

お茶の水女子大学理学部情報科学科における

ビジュアルコンピューティング教育

藤代 一成 高橋 成雄*

お茶の水女子大学理学部情報科学科

〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

E-Mail: fuji@is.ocha.ac.jp

* 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系

E-Mail: shigeo@graco.c.u-tokyo.ac.jp

要旨

お茶の水女子大学理学部情報科学科は、同大理学部に属する第5番目の学科として、平成2年に設立された (<http://www.ocha.ac.jp/>)。年度進行に従ってスタッフ・カリキュラムの整備を進め、同大学院人間文化研究科博士前期・後期課程に、それぞれ対応する専攻をもつに至った。本稿では、同学科と関連大学院向けに開設されてきた、ビジュアルコンピューティングに関する教育カリキュラムの目標、内容、特徴、そして客観的成果を概観する。

Visual Computing Education in Ochanomizu University

Issei Fujishiro Shigeo Takahashi*

Department of Information Science, Faculty of Science

Ochanomizu University

2-1-1 Otsuka, Bunkyo-Ku, Tokyo 112-8610, Japan

E-Mail: fuji@is.ocha.ac.jp

Department of Graphics and Computer Science

Graduate School of Arts and Sciences

University of Tokyo

E-Mail: shigeo@graco.c.u-tokyo.ac.jp

ABSTRACT

In 1990, Department of Information Sciences was founded as the fifth department of Faculty of Science at Ochanomizu University (<http://www.ocha.ac.jp/>). In this article, the visual computing education system for the department and its connected graduate school is overviewed with a special focus on the education goals, course syllabi and objective evaluations.

1. カリキュラムと教育理念

お茶の水女子大学情報科学科は、理学部に設置されている情報関連学科として、自然科学との連携を重視し、情報科学の基礎理論を主として取り扱う情報数理大講座（教授3；助教授2；

助手1）と、情報の生産から流通・処理を含む一連のシステムの側面をカバーする情報処理大講座（教授4；助教授3；助手1）から構成されている。1学年の定員は40名であり、約半数が大学院博士前期課程に進学している。

統合的な視覚情報処理の枠組みであるビジュアルコンピューティング [1]の分野に関連して、情報処理大講座は専門選択科目 4 科目を開講している(表 1)。標準履修年次はすべて 3 年次である。また、連係する大学院人間文化研究科博士前期課程数理・情報科学専攻情報科学コースには、上位の 3 科目が開設されている(表 1)。なお「情報検索特論」は、「ビジュアルコンピューティング」および「同演習」と隔年で交互開催するため、平成 14 年度は開講していない。以上 7 科目はすべて 2 単位(半期週 1 回)である。これらすべてを履修する場合には、国内の大学の中では最も充実したカリキュラム編成であると考えられる。

また総合コースとして、「マルチメディアの世界」(平成 11-12 年度)を開設し、外部からも著名な講師を多数招いて、受講制限を行うほどの人気を博したことがある。

表 1 お茶大情報科学科と関連大学院で開設されている科目一覧(担当は平成 14 年度)

区分	科目名	担当
学部	画像基礎論	藤代
	コンピュータグラフィックス	藤代
	コンピュータビジョン	藤代
	コンピュータビジュアライゼーション	藤代
大学院	ビジュアルコンピューティング特論	高橋
	同演習	藤代
	(情報検索特論)	(藤代)

すべての科目に共通する教育理念は、次の 3 点に集約できる：

- (1) 素材はコンピュータグラフィックス、ゴールはコンピュータサイエンス
- (2) 講義録の配布とショートクイズの実施
- (3) 低水準プログラミングの演習

本学科は数理的基本科目も他大学に比べ豊富に履修させるため、情報科学の基幹科目に費やす割合が相対的に低くならざるをえない。その点を補うため、視覚情報を素材としながらも、情報科学の本質に言及する方針を貫いている。例えば、画像生成の時間計算量と空間計算量、精度と速度、表現可能性と使いやすさ等に見られるトレードオフとその解消策を、情報表現や計算における保存則の例として採り上げ、複数の具体的な実例を通じて実践的に身につけさせるように工夫している。

また学部の科目はどれも、文献[2-4]等のテキストに準拠しているが、独自の講義録も配布し受講者の便宜を図る一方、毎講義終了時にはショートクイズ(SQ)を実施し、簡単な計算問題を通じて内容を即時的に確認させている。

さらに、既成ソフトウェアを利用した画像合成・解析ではなく、ブラックボックスを廃した C プログラミング教育を行っている。学部レベルでは、Xlib [5]を利用して、加藤 龍司 先生(宇都宮大学、故人)と共同自主開発した簡易グラフィックスライブラリ *VisualCore* を提供して、カラーテーブルを操作し、point を指定色で描画するレベルからスタートさせ、半年間で照明モデルやテクスチャマッピングを組み込んだ 3 次元シーンのアニメーションが完成できるように指導している。そのためには相当な実習時間を必要とするが、専用の演習科目を設けていないので、履修する学生は空き時間を利用して課題をこなしている。

2. 科目の概要

科目間の前提関係を図 1 に示す。ビジュアルコンピューティング教育では、画像合成と画像解析を、視覚情報処理における“車の両輪”として捉えることが大切である。

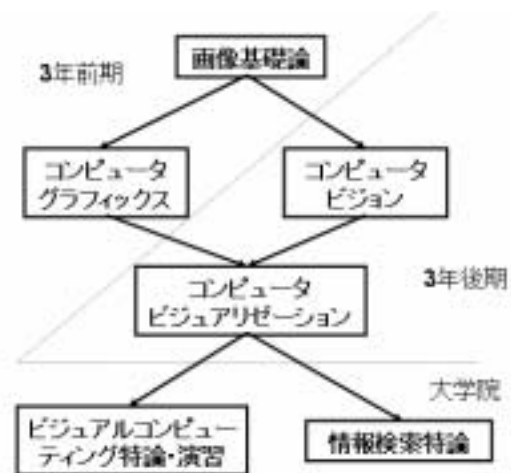


図 1 科目間の前提関係

「画像基礎論」ではまず、両者の対比を大切にした入門を行う。最新のコンピュータサイエンス推奨カリキュラムから考えれば、少なくともこの科目は基幹科目(必修)扱いをして、2 年次後期へ移行することが望ましい。しかし他分野のカリキュラムとの編成上、現在は「コンピュータグラフィックス」とコマを共用し、前

半を「画像基礎論」、後半を「コンピュータグラフィックス」として進度を調節している。

3年後期に進むと、「コンピュータビジョン」では、強調、平滑化、復元、特徴抽出とマッチング、認識等の画像解析の内容をより詳しく採り上げる一方、画像合成・解析双方の側面をもつ応用として、「コンピュータビジュアライゼーション」を履修させるようにしている。関連する分野としてきわめて重要な「ユーザインタフェース」に対応する科目は、時間的制約上まだ常設できない状況であり、数年に一度の割合で外部非常勤講師による集中講義を開催し、補足する体制をとっている。

2.1 画像基礎論

ビジュアルコンピューティングの概念を導入した後、テキストに文献[2]を利用して、2次元の画像生成と画像解析の基礎を詳しく説明する。評価は、SQに加え、3回のレポートと最終筆記試験の合計による。本講義のハイライトは、単元(5)、(6)にある画像合成と画像解析の両変換アルゴリズムである。前者からは離散化に伴う問題点、整数化の効果を学び、後者からはエントロピーを減少させる方向の処理の難しさを、演習を通じて理解してもらっている。また単元(9)では、最終評価者である人間の視覚系の理解なしに効果的な画像合成はできないことを実感してもらっている。

- (1) ビジュアルコンピューティングの世界
- (2) カラーモデル
- (3) ラスタグラフィックスアーキテクチャ
- (4) 基本グラフィックスライブラリ VisualCore
- (5) ラスタ変換：線分の画像合成
- (6) ハーフ変換：線分の画像解析
- (7) ソリッドオブジェクトとポリゴンフィリング
- (8) クリッピング処理
- (9) 人間の視覚系とアンチエイリアシング/ハーフトーン
- (10) 同次座標系と幾何学的変換
- (11) Lagrange 区分多項式補間
- (12) B-Spline 曲線

2.2 コンピュータグラフィックス

後期の幕開けはその夏の SIGGRAPH Video Review の上映が恒例になっており、受講者以外の学生も聴講する。本科目では、「画像基礎論」で学んだ画像合成の考え方を3次元に拡張

し、同じテキスト[2]を用いて、基本的な理論と技法を解説する。多面体表現からスタートし、講義と並行して、ビューイング、隠面処理、シェーディング、テクスチャマッピング、アニメーションと、ボトムアップ式で演習課題のプログラムを完成させるシステムをとっている。評価はSQとこのレポート提出の総計による。また単元(12)-(14)では、インターネット時代のリアルタイム画像合成に関する最新の話題にも言及している。

- (1) SIGGRAPH200X Electronic Theater の再演
- (2) ソリッドモデルによる立体の表現
- (3) 簡易境界表現と内部データ構造
- (4) 3D 幾何学的変換
- (5) カメラモデルとビューイング
- (6) 隠面処理 - 背面消去法とZバッファ法
- (7) フラットシェーディング
- (8) スムーズシェーディング
- (9) テクスチャマッピング
- (10) アニメーションの原理
- (11) レイトレーシングとラジオシティ
- (12) ノンフォトリアリスティックレンダリング
- (13) イメージベースレンダリング
- (14) 単純化と時間重視レンダリング

2.3 コンピュータビジュアライゼーション

本科目では、シミュレーションや計測によって得られる大規模な数値データに潜む対象の複雑な構造や振舞いを直感的かつ効果的に理解するためのツールとして重要視されている。コンピュータビジュアライゼーションの基礎と応用を概説する。テキストには文献[3,4]を用いている。単元(1)で可視化技法を分類する際に用いる指標である、利用プリミティブの種類と表現レベルを基軸として、2次元スカラー場(2)-(4)、3次元スカラー場(5)-(7)、ベクトル場(8)-(10)を可視化する複数の技法の利害得失を強調する構成を採用している。評価はSQとレポート提出の総計による。VisualCoreを用いて、位相的あいまいさを緩和したマーチングスクエア法(マーチングキューブ法の2次元版)を用いた等高線抽出、あるいは速度表示が可能なLIC法による2次元流れ場の可視化のいずれかを課題を選択させている。なお単元(11)、(12)では、情報可視化とバーチャルリアリティを用いたリアライゼーションの考え方も紹介している。

- (1) ビジュアル化パラダイムと分類学
- (2) 双線形補間とカラーコーディング
- (3) マーチングスクエア法による等高線生成
- (4) 漸近線判定法によるあいまいさの解決
- (5) ボクセル空間と等値面生成
- (6) ボリュームレンダリング
- (7) 伝達設計問題への位相解析的アプローチ
- (8) サンプリング法：アロープロットと流線表示
- (9) LIC 法
- (10) プローブとベクトル位相解析
- (11) インフォメーションビジュアル化
- (12) パーチャルリアリティとリアリゼーション

2.4 大学院の科目

「ビジュアルコンピューティング特論」では、「コンピュータグラフィックス」でふれた計算機における 3 次元形状の表現法を再び採り上げ、CSG・境界表現法から、自由曲面、ポリゴン曲面(細分割曲面を含む)への 3 次元形状表現の変遷を詳述する。また、ポリゴン曲面の詳細制御、変形処理等の最新の話題にもふれる。さらに、C++による演習も課している。

「同演習」では、履修者の研究テーマに合わせて、最近のトピックを選択させ、徹底した文献調査から未解決の課題を同定する演習を行っている。

「情報検索特論」では、情報可視化の最新解説論文の輪講を行っている。

3. 客観的評価

上記の科目を受講する 3 年次生に対しては、達成度を自ら確認してもらうために、毎年春秋に 2 度実施されている文部省認定 CG 検定 2 級 (<http://www.cgarts.or.jp/>) の受験を勧めている。表 2 に過去 5 年間に渡る合格率の推移を示す。同表から明らかなように、本学からの受験生は、大学生全体、受験生全体と比べ、2-3 倍の合格率をあげていることがわかる。

参考文献

- [1] 藤代 一成, 國井 利泰:「ビジュアルコンピューティングとは?」, カラーエイジ, No.8, pp.14-17 (1992)
- [2] (財) 画像情報教育振興協会 編: コンピュータグラフィックス技術編 CG 標準テキストブック (1999)
- [3] 中嶋 正之, 藤代 一成 (編著): コンピュータビジュアル化, インターネッ

- ト時代の数学 4, 共立出版, 207pp. (2000)
- [4] 藤代 一成:「情報の可視化技術」, 情報の可視化(岸野 文郎 編), 岩波マルチメディア情報学第 6 巻, 岩波書店(2001), 第 3 章 (pp.83-141), 読書案内 (pp.196-197), 参考文献 (pp.200-203)
 - [5] 井門 俊治: X-Window 実用グラフィックス入門, 日刊工業新聞社 (1992)

表 2 CG 検定 2 級合格率の推移
(平成 9 年度-平成 13 年度)

年度	区分	受験者	合格者	合格率
H9年度 前期	大学	305	108	35%
	お茶大	22	14	64%
	全体	3,179	751	24%
H9年度 後期	大学	434	179	41%
	お茶大	5	5	100%
	全体	2,848	783	27%
H10年度 前期	大学	377	195	52%
	お茶大	33	26	79%
	全体	3,309	943	29%
H10年度 後期	大学	580	1045	43%
	お茶大	8	6	75%
	全体	3,300	1,108	34%
H11年度 前期	大学	357	192	54%
	お茶大	39	37	95%
	全体	3,418	1,020	30%
H11年度 後期	大学	673	304	45%
	お茶大	1	1	100%
	全体	3,794	1,246	33%
H12年度 前期	大学	524	192	37%
	お茶大	33	24	73%
	全体	3,940	854	22%
H12年度 後期	大学	709	246	35%
	お茶大	7	4	57%
	全体	3,917	1,113	28%
H13年度 前期	大学	629	208	32%
	お茶大	30	17	57%
	全体	3,615	804	22%
H13年度 後期	大学	625	249	40%
	お茶大	13	10	77%
	全体	3,570	1,144	32%