

名古屋文理大学におけるCG教育実践及び研究報告

CG Teaching Practice and Report of Research in Nagoya Bunri University

周 欣欣, 長谷川 聡, 前田 恵美, 森 博

Xinxin ZHOU, Satoshi HASEGAWA, Emi MAEDA, Hiroshi MORI

Computer Graphics (CG) の原理は, 情報処理分野の中でも比較的高度な技術を含み, 大学の情報教育においてその基本的な技法を学ぶことは有意義である. CG の美しい映像の裏側には, CG の生成技術を担う複雑な数学が使われている. しかし, 入学前の学習歴の多様化又個々の基礎学力も多様化している大学学部生に一律に数学的な原理から CG を教えることは容易ではない. 学生に楽しみながら意欲を持って CG を勉強させるためには, 様々な教育的考慮が必要である. 著者は長年に渡って, 高校まで文科系だった学生を多く含む多様な学部学生を対象に CG の授業を担当してきた. 本稿では, 文科系学部生に対する CG 教育のあり方を提案し, CG 教育実践及びその結果について述べる. 本学における CG 教育の現状と2000年度から2011年度までに実践した授業の概要及び, 授業を受けた学生の CG 作品いくつかを紹介する.

Computer Graphics (CG) is one of the fundamental techniques of the computer science, and a required course for all college students who majored in computer applications. However for a student who's major in humanities may feels difficult to understand the principle of CG as well as PC. This paper discussed how to teach the students without sufficient mathematic background, to understand computer graphics more smoothly and easily.

キーワード: コンピュータグラフィックス, 教育実践
Computer Graphics, Teaching Practice

1. はじめに

コンピュータの発展とともに CG (Computer Graphics) は映画, アニメ, テレビ番組, 製品設計, 教育, インターネット, ゲームなど様々の分野で応用され, 重要な情報技術の1つとなっている. コンピュータ性能の向上により, 従来, 高価なワークステーションでしか実現出来なかったような CG 処理が, 現在数万円程度のパソコンでも実現出来るようになっていく. 一般のユーザでも, MS-Word や MS-Excel などビジネスソフトと同様に, 基本的な CG 技術を扱う能力が発揮でき

る機会が増えていると考えられ, 大学の学部生の授業として CG の技術を学ぶことは有効である.

一般に大学における CG の教育は, 理工学系と文系で目標も教育法も異なる. 名古屋文理大学の情報メディア学科は, 文系・理系の両者の要素をもち, システム開発, コンテンツ作成, 社会科学系の基礎知識を学ぶカリキュラムを備えている. CG 関連科目には, 「CG」「CG 演習」「3DCG プログラミング」などがあり, 芸術系素養, コンテンツ作成スキル, プログラミング技術を養いながら CG の原理と応用の理解を目指

している。

しかし、CG の分野はその技術が数理的概念に基づいているため、特に数理系の基礎知識を持たない文科系学生に対する CG 教育では、基本原理の理論を解説しようとする困難を生じる場合が多く、学生の理解を得るためには、様々な考慮が必要となる。

理系学部における教育の一例として、かつて筆者の 1 人が名古屋大学大学院の情報工学科で受講した。CG の講義では、基礎であるスプライン曲線と補間など方程式の解説から始まる。数学とプログラミングの知識が必要なものであった。名古屋文理大学では、そのような教え方を採用していない。学生は、文系・理系・実業系高校など多様な学習経験を持ち、線形代数などの知識を前提とする授業は行えない。CG の授業では、基礎理論の説明を後回して、計算機の実習を前倒しにした。

著者は10年間にわたり、私立大学において CG 教育・研究に携わった^{1)~3)}。CG を学ぶために本学を志す学生も多いが、入学時の基礎学力や学習経験は多様である。しかし、学生は皆それぞれの関心と美的感性等の潜在力を持っている。正しい教育を行えば、個々の長所と可能性を伸ばすことが可能である。本文では、学生の技能や知識に合わせた、基本的な部分から段階的に CG 技術の理解に至る教育の試みについて報告し、著者が本学の学生を対象とする CG 教育の現状と経験を述べる。

2. CG 教育の概要

本学の 3 DCG 教育のカリキュラムは「CG」、「CG 演習」、「3 DCG プログラミング」の三講義からなる (Fig.1)。それぞれ、① 3 DCG 原理の習得、② 3 DCG ソフトの応用能力の養成、③ CG プログラミング能力の育成を目的としている。これらの講義間の関係を Fig.1 に示す。

2-1 3 DCG 原理の習得

一番目の「CG」という講義では、基本的原理と手法を学生に理解させるために、12年前から「POV-Ray (Persistence of Vision Ray-Tracer)」という高性能なフリーソフトウェアを用いて講義と実習を行っている⁴⁾。

CG の映像はプログラムによって生成されている。工学部の学生は FORTRAN, C, Java などコンピュータ言語を修得したあと、CG の原理を学んで実際にプ

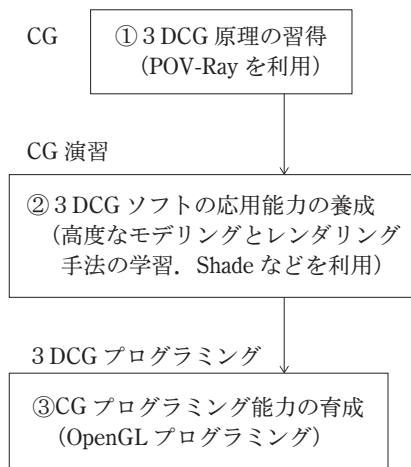


Fig.1 3DCG カリキュラム

ログラムを組んで CG を作成することで理解を深めることができた。

本学の情報文化学部（現在情報メディア学部）の学生は国立大学の工学部の学生と大きく異なり、理工学系の基礎が不十分である。ゆっくり、基本的な内容から教えると効果が上がると思われる。

POV-Ray は C で書かれた CG 生成のプログラムを簡略化し、一般の人でも書きやすいようなインターフェースとして開発された。シーンファイルと呼ばれる簡単なプログラムを書いて、物体、カメラ、光源の 3次元座標値、物体の材質（反射率、屈折率）などを指定すれば、その場でレンダリング結果の CG をすぐに確認可能である。

学生は実際に C 言語でプログラミングを行わず、3 DCG の基本的な概念、例えば、光線の投影・反射・吸収、材質の相違、カメラとの位置関係、陰影付け、といった内容を理解することができる。よって、POV-Ray は文系の CG 原理の教育に効果的と思われる。

2-2 3DCG ソフトの応用能力の養成

CG の基本原理を理解した上で、次の「CG 演習」(Fig.1)の講義では、より高度なモデリングとレンダリング技術に触れる事を目的とした。現在市販 3D ソフトは、低価格でありながら、映画製作等に利用されるような専用ソフトに劣らぬほどの高機能を有している。自分の力で、高度なモデリングを行い、様々なレンダリング手法を試みることが、メニューからの

選択だけで気軽に実現できてしまう。3DCGの基本概念が予め理解できていれば、このような市販ソフトの利用は、最新CG技術の体得という意味で意義深いものと言える。

授業では、自由曲面の生成が得意なShadeを用いてCG制作の体験をした。これには、図形の入力には3面図を用いて行うため、学生の3次元空間の創造力の訓練になる。また、材質、カメラ、光源などのパラメータの設定は、それぞれのメニューが用意されていて、高度なCG作品が作成できる^{12)~13)}という特徴を合わせ持っている。

2-3 CGプログラミング能力の育成

本学では、「3DCGプログラミング」の授業を10年前から開講している(Fig.1)。この授業ではOpenGL(Open Graphics Library)を用いたCGプログラミングの基礎について講義した。OpenGLは3DCGプログラミングのためのプラットフォーム非依存グラフィックスハードウェアのアプリケーションプログラミングインターフェース(API)として、最も一般的に利用されているものである。将来学生がCGプログラミングに携わる事があれば、重要な知識となるものである。また、CGが本来プログラムで実現されている事を考えると、CG教育で触れておくべき事であると思われる。

しかし、OpenGLだけを利用してアプリケーションを作ることは、プログラミング経験のない学生にとっては難しい事であるため、OpenGLをより簡単に利用するための補助ライブラリGLUT(OpenGL Utility Toolkit。ウインドウ作成やマウスとキーボード管理ができる)を用いることとした。OpenGLのコマンドだけを用いるよりプログラムは簡単になっている。授業では簡単な例から、2次元線図形、2次元線画のアニメ、3DCGと3DCGアニメのプログラムを解説した。学生は実習しながら、OpenGLによるCGプログラミングの基礎を習得した。

2-4 マルチメディア教材の利用

近年のWeb-Based Learningの発展は、教育教材の作成においても非常に有効な手段を提供している。今では一般的となったWeb経由の資料配布、課題提出の他に、QuickTimeムービーなど動画教材も用意した。従来のプロジェクトによる操作説明では、全員が同じペースでついてくる必要があるため、どうし

ても説明について行けない学生が存在した。しかしQuickTimeムービーの場合には、学生は自分のペースでムービーを巻き戻して繰り返し操作を見ることがができる。例えば、Shadeではすべてマウス操作で図形を完成させるため、操作が複雑になり、教科書に従って操作するつもりでもうまくいかないケースが多い。そこで操作をQuickTimeムービーとして記録し、授業に使うと効果的である。

3. CG教育の工夫

数学の基礎知識を持たない学生にも考慮し、理工系学部の授業のように、理論を先に解説し、実習を後で行うのではなく、実習が先で、理論が後、の順に教えると、学生によく理解させることができると思われる。従ってCGの授業では、原理は最後に説明し、途中では結論だけを教えるようにした。学生はCGを作成できるようになっていく課程、もしくは作品を作成した後で理屈を考えるようになる。

3-1 授業の目標と課題を最初に提示

CGの理論は最後に講義するが、分かり易い目標を最初に示す。学生は目的を知った上で授業を聴くと、考えるようになる。例えば「生活の中のシーンをCGで作成する」「身の回りのものを観察する」などのテーマを設定する。文系の学生はこのようなことが得意である。

3-2 啓発式教育

一般に、学ぶ意欲の高い学生は授業中の質問も多く、自ら学ぶ姿勢をもつことでさらに学習効果が高まる。従って、学生が100%理解できる授業は必ずしも最適な学習効果を学生に与えないかもしれない。授業は学生が考える余地を残すべきであると考えた。

従って全部教えるのではなく、方法、目標などを指導する。授業では、まず教員が教え、学生が実際に実行し、問題点を発見したら、教員は学生からの質問に応じて解決する方法を指導するといった方法を取った。

また、名古屋文理大学では新入生にはiPadを配布し、ひとり一台の情報端末を所持して学内無線LANでコミュニケーションの促進を図っており、CG制作ができるデスクトップPCが利用できる教室も授業時間以外でもオープン利用できる運用とすることで、このような教育を可能にした。

3-3 思考力の養成

理論のみの一方的な授業は多くの学生にとって苦手な分野であるので、学生が自ら考えて理解することを教えた。毎回授業の最後の5分間で学生各自が授業内容の要点を整理するように指導した。こうした時間の蓄積によって自ら考えることが習慣となって思考力を育てることにつながると期待した。

4. 教育成果に関する考察

4-1 CG 基本概念の理解

CG の基本概念、モデリング方法、レンダリング手法などのCG 技術に関する基本的事項の理解が得られていることが学生の提出したレポートから確認された。

POV-Ray を用いて、大部分の学生は独自の作品を作成できた。Fig.2 にその代表作品を示す。それぞれCG のプリミティブを座標変換して、論理演算で組み合わせ、材質設定を応用して作成したものである。



Fig.2-1 教室



Fig.2-2 砂時計



Fig.2-3 日本間



Fig.2-4 洋間

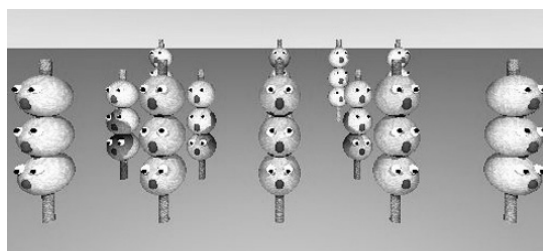


Fig.2-5 フグの提灯

—Fig.2 学生による POV-ray 作品—

Fig.2 のように、多くの学生は実物をほぼリアルに表現した CG 作品を制作できた。CG は計算によって形を作成し、また計算によって材質表現を行っている。もし学生がCG の基本概念とモデリング手法を理解していなければ実物に近いモデリングもできない。よって、学生はCG の原理を理解したと思われる。

4-2 ソフトウェア応用能力の向上

授業での学習を通して、殆どの学生はShadeを使いこなせるようになった。受講生によるShade作品をFig.3に示す。



Fig.3-1 電話ボックス



Fig.3-2 パソコン

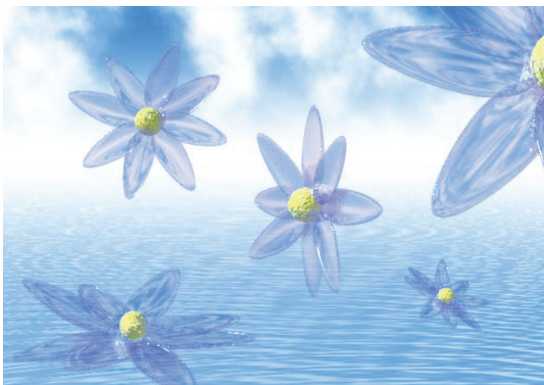


Fig.3-3 花

—Fig.3 学生によるShade 作品—

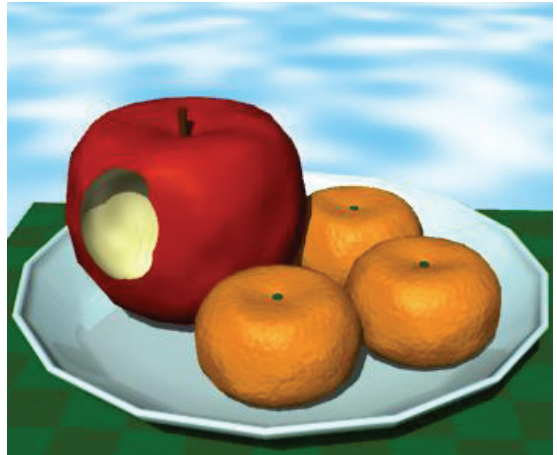


Fig.3-4 果物

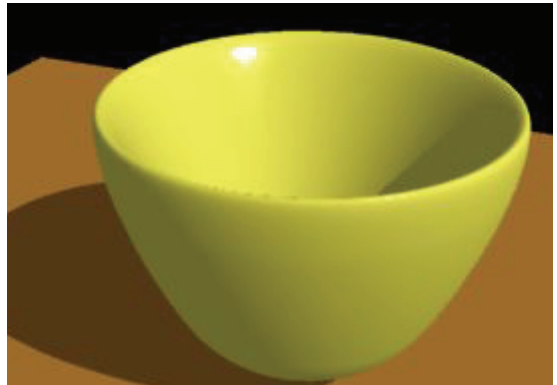


Fig.3-5 茶碗

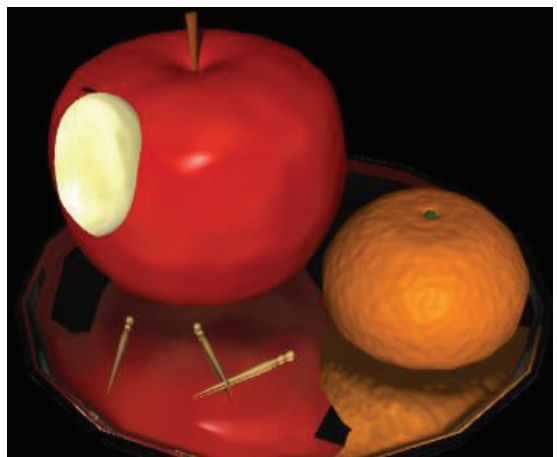


Fig.3-6 林檎と蜜柑

4-3 プログラミング能力の向上

Shade による「CG 演習」の学習後、さらに継続して CG を学びたい学生向けに開講した「3DCG プログラミング」では、OpenGL を用いて、2 次元図形から少し複雑な 3 次元形状の CG とそのアニメーションを一通り修得させた。授業評価結果から、2011 年度の 14 名の受講生は全員理解したという結果が得られた。受講生によるプログラムの作品の一例を Fig.4 に示す。



Fig.4 学生プログラム作品
OpenGL によるケーキのアニメ

4-4 学生による学外発表

授業で学んだ後、例えば「CG による文化財の再現」など、CG の応用に関する研究を学生有志によって継続しており、学外発表⁵⁾⁻¹¹⁾も行っている。学生によって試作した国の重要文化財等の 3DCG の例を Fig.5 に示す。



Fig.5-1 彦根城

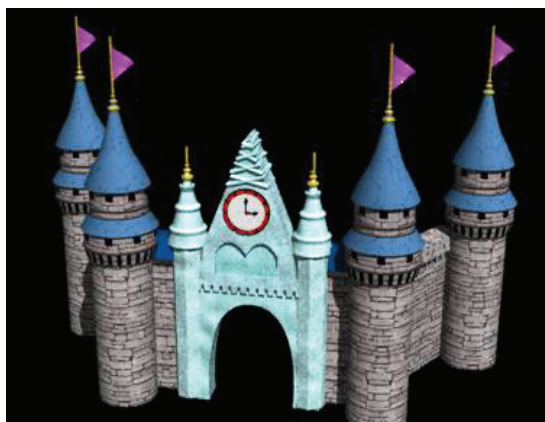


Fig.5-2 ディズニーランド



Fig.5-3 原爆ドーム

—Fig.5 学生による重要文化財の CG—

今後は、CG 制作の精度を高め、貴重な文化財などの 3DCG の数も増やし、それらを有効活用したい。また、文化財の 3DCG の試作および動画作成による学習効果について、さらに調査していきたい。

4-5 授業評価

「CG」の授業では、POV-ray を利用して CG 原理の講義と実習を行っているが、学生の満足度に関するアンケートを取った結果、2001 年第 1 期生 63 名から回答を得た。63 名の中で 18 名は満足と答え、40 名は「やや満足」と答えた。「やや不満」と「不満」はそれぞれ 5 名と 0 名であった。

「CG 演習」の授業では Shade という CG ソフトの使い方を教えているが、例年授業の最終回に学生に聞くと殆どの人が「わかった」と答えた。このソフト

は日本でもっとも沢山利用されているCGソフトであるが、最初はマスターするには時間が掛かり、コツを覚えれば使い易いソフトである。学生にとってPOV-RayよりShadeが使いやすいと思われる。

一方、「3DCGプログラミング」の授業ではOpenGLを利用したCGプログラミングについて実習しながら紹介した。この授業は、内容的に難しく、理解していないという学生もいた。しかし2011年度は少人数（14名）で講義を行ったため、学生全員C言語と応用プログラミングの基本を理解することができた。2011年度の「3DCGプログラミング」の授業では、学生は最後の3回の時間を利用して期末課題を完成し、最終回では報告会も行った。

5. 学生の学習作品の紹介

以下では、「CG演習」の授業^[10]において学生が作成したShade作品とその作成手順を紹介する。

5-1 卵と壺

この作品の制作では、まず開いた線形状で壺の左半分の断面を描き、回転体として立体化する（Fig.6）。後で作る卵や背景とのバランスも考え、表面材質設定では拡散反射の色を薄紫色にした。壺に周囲の光景を映り込ませたいため、反射率を0.5に設定した。卵型を作成するには、球を自由曲面に変換し、球の端点を外側に移動させる。表面材質は、スポットのパターンをバンプマッピングし、適用率を0.08と小さくしてわずかな凹凸感をつけた。

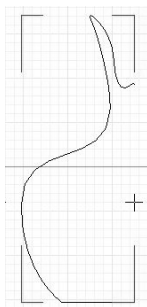


Fig.6-1 作成途中の壺の断面図

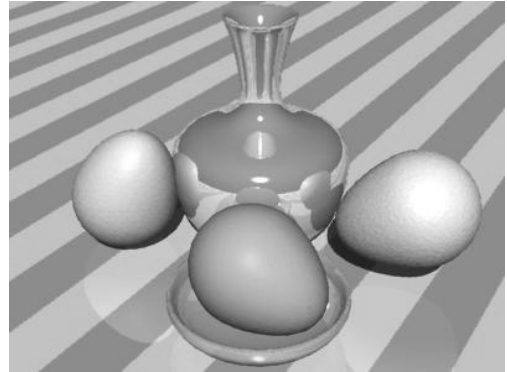


Fig.6-2 作成結果の立体像

—Fig.6 卵と壺—

5-2 ひまわり



Fig.7-1 ひまわりのCG

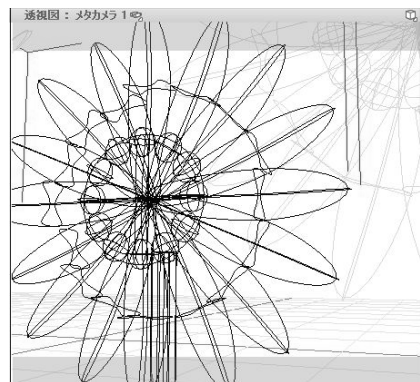


Fig.7-2 作成途中の部分拡大図

—Fig.7 ひまわり—

Fig.7の作品の制作では、花卉を作るため、まず正面図において球を自由曲面に変換し、球の外側にある

左右の端点を外側に引き延ばして細長い球を作り、上面図、側面図で薄く変形させる。出来上がった花卉をまず3個複製し、回転させて十字形に配置する。これをパートの中に格納し、さらにこのパート自体を3回複製し回転することで、計16個の花弁が円を描くように配置できる。4つずつパートに分けたのは、上面図でパートごとにZ軸方向に移動させることにより、花びらの重なりを演出できるからである。花の芯となる中心の円は、大きな球を自由曲面に変換し、上面図で上下を潰して平たくする。その周りを小さな球で囲む。花の芯は花卉の手前側に移動する。最後に円の掃引体で茎をつくり花卉の奥に沿える。

表面材質は、拡散反射の色を黒、反射率0.05、透明度0.98、屈折率1.36にすることで、透明なガラスの質感になるが、ここで透明度の色を変えることで、色つきガラスにすることができる。以後ではすべての部品にこの設定を適用し、色だけを変更している。花の芯は中心の大きな球を薄い茶色、周りの小さな球を暗い茶色にすることで、輪郭をはっきりさせている。花びらはごく薄い黄色にすることで、重なったとき色が被さり美しく見える (Fig.7)。

5-3 雨傘

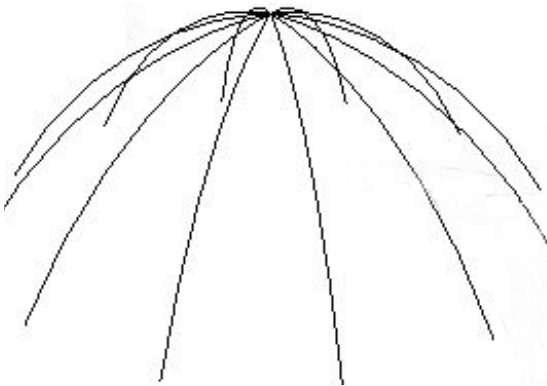


Fig.8-1 作成途中の雨傘の骨となる線



Fig.8-2 雨傘のCGの作成結果

—Fig.8 雨傘—

Fig.8の作品の制作では、傘の骨となる線を描き、30度ずつ回転して12個に複製し、自由曲面パートに移動し下部を弓型に変形する。

表面材質では、傘の形状を際立たせるため、紺のストライプをY軸方向からマッピングした。最後に回転体で持ち手を作成する (Fig.8)。

6. まとめ

本文では、文系学部生に対するCG教育のあり方を提案し、CG教育実践及びその結果について述べた。

文系の学生でも少人数で、実際にコンピュータを利用してCG作品を製作することによって、比較的容易にCGプログラミングの基礎を身につけることができた。

本学の学生はCG授業などで各自の制作スキルが上達し、お互いに作品を発表して鑑賞しあう機会を得、高い評価を得ることによって、自信がついたと思われる。しばしば、大学生の学力の低下が問題であると言われるが、学習者の興味関心に応じコンピュータ実習などによって目に見える成果を出していくなど、高度な内容を含む専門教育の授業も工夫すれば、良い結果が得られることが分かった。

謝辞

名古屋文理大学の情報メディア学科の諸先生には、有益なご助言をいただきました。また、名古屋文理大学情報メディア学科の学生諸君には、CG作品の作成において協力を得ました。これらの方々に深く感謝します。

参考文献

- 1) 周欣欣, 文化系学部生に対するCG教育の試み, 情報文化学会第10回全国大会論文集, 9-12 (2002)
- 2) 周欣欣, 文系学生に対するプログラミング教育の試み, 計測自動制御学会, 教育工学論文, 26, 38-40 (2004)
- 3) 周欣欣, 杉原健一, 木村寛之, 村瀬孝宏, 発掘地図に基づく古代の建築物の3Dモデルの自動生成と歴史教育への応用, 教育システム情報学会 (JSiSE), 第36回全国大会講演論文集, 210-211 (2011)
- 4) 小室日出樹, POV-Rayで学ぶ実習コンピュータグラフィックスーCG検定カリキュラム対応ー, CG-ARTS協会, (2000)
- 5) 安井明代, 周欣欣, 長谷川聡, 村瀬孝宏, 杉原健一, CGによる重要文化財の再現とその教育効果, 日本教育工学会 (JSET), 第26回全国大会論文集, 373-374 (2010)
- 6) 安井明代, 坂崎拓也, 周欣欣, CGによる重要文化財の作成, 教育システム情報学会 (JSiSE), 学生研究発表会論文集, 98-100 (2010)
- 7) 山本英明, 周欣欣, CGによる殺陣のアニメーションに関する研究, 教育システム情報学会 (JSiSE), 学生研究発表会論文集, 91-92 (2010)
- 8) 林祐希, 周欣欣, 3DCGアニメーションによる基本的な動きと音の関連性の研究, 教育システム情報学会 (JSiSE), 学生研究発表会論文集, 158-160 (2011)
- 9) 矢野瑞喜, 周欣欣, Processing言語によるプログラミングの基礎学習, 教育システム情報学会 (JSiSE), 学生研究発表会論文集, 163-166 (2011)
- 10) 前田恵美, 長谷川聡, 周欣欣, CG教育におけるICTの活用および学習作品の紹介, 教育システム情報学会 (JSiSE), 学生研究発表会論文集, 96-97 (2012)
- 11) 加藤克弥, 周欣欣, 3次元CGによる歴史上の出来事の表現, 教育システム情報学会 (JSiSE), 学生研究発表会論文集, 98-99 (2012)
- 12) 株式会社イーフロンティア, Shade11 User Guide, 株式会社イーフロンティア, (2009)
- 13) 菫沢薫, Shade Graphic Parts Design Shade7 & 7.5 Basic 対応, (株)毎日コミュニケーションズ, (2004)