

JavaScript を用いた CG 教材の開発

西田 友是^{† ‡} 櫻井 快勢[‡]

[†]UEI リサーチ (ドワンゴ) 〒113-0033 東京都文京区本郷 5-24-5 角川本郷ビル 4 階

[‡]広島修道大学 〒731-3195 広島市安佐南区大塚東 1-1-1

E-mail: [†] nishita@shudo-u.ac.jp, [‡] kaisei_sakurai@dwango.co.jp

あらまし

2002 年に CG-ARTS では、CG 検定試験の受験者のために、「CG テクニックスマスターコース」として通信教育を開始した。その教材は Java で開発されたが、近年ではとブラウザの仕様が変わり普及しているブラウザ上で動作できなくなっていた。そこでこのほど UEI リサーチでは同教材を、WEB 上で誰もが CG の体験学習ができるように JavaScript を用いたシステムを開発（まだ完成には至ってない）したので報告する。このシステムは近年普及した携帯端末でも動作でき、教室には限らず、いつでもどこでも CG の基礎技術を自習体験できるシステムである。内容は、Z バッファ法、レイトレーシングや画像処理など 50 以上の CG 基礎技術要素よりなる。このシステムを公開運営し、より広く CG 技術への基礎技術の知識を普及させるのが目標である。

キーワード 遠隔教育, コンピュータグラフィックス, JavaScript, 教材

Development of Teaching Material on CG using JavaScript

Tomoyuki NISHITA[†] and Kaisei SAKURAI[‡]

[‡] UEIResearch/DWANGO, Kadokawa Hongo Bldg. 5-24-5, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0033, Japan

[†] Hiroshima Shudo University 1-1-1, Ozukahigashi, Asaminami-ku, Hiroshima 731-3195 Japan

E-mail: [†] nishita@shudo-u.ac.jp, [‡] kaisei_sakurai@dwango.co.jp

Abstract

CG-ARTS have conducted e-learning as "CG Technics Master Course" for examinees of CG examination since 2002. The teaching material was developed by programming language Java; however, the environment of Java has changed and it has become impossible to operate on the recent browsers. We report that UEI Research is developing the teaching material that includes the same contents with JavaScript so that learners can study CG on web browsers. Because this material is operated with popular mobile terminals, learners can experience CG basic techniques not only in classrooms, but also by self-study. The content consists of more than 50 CG basic techniques such as Z buffer method, ray tracing method, and image processing. The goal is to educate learners by this system and to disseminate knowledge of CG widely.

Keyword e-learning, Computer Graphics, JavaScript, Teaching Material

1. はじめに

CG-ARTS では、主として CG 検定試験の受験者のために、「CG テクニックスマスターコース」として通信教育を実施していた(2000 年以後)。その教材 (図 2 参照) は Java で記述されていたが、近年では Java の仕様が変り現在のブラウザ上で動作できなくなっていた。そこで同教材を、このほど UEI リサーチ(ドワンゴ社に属す)では WEB 上で誰もが CG の体験学習ができるように JavaScript を用いたシステムを開発した。

最近の多くの企業では開発したものをオープンソース化する傾向にある。UEI リサーチは民間の研究所であるが、他企業のように CG 基本要素の JavaScript を公開する。

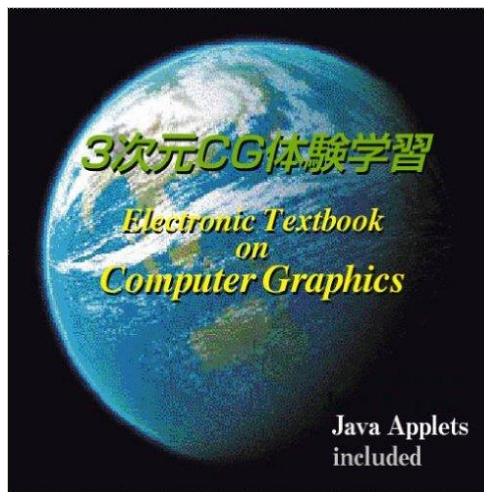


図1 java 版の体験学習用 CDROM[4]

CG分野の進展に貢献すべきという考えである。本システムを構築したので、その経緯を報告する次第である。

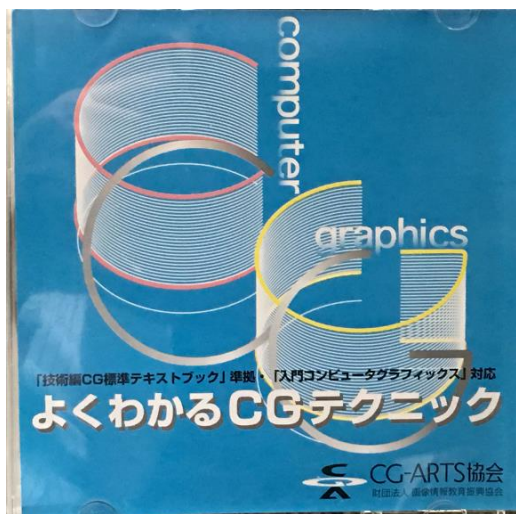


図2 JavaによるCG教育用CDROM[1]

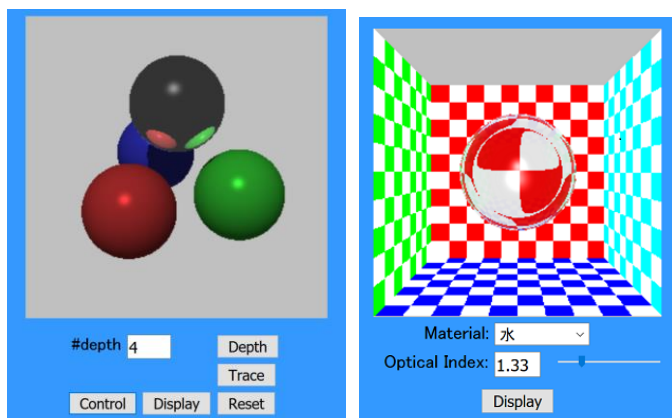


図3 JavaScriptによるCG例(左; レイトレーシング、右; 屈折効果に表示)

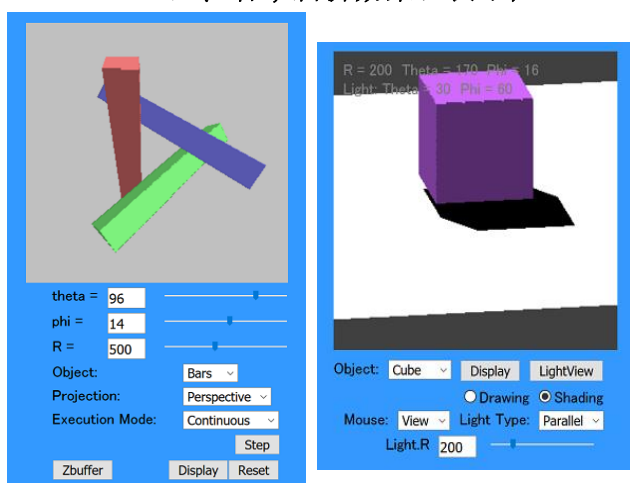


図4 JavaScriptによるCG技術描画例(左; Zバッファ法、右; 平行光線による影)

2. Java版教材からJavaScript版への開発経緯

著者は1993年にCGの講義[3]をする際の実演用として、代表的なCGアルゴリズムをJavaで作成した。それに教科書[4]に加え、1998年にCDを作成した[5](図1参照)。授業や自習時の学習用として、各自のPC上で操作して利用する。それが効果的というので、CG-ARTSではCGの検定試験の受験者の自習のため、2002年に通信教育により遠隔でCGの体験ができるようなシステムを運用した。それでは教科書[1,2]に加え、「よくわかるCGテクニック」と題したCDを添付した。これにより受講生はCGの基本技法を自分で動作させて体験できるようになった。このシステムでは質問することもでき、必ずしも正規にCG講義を受講しなくてもCGの学習ができるようになった。このシステムはJavaアプレットで構成されていた。特にCG検定試験の1級ではプログラミングの実技試験があったので、こうしたアルゴリズムの動作理解に有効であった。また、遠隔講義(東大から広島の私立大への講義)においても利用した(2004年から数年)。Javaの進化により、最近では当時開発したJavaアプレットは動作できなくなった。そこで、2012年には当時開発されたゲームエンジン enchant.js[7](JavaScriptで構成されている)で数個のCG基礎技法を開発し、実演紹介した。その際JavaScriptの有効性を実感した。

CG-ARTSの通信教育用には、約60個のアプレットが使用されていたので、全てとはいかないが主要なものはJavaScript版に変換することにした。ただ、単に変換するというのではなく、近年普及しているライブラリは、利用するように努めた。テーマとか使用法は基本的に同じであるが、プログラムは単に真似をしていくのではなく、ものによって大きく変更している。

3. 構成内容

メインウィンドウのみで別ウィンドウが開き、教材ごとの「学習のねらい」と「操作説明」が表示されます(図5参照)。また、指定(ボタン操作)すると、アルゴリズムの動作過程を表示するサブウィンドウが開き変化を観察できる(例えば、Zバッファ法なら、奥行きバッファの変化の表示、レイトレーシングならレイの経路表示)。図3,4にレイトレーシング、Zバッファ法などの表示例を示す。下記にCG教科書[2]の構成とJavaScript体験版(*で表す)の関係を示す。ただし、パート1と2に分かれており前者のみを記す。

Chapter 1 コンピュータグラフィックスとその展開

(略)

Chapter 2 レンダリング

2-1 写実的表現法

2-2 隠線消去・隠面消去

- 2-2-1 隠線消去法
- 2-2-2 隠面消去法
- 2-2-3 奥行きソート法*
- 2-2-4 Zバッファ法*
- 2-2-5 スキャンライン法*
- 2-2-6 レイトレーシング法*
- 2-3 シェーディング
 - 2-3-1 シェーディングとは
 - 2-3-2 環境光*
 - 2-3-3 拡散反射光*
 - 2-3-4 鏡面反射光*
 - 2-3-5 透過・屈折光*
 - 2-3-6 ラジオシティ法*
- 2-4 スムーズシェーディング
 - 2-4-1 グローのスムーズシェーディング*
 - 2-4-2 フォンのスムーズシェーディング*
- 2-5 影付け(シャドウイング)
 - 2-5-1 本影と半影.
 - 2-5-2 平行光線・点光源の影*
- 2-6 マッピング
 - 2-6-1 テクスチャマッピング*
 - 2-6-2 ソリッドテクスチャリング*
 - 2-6-3 バンプマッピング*
 - 2-6-4 環境マッピング*

Chapter3 デジタル画像の表現

- 3-1 標本化と量子化.¥¥
 - 3-1-1 標本化*
 - 3-1-2 量子化*
- 3-2 デジタル画像の記憶と表示方式

3-3 色の表し方とカラーモデル

- 3-3-1 加法混色と減混色*

Chapter4 画像処理

- 4-1 画像の表示
 - 4-2 画像の変換,
 - 4-2-1 ラスタ画像の幾何変換
 - 4-2-2 コントラスト変換*
 - 4-2-3 ガンマ補正*
 - 4-2-4 2値化*
 - 4-2-5 濃淡分布を利用した画像処理
 - 4-2-6 平滑化*
 - 4-3 画像の合成
 - 4-3-1 画像の接合
 - 4-3-2 マスク処理*
 - 4-3-3 オーバーレイ*
 - 4-3-4 クロマキー
 - 4-4 画像効果
 - 4-4-1 ハイコントラスト効果*
 - 4-4-2 ポスタリゼーション効果*
 - 4-4-3 ネガ効果*
 - 4-4-4 ソラリゼーション効果*
 - 4-4-5 エンボス効果
 - 4-4-6 モザイク効果*
 - 4-4-7 ぼかし効果*
- (以下略)

4. 配慮した点

ネット経由でどこでも使用できるようにする。特に近年普及している携帯端末 (iPad など) でも動作できるようにする。なお、HTML5 以降のウェブブラウザ



2次元幾何変換(1)

学習目的
平行移動量や回転角度の数値を入力して図形を変換し、その結果を確認することによって、2次元平面における回転と平行移動の2種類の幾何変換(2次元幾何変換)について理解してください。

操作方法
Main Windowでは、図形の回転や平行移動の様子を確認します。Controlでは、図形の2次元幾何変換(回転または平行移動)の種類、平行移動量や回転角度の数値の指定を行います。

Main Window
画面には、2次元平面において図形(辺の長さ1の正方形)が回転または平行移動する様子が表示されます。2次元幾何変換前の図形は緑で、2次元幾何変換後の図形は赤で表示されます。

- 初期状態への復帰
Resetボタンを押すと、初期状態に戻ります。
- Control**
2次元幾何変換の種類、平行移動量や回転角度の数値の指定を行います。2次元幾何変換の実行操作も行います。Matrixは変換行列、Coordinatesは点(1, 1)の変換後の座標値、Angleは回転角度を表します。
- 2次元幾何変換の種類の選択
Transformationプルダウンメニューで、Translate(平行移動)とRotate(回転)のどちらかの2次元幾何変換を選択します。
- 平行移動の量の指定
Translate(平行移動)を選択した場合は、X, Y軸方向の平行移動量を、それぞれMatrixテキストボックスの水色部分(1行3列目と2行3列目)に入力します。表示できる座標範囲は±2.5までです。テキストボックスには2.5未満の数値を入力してください。
- 回転角度の指定
Rotate(回転)を選択した場合は、回転角度をAngleテキストボックスに入力します。
- 2次元幾何変換の実行
Transformボタンを押すと、変換後の図形が画面上に赤で表示されます。変換前の点(1, 1)と対応する変換後の点が赤色の丸で表示されます。変換前の点(1, 1)が変換によってどの座標に移動したかが、Coordinatesテキストボックスに表示されます。回転変換の場合はさらに、変換行列の各要素が計算され、その結果がMatrixテキストボックスの1行1列目~2行2列目に表示されます。

図 5 平行・回転などの動作ウインドウと使用方法の説明ウインドウ

(Google Chrome、Safari やファイアーフォックスなど) で動作するものとする。以下配慮した点を列挙する。

- ・ウェブブラウザ上で動的に画像を表示するため、HTML の canvas 要素を利用する。
- ・Flash や Java アプレットのようにプラグインをインストールする必要がなく、ブラウザが canvas 要素に対応していればスマートフォンやタブレットでも見ることができる(Google Chrome や Safari などの主要なブラウザでは対応)。
- ・スマートフォンでの閲覧も想定して、PC 用とスマートフォン用の 2 種類の教材を用意。
- ・ページ上に表示される画像は JavaScript によって動的に操作される(⇔通常ページ上に画像を表示させる時に使う img 要素ではあらかじめ用意された画像しか表示できない)。ページのソースコードを見ることで画像がどのように生成されているかがわかるため、ローカルで容易に再現可能、学習に便利。
- ・一部の教材では 3 次元の描画を行うために、WebGL を利用。
- ・GPU にアクセスしてレンダリングが可能。
- ・WebGL での開発を補助するために Three.js というライブラリを使用。WebGL のラッパーライブラリ、ベクトルや行列計算なども補助。
- ・ユーザインタフェース(UI 部分)には HTML の select や button などの要素を使用。
- ・UI 設計に特別なライブラリを必要とせず、JavaScript によって配置や動作を制御。

5. 公開および運営方針

OpenGL, OpenCV のように公開されるのが一般化されてきた。POVRay などソースも公開して広く CG の普及が図られている。最近ではゲームエンジンとして(開発会社)、enchant.js (UEI)、Unity (Unity Technologies)、Unreal Engine (EpicGames)、Project Anarchy (Havok) など基本的には無料で使用できるものがある。これらのエンジンを使えるという便利さが故に、CG の基本アルゴリズムは知らなくても CG 作品が作成できる時代となっている。しかし、やはり基礎技術を十分把握せず、単に CG ツールを使用するというだけでは、CG 技術の発展はない。昨年来 VR 元年と言われ VR 技術が普及しては始めているが、この分野では CG は単に要素技術として受け止められている。こうした中、やはり基礎理論をしっかり把握することが、真の技術進歩になるという考えで開発した。

来年度の早い時期を目標に、UEI リサーチと CG-ARTS の共同開発として、広くアナウンスする計画である。CG-ARTS のサイトに本システムをおき、教員が主ではあるが登録した人には無料で使って頂く構想である。

6. おわりに

20 年以上前に、CG の体験学習用に CDROM を作成したことで、Java の有用性を実感し、CG-ARTS の通信教育での採用に発展した。もとなつた Java 教材は情報処理学会から優秀教材賞(2002)を受賞した。これらを背景に、今回 JavaScript 版の CG 体験学習システムを開発した。すなわち、CG の分野において広く知られている基本技術を、JavaScript 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。Bezier 曲線の表示、凸多面体の隠線消去表示、凸多面体の隠面消去表示、凸多面体の陰影表示、多角形のクリッピングなど多数の CG 要素を開発した。

このシステムを公開することで、日本における CG 教育に貢献できたらと願っています。下記に暫定的に部分公開しています(正規版はパスワードが必要)。

http://nislab.es.shudo-u.ac.jp/javascript/wbt_js.html

来年度はやめに CG-ARTS のサイトで公開予定である。最近ではパソコンをもちず携帯のみで SNS などに対応できる時代であるため、携帯でも CG の体験学習ができるということの意味がある。

謝辞: CG-ARTS が権利を保有している Java 教材を JavaScript 版にしたものであり、使用許可に感謝します。CG-ARTS 宮井事務局長、篠原部長の協力に感謝します。また UEI 社の清水社長に感謝します。筑波大の三谷教授、東京工科大の近藤教授は、本システムの構築に賛同して協力してくださった。またプログラミングは UEI リサーチでのインターン学生の大垣君によるところが大きい。

文 献

- [1] 西田、大野、高橋、「インターネット通信講座 CG 標準コース[技術編] Part1,2 サブテキスト」画像情報教育振興会、(2000)
- [2] 西田、大野、高橋、「CG テクニックマスターコース Part1,2 サブテキスト」、画像情報教育振興会、(2000)
- [3] 「コンピュータグラフィックス技術系 CG 標準テキスト 改定版」、画像情報教育振興会 (CG-ARTS)、1998
- [4] 西田、「コンピュータによる画像生成」、大学教育出版、(1993)
- [5] 西田、「3次元 CG 体験学習 (CDROM)」、大学教育出版、(1998)
- [6] <http://nishitalab.org/user/nis/CG/cgtxt/index2.htm>
- [7] 布留川、伏見、田中、「ゼロからは始める enchant.js 入門」KADOKAWA/アスキー・メディアワークス、(2012)