては、著者がこの数年間行ってきた講義での Java による CG 教材について紹介する。

Web-based Education for CG Technologies by using Interactive Java Applets

Tomoyuki Nishita

Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

With the Internet growing rapidly, we propose a web-based training (WBT) system and courseware for advanced computer graphics courses subject to undergraduate students. By using the WBT system, the students have no temporal and spatial limitations for studying the computer graphics' technologies, once they could connect to the Internet, they can study all they wish in any time at any place. Hence, people can use any Java enabled browser on any kinds of platforms to study the computer graphics technologies via the WBT system interactively. This paper introduces two examples of CG education system/materials; web-based training system running by CG-ARTS, interactive Java Applets in my lectures.

1. はじめに

インターネット社会の急速な発展と普及に伴い、コンテンツ制作、中でも、3次元CGを用いた高度なコンテンツ制作に対する関心が高まっている。コンテンツ・クリエイター、メディア・アーティスト、ゲーム開発者などから、より高度なCGの知識と技能を身につけたいという強い要望がある。しかしながら、その内容を体系的に学習するためには、学習内容の高度さ、複雑さゆえ、相当の努力が要求される。また、独学に適した教材が見つからないこと、仕事や勉強が忙しくて通学できないなどの理由で、断念している人が多いのが実情である。書籍を中心とした従来型の学習に対して、最近ではインターネットを活用した Web Based Training により、高度な専門知識や技能を習得しようとする傾向にある。

本稿では、Java を用いた CG 教育/教材につい

て、2つの例を紹介する。1つは財団法人画像情報教育振興協会(略称CG-ARTS協会)のJava教材を活用したインターネットCG通信講座、他の例として、著者がこの数年間実施している講義でのJavaによるCG教材について紹介する。

前者の例として、CG-ARTSでは、Java教材を活用したインターネット通信講座を開設し、文部科学省認定「画像情報技能検定CG部門(略称CG検定)」2級合格レベル相当の知識を目標として、2000年11月より通信講座が開講され、本年4月からは内容が強化されe-ラーニングCGテクニクマスターコース」として開講される。本稿ではこの講座の内容を概説する。

後者の例として、筆者の講義で使用している教材について説明する。筆者は複数の大学において学部(教養部や文科系も含む)大学院においてCGを講義しており、5、6年前から課題として

Java プログラミングを課し、また教材として Java アプレットを多用している。これらの事例について紹介する。

2. Java 教材の特徴

Java の特徴としては、1) Java で作ったプログラムはホームページの中で動作する。2) どの機種でも動作する。3) ネットワークに対応しているので、ブラウザはアプレットをサーバから自分のコンピュータにダウンロードし実行できる。4) セキュリティの面では、実行前に Java インタプリタでチェックを受けるのでコンピュータウイルスやバグがあるプログラムは実行して悪影響を及ぼす前に摘出することができる。5) マルチスレッド機能を実現している。

以上の点を活かし、Java 教材は次の特徴がある。

- (1) Java を用いることで遠隔講義でリアルタイム、インタラクティブな体験学習が実現できる。
- (2) 学習者の意志により各種パラメータをインタラクティブに操作し、理解できるまで各自のペースで進捗させる。自動採点を行い理解度に合わせた教材提示をすることができ、学習者の個人差を解消できる。
- (3) 特別なソフトを準備しなくてもブラウザで Java アプレットは動作可能なので、教室のみでなく家庭におけるパソコンでも復習できる。
- (4) 3次元CGを利用することにより、多次元(空間的、時間的)情報を仮想体験することができるので理解を深める。すなわち、2次元・3次元、静止画・動画(インタラクティブなアニメーション)と柔軟性のある表現力を持つ。

WBTであれば、学習の時間的場所的制約から開放され、インターネット接続さえできれば、好きな時間にどこからでも学習を行うことができる。また、Java Applet など、IT 技術の活用によって開発された教材は、そのインタラクティブ性によって、書籍等では成し得なかった教育効果

を上げることができると期待される。

3. インターネット通信講座 CG 標準コース

1) 学習目標: 「インターネット通信講座 CG 標準コース」[3]は、文部科学省認定<CG 検定>2 級合格レベル相当の知識と技能の修得を目標に設計されている。すなわち、主教材である『技術編 CG 標準テキストブック』[1]の内容を理解することを目標に講座のカリキュラムを設計した。Java 教材を中心とした Web 教材を開発し、高度な内容の円滑な学習を支援している。より高度な CG 技術の習得にチャレンジしたい大学生や専門学校生などを、受講対象者と想定した。

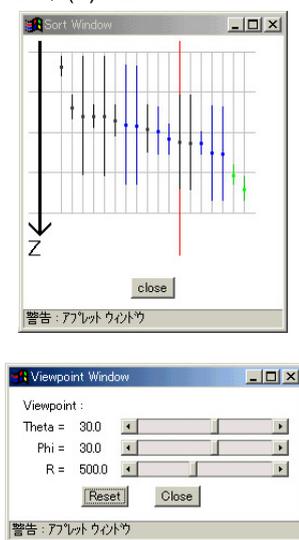
2) 講座の構成 [2]: 講座の Part 1 には「コンピュータグラフィックスとその展開」「レンダリング」「デジタル画像の表現」「画像処理」、Part 2 には「2 次元画像生成」「3 次元座標変換」「モデリング」「コンピュータアニメーション」「デジタルイメージと造形」「システム」「CG の歩み」の各単元が含まれている。Part 1、Part 2 とともに標準的な受講期間は 3 ヶ月(15~30 時間)が想定されている。41 個のアプレットで構成され、本年 4 月からさらに 13 個のアプレットが追加される。

3) 講座の特長: 本通信講座[3]の特長は、(1) 自分のペースで学習を進めることができる。受講者は都合のよい時間にインターネット経由でどこからでも学習できる。(2) Java など、マルチメディア教材を使って、インタラクティブな学習が可能で、CG の複雑なアルゴリズムを直感的に理解できる。(3) 豊富な学習支援機能、すなわち、受講者毎の学習状況を Web サイトで管理している。前回の学習の続きをすぐに再開する機能、理解度をチェックするために要所要所に設けられたミニテスト機能など、学習の進捗状況をモニタする機能がある。疑問点を容易に解決できる充実した

FAQ。担当講師に、受講者が理解できない内容や疑問点・質問をフォームから送信し、問い合わせへの解答状況を管理する機能など。(4) サブテキスト[2]も提供し、式の導出の説明、アルゴリズムをフローチャートを多用して、高度な内容を立体的に解説している。

4) **学習手順** : 学習者毎の「ホームルーム」ページが表示される(図1)。メニューから「Java教材」「Test(課題と修了テスト)」「Communication(質問コーナー)」「FAQ」を自由を選択することができる。学習の進捗や理解度を確認するために、3つの課題が用意されている。CG検定の過去の問題がミニテスト形式で出題され、理解度や弱点を手軽にチェックできる。すべてのカリキュラムを修得した時点で、「修了テスト」を受ける。

5) **教材例** : Java教材の開発に際しては、学習者が使いやすいするために、様々な工夫を凝らしている。図2のJava教材(奥行きソート法)を例に、具体的に説明する。例えば、視点の移動の指定方法一つをとっても、(1) 主キャンパス上でのマウスの動きに応じ



て視点をインタラクティブに移動できたり(2) 図2(左下)のような視点ウィンドウを介してスライダーを移動して視点の位置を指定したり、あるいは(3) 数値を直接入力したりするなど、多様な使い方が出来

る。

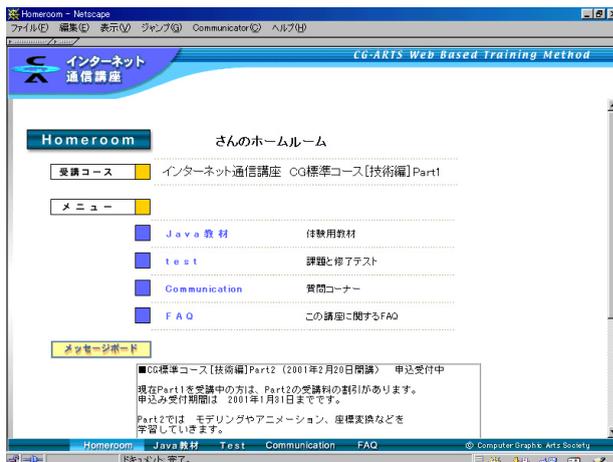


図1 メニューページ

図2に示した奥行きソート法では、「Step-by-step」モードを設けて、ポリゴン1枚毎にアルゴリズムの実行を停止する。これによって、ポリゴン単位にアルゴリズムの実行を逐次追うことができるので、じっくりと考えながら、理解を深めることができる。図2(左上)の「ソートウィンドウ」は、さらに奥行きソート法の原理を理解し易くするため、各ポリゴンが奥行き順に並べ替えられる様子を表示するウィンドウである。

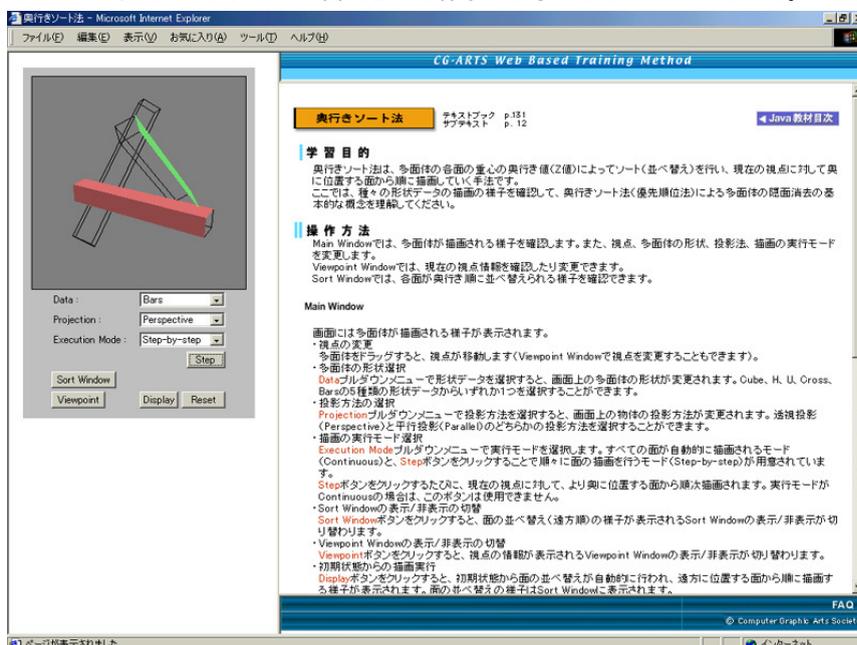


図2 奥行きソート法のアプリレット

図中の縦の線分は処理対象となるポリゴンを示している。図中、左から順により奥に位置するポリゴンが並べられる。視点移動に伴って、各ポリゴンを表

す線分の長さが変化するとともに、線分が自動的に並べ替えられる。線分の表示色(青、緑、黒)は、それぞれ、既に描画された面(青)、まだ描画されていない面(緑)、面が裏向きで(手前の面に隠れて)描画されることがない面(黒)を表している。図2(左)は補助ウィンドウと呼ばれ、CGアルゴリズムの理解を支援する有用な情報を表示する。これらの補助ウィンドウは、主キャンパスの子プロセスとして必要に応じて呼び出される。しかしながら、画面解像度が低いコンピュータを使っている場合、全部のウィンドウが重ならないように配置できないことがよく生じる。そこで、本Java Appletでは、イベント処理後、子プロセスを毎回再描画して、必ず補助ウィンドウが上になるよう制御した。

図3は画像処理の例である。この例は標準化および量子化を学ぶものである。ここでは、選択した画像に対し、量子化のレベルやサンプリング間隔をインタラクティブに変化させて、画像処理の基本の理解を深め易くしている。



図3 画像処理のアプレット

4. 講義における事例

筆者は、大学院および学部での講義において、極力CG画像を駆使して行っており、講義における宿題(課題)は、インターネットを介して画像やプログラムを提出してもらっている。ここでは、CG関連の教材や遠隔教育、およびCGのプログ

ラミング課題に関する事例を紹介する。



図4 CGテキスト

4.1 CG教材コンテンツ

図4に100頁以上のCGに関する教科書[4]をWeb化[5]した試みを示す。図中左部は目次を示す。目次や索引から簡単に目的のページに進める。また、キーワードは体験可能なJavaアプレットにリンクされている。すなわち、基礎的CG技法を、Java(Shockwave、VRMLも含む)を利用してインタラクティブ性を重視した体験学習ができる。幾何図形、3次元CGなど、約100ものコンテンツを準備した[6]。大別して、下記の項目からなる。

- 計算機幾何学
- 2次元グラフィックス
- 3次元グラフィックス
- 曲線・曲面
- フラクタル・カオス
- アニメーション・図形変形
- 画像処理
- その他

図5は、CGの代表的な技法であるレイトレーシング法を体験可能にした例を示す。この場合、物体の反射率、透過率など属性を変えることができる。図6は3次元物体の隠面消去法の代表的なアルゴリズムである「Zバッファ法」をインタラクティブに表示しているものである。

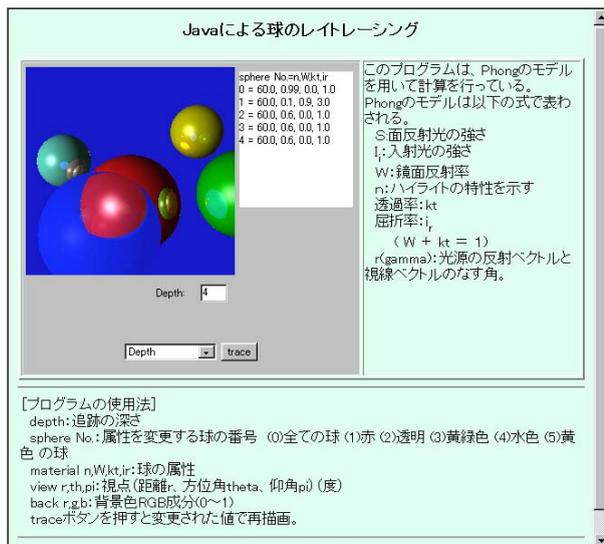


図 5 レイトレーシングのアプレット



図 6 Zバッファ法のアプレット

4.2 遠隔講義における実施実験

遠隔講義として、筆者が10年以上非常勤をしている大学において、100人弱（文系学生3年）のクラスを対象に、全学生が計算機に向かい専門外の教師の指導で実施した（東京大学にサーバを設置し、遠隔教講義を3日間実施）。

講義において、受講者は本システムの使用方法についての説明を受け、以後は個人の進捗状況に応じて学べるものとした。自宅学習も可能なので、自宅においても追体験できる。図7に本システムの構成を示す。

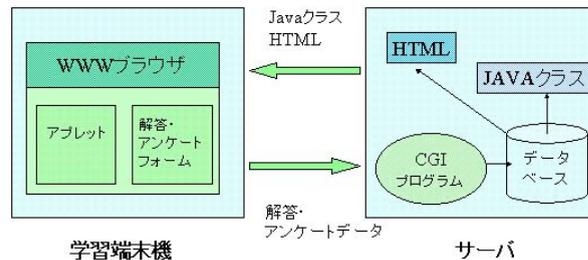


図 7 システム構成

いくつかの問題（質問）を列記した課題ページを設け、そのページにおいて課題を選択し、その課題についての解答をテキストフォームに入力して、送信ボタンによりサーバに送る形式とした。こうした統計処理には CGI を用いており、受講者の解答をフォームに書き込み送信する。解答やアンケートは統計処理を行うが、これは Perl 言語を利用して開発した。

表 1 コンテンツの投票結果

順位	コンテンツ
1	Zバッファ法による多面体の隠面消去
2	カラーモデルの表示
3	フラクタルを用いた山の生成
4	モーフィングによるアニメーション
5	スムーズシェディング（色補間）
6	レイトレーシング法

受講後にどのコンテンツに興味があったか、あるいは学習効果があったかをアンケート（一覧表からクリックする形式）し集計した。投票結果を表1に示す。表から判るように、会話性の高いもの、3次元的なものほど興味もたれたことがいえる。また、本教育システムの感想についてもアンケートを取った。代表的なものとしては、下記の感想がある。

はじめてこのような形式の授業を受けて他の授業と比べ良くわかった。

CG体験学習で、色々な方法で色を計算したり変えたり、座標を変えたり、図形を回転させたりすることが理解

できた。

普段の大学生活では体験できないことも色々できた。

今までの説明は文面やスクリーン上でしか見られなかったが、1人1人で立体的に見られて、自分で動かせるので、身近で面白く思えた。

アンケートによりその効果および問題点を明らかにし、有効な結果を得ることができた。

4.3 プログラミング課題

筆者は教養部の学生、4年生、大学院生を対象にした講義を持っており、それぞれプログラミング課題を出している[7]。教養部においては、一価関数の隠面消去、2次元フラクタル、凸多面体の隠面消去、4年生では曲線表示、クリッピング、走査変換、Z バッファ法、レイトレーシング法、大学院生の場合、ポリウムレンダリング、ラジオシティ法(2次元)、Bezier 曲面表示などを課題としている。いずれもインタラクティブなプログラムを作成する学生があり、筆者が期待している以上に興味深い作品(特にGUIが奇抜)があり、いいヒントとなっている。特に今までで優れたものに、ラジオシティ法、ノンフォトリアリスティックレンダリング、BSP ツリー、影表示など専門家レベルのプログラムを提出するものがあり、驚かされることが多々ある。

5. まとめ

マルチメディア利用の教育の特徴としては、遠隔学習・遠隔教育、教室のない教育、体験学習などが挙げられる。これを実現するには、CGとインターネットは切り離せないといえる。3次元CGは色々な計算結果の可視化のツールとして有用で、特にインタラクティブ(双方向)性を利用するには有効である。

下記の点の成果が得られた。

・従来のWWW教材のメリットを継承し、Javaアプレットにより対話性、動画表示の有効性が示せた。

- ・遠隔学習、遠隔教育、体験学習が実現できた。
- ・教室のない教育(壁の消滅)が実現できた。
- ・学生を対象に遠隔教育の授業を実施し、有効な結果を得ることができた。

こうした、経験をもとに今後もより有効性の高い教育システムを構築していく予定である。

謝辞: インターネット通信講座の企画 設計 開発 開設に当たり、多くの方々にご協力頂いた。Java 教材の企画・監修の慶應義塾大学大野義夫、埼玉大学近藤邦雄、北海道大学高井昌彰・土橋宜典、静岡大学三浦憲二郎各先生、NTT高橋時市郎氏、画像情報教育振興協会宮井あゆみ・木村歩さん。教材制作委員の名城大学田中敏光 尚美学園大学春口巖 北海道情報大学高井那美各先生、教材開発サイト運用担当 東京大学理学部望月義典 助手、Java Applet 開発担当の東京大学西田研究室 慶應義塾大学大野研究室 北海道大学高井研究室 静岡大学三浦研究室 埼玉大学近藤研究室の学生諸君、システム開発担当およびドキュメント制作担当 NTT ラーニングシステムズの方々にご協力頂いた。

参考文献

- [1] 技術編 CG 標準テキストブック編集委員会監修 『技術編 CG 標準テキストブック』 財団法人 画像情報教育振興協会 (1999).
- [2] 西田友是・大野義夫・高橋時市郎監修 『インターネット通信講座 CG 標準コース【技術編】 Part 1/Part 2 サブテキスト』 財団法人画像情報教育振興協会 (2000/2001).
- [3] <http://www.cgarts.or.jp/wbt/>
- [4] 西田、「コンピュータによる画像生成」、1993-4 大学教育出版
- [5] <http://nis-lab.is.s.u-tokyo.ac.jp/~nis/CG/cgtxt/index2.htm>
- [6] <http://nis-lab.is.s.u-tokyo.ac.jp/~nis/javaexampl/javaExmpl.shtml>
- [7] <http://nis-lab.is.s.u-tokyo.ac.jp/~nis/calend.html#lecture>