

建築学科学生を対象とした情報処理教育の実践

○平沢 岳人*1

キーワード：情報処理、プログラミング、三次元モデリング、データベース

1. はじめに

筆者は2004年10月に大学教育の現場に復帰したが、その際、自身の教育方針の一つとしていわゆるCAD教育の枠に収まらない情報処理教育を建築学科の学生に提供することを掲げた。

いわゆるCAD教育と言っても、コンピュータリテラシー教育の一環としても多くの実践例があり易難幅広い。ここではそれを、手で描いていた図学製図や設計課題をCADでそっくり入れ替えたもの、としたい。模型の代わりに三次元CADでスタディを行う程度まではこの範囲に含まれる。では、この定義外のCAD教育とはなにかといえば、外形的にはマウスとテンキーだけでは終わらないCAD利用を学ぶ(教える)ことになると思う。

商用CADの各ベンダは一般的な設計業務に関して十分な機能を標準で提供しているが、標準機能で間に合わない場合に備えてユーザが独自に機能を拡張できる手段を用意している。各CADベンダが提供する標準機能とそれを超えるカスタム機能の関係は、先述のいわゆるCAD教育とそれを超えるCAD教育との関係にほぼ一致すると筆者は認識している^{注1}。つまり、いわゆるCAD教育を越えるためには、各CADシステムのカスタム化機能を積極的に使うことになる。そして、カスタム化機能の多くは、ユーザ自身によるプログラムの作成によって実現する。近年注

目を集めるRhinceros 付属のGrasshopper や、AutoCAD におけるDynamo などのVPL (Visual Programing Language) は、カスタム化の敷居を下げるものである。カスタム機能には一定以上のニーズがあるといえるだろう。

さて、筆者の研究室では「CAD教育の枠に収まらない情報処理教育」をもとに、下記に示す研究プロジェクトが進んでいる。

- ・ 自動加工機、ロボット、人工技能の研究¹⁾
- ・ 歴史的建築物の三次元モデルによる復元とデジタルアーカイブの研究²⁾
- ・ 三次元モデリング、構法の知識表現³⁾、三次元モデルデータベースの研究
- ・ アルゴリズムックデザインによる建築デザイン
- ・ テンセグリティの構法と設計制作技術の研究

これらの研究プロジェクトと、その遂行にあたって必要となる情報処理教育をマップとしたものが図1である。下部の太線で囲ってある範囲が修士1年の夏までに習得すべきものとなっており、それぞれの内容を扱う講義ないし講習会を併記してある。ここまです習得できた学生であれば、上で挙げた研究プロジェクトを遂行できる水準に達しているということになる。本稿では太線の範囲の習得にあたっての情報処理教育の試みを、関連するアウトプットと併せて整理する。

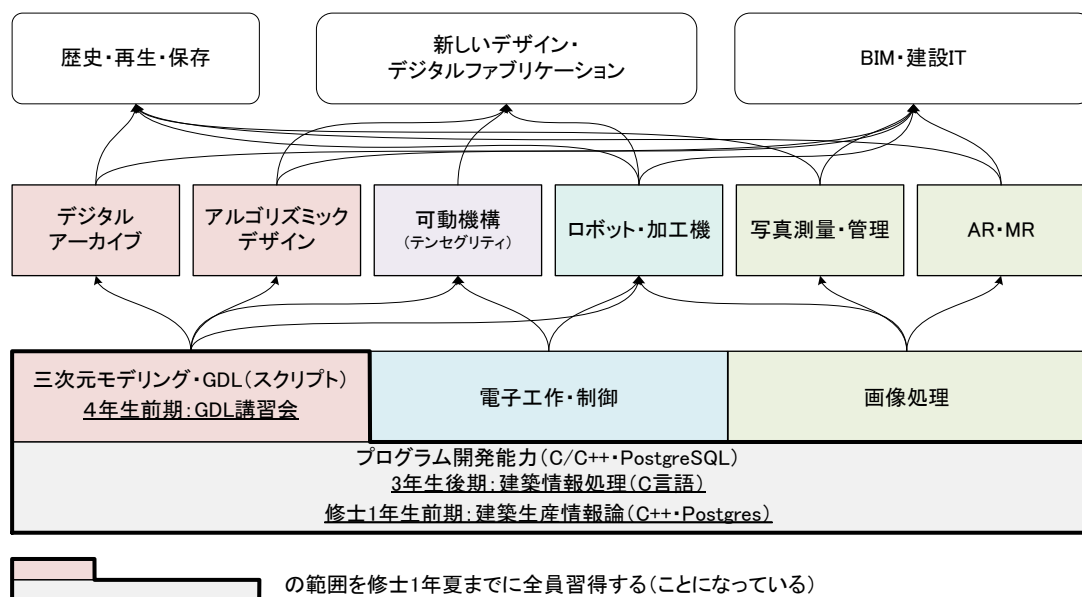


図1 教育と研究プロジェクトとの関連マップ

2. 学部学生への講義内容

学生にとって計算機言語を学ぶことの利点は、アルゴリズムの理解や考察などにより、論理的に物事を考える訓練になることであろう。誤解を恐れずにいえば、他の工学系の学科に比較して建築学科の教育において最も不足している学習機会かもしれない。

他方、C/C++言語を学ぶ書籍は数多く出版されており、情報系学科ではもちろんC言語を学ぶ講義が存在する。では、建築学科で所謂C言語の講義を同じ構成で講義をするとして、単純に単位取得のためでなく積極的に学んでくれるだろうか。筆者は、この構成では建築系学生の初学者の心を引く何かが必要だと思う。その何かとは、かたちの創造を伴うこと、であると考え。CADを自習して設計課題に使用している学生に尋ねると、「屋根面を曲面にしたいが思った形状をCADで作れない」、「伝統木造建築の架構をCADで入力できない」といった回答が戻ってくるが多い。向上心のある学生たちにとって、これらを解決する手段はたいへん魅力的に映るようである。近年アルゴリズムミックデザインに興味をもつ学生が多いのも同様の背景であろう。

以上のような考察から、論理的に物事を考えること、好きな形状を作れるようになること、部品を配置する位置を正確に指示できるようになること、この三つが身につくよう学部生に向けて「建築情報処理」と「GDL講習会」を用意している。

2.1. 建築情報処理

表1に建築情報処理のシラバスを示す。この講義は三年生後期に開講している。

卒論・修論の発表会では、既存ソフトウェアに使われてしまっている学生を目にすることも多い。こういった学生に対し、ある関数に対して与える入力とそれらが変換されて得られる出力という一連の流れを自然に意識できるようになってほしいと、前半はC言語を学ぶという基本を抑えることに傾向した構成になっている。VPLを導入し、より親しみやすい構成にすることも考えられたが、建築の分野において求められる情報処理が全てVPLで可能になるのはかなり先の話になるであろうし、そうなる前からテキストベースのプログラミングの経験がVPLでのプログラミングにおいて無駄になることはない。

講義の後半では、建築学生向けに二次元グラフィックスを扱う回を設定している。wingxaと呼ばれる二次元グラフィックスライブラリ（ヘッダ）^{註2}を利用し、コンピュータの得意とする、繰り返しやフラクタルを取り入れたグラフィックスの描画を学ぶ内容となっている（図2）。また、二次元グラフィックス(2)と(3)は冬休みを跨いでおり、例年自由に作品を制作する課題を課している。提出必須の課題とはしていないが、7~8割の学生が課題に取り組んでいる。講義外の時間にTAに質問にくる学生も見られ、創造を伴う

ことが建築学生のモチベーションとなっていることが確認できる。作品例を図3に示す。

表1 建築情報処理（2015年度）のシラバス

回	内容	回	内容
1	ガイダンス	9	文字列の基本
2	演算と型	10	ポインタ
3	プログラムの制御(1)分岐	11	ポインタと文字列
4	プログラムの制御(2)繰り返し	12	二次元グラフィックス(1)
5	配列	13	二次元グラフィックス(2)
6	関数	14	二次元グラフィックス(3)
7	変数の型と内部表現		試験
8	実用的なプログラム	15	まとめ、総括

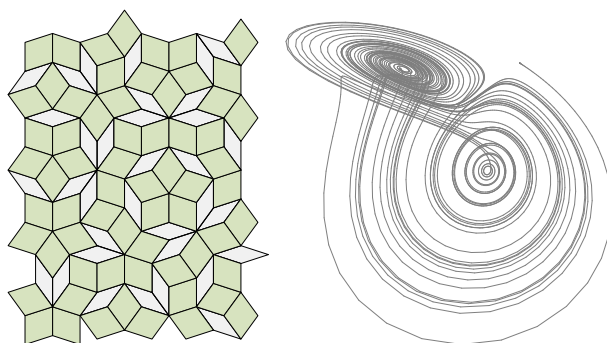


図2 講義で扱う二次元グラフィックス
(左：ペンローズタイル、右：ローレンツアトラクタ)

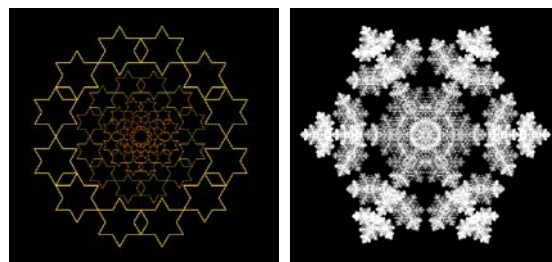


図3 学生作成の二次元グラフィックス

2.2. GDL講習会

GDL講習会は、好きな三次元形状を作れるようになること、部品を配置する位置を正確に指示できるようになること、この二つが身につくようにカリキュラムを構成している。三次元の形状を表示するためにはOpenGL等を直接つかうこともあり得るが、設計課題において一般的なCADのオペレーションはほぼ全員が習得済みなので、CAD組込の拡張機能を利用する方法をとっている。成果や習得した技術を設計課題などで活用しやすいのに加え、付属のレンダリング機能により手軽に見栄えの良いイメージを出力できるというメリットもある。選定過程の子細は省くがGraphiSoft社のArchiCADが標準で提供しているGeometric Description Language（以下GDL、「幾何記述言語」）を計算機言語として採用している。GDLはBASICに似た文法体系に幾何形状の生成・操作に係る機能を併せ持っている。なお、GDL講習会は現在、履修

課程に含まれていない講習会である。対象も筆者の研究室に配属されたゼミ生（四年生）を主としているが、建築学科学生にも開放しており、他ゼミの学生ないし院生が受講することもある。

表 2 は GDL 講習会の構成である。三年生後期に前節で紹介した建築情報処理を学んでいることを想定しているため、プログラミングそのものの基本は省き、三次元空間で形状を生成、操作するために必要となる基本的な理念を重点的に扱っている。図 4 は 7、8 回の題材としている立体トラスのモデリング例である。単純な立体トラス屋根と異なり、なめらかな曲面をもつものになっている。なめらかな曲面屋根を支える立体トラスの各メンバーも屋根面に沿うように配置されている。与えるパラメータを変更することで全体の形状が変わるがトラスのディテールも自動的に追従する。建築情報処理を開講する以前は、立体トラスがモデリングできることを到達点（表 2 でいえば 4、5、10、11 回の内容は含まない）とおり、現在と比較すればややゆっくりとしたペースで進行していたことになる。建築情報処理を通じて論理的な思考を経験していること、加えて講習会の教科書⁵⁾が用意できたことが学生の習得スピードの向上に寄与したと考えている。

また、図 5 にシェル作品の作成（4、5 回）、図 6 に発表会（12 回）の成果を示す。シェル作品を見ると、プログラミングによる発見的なデザイン手法にやや依っているようにも思われるが、概ね好きな形状を作ることができていることがわかる。講習会の最後に行う発表会の作品からは、意図した位置に正確に部品を配置することが実現されていることが見て取れる。時間的な制約もあり、建築の設計までは手が届かずどちらかと言えばプロダクトデザイン寄りの題材が多くなる傾向がある^{注3)}が、プログラムで形状を生成する技術が習得できていることは作品例からも分かると思う。

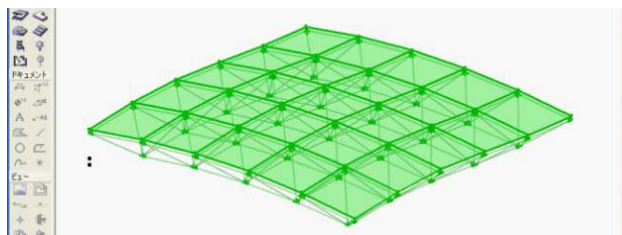


図 4 立体トラス

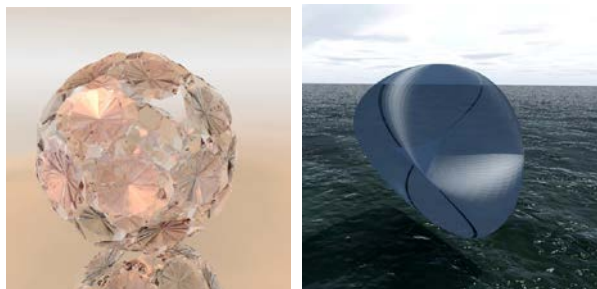


図 5 シェル作品の一例

表 2 GDL 講習会（2016 年度）の構成

回	講義の内容
1	基本図形と座標変換(1)： 基本図形を任意の位置・姿勢で配置する方法を学ぶ。
2	座標変換(2)と FOR ループ： 三角関数などの計算コマンドと回転用の座標変換、繰り返しのアルゴリズムで基本図形を規則正しく配置する方法を学ぶ。
3	配列(DIM)： 空間上の二点を結ぶ直線を描画する方法を連続的に適用して曲面をメッシュで表現する方法を学ぶ。
4, 5	シェル作品の作成： 1~3 回の成果として自由にシェルのモデリングを行う。
7, 8	立体トラスのモデリング： 複雑な回転により二点を接続する円柱（トラスロッド）を作成する方法を学ぶ。厚さが保たれるよう 2 つの曲面メッシュを並べる方法を学び、立体トラスを作成する方法を学ぶ。
8	CALL を用いたモデリング： あらかじめ用意した GDL 部品を別のスクリプトから呼び出す方法を学ぶ。5 で学んだメッシュを基準に部品を配置し、立体トラス構造を生成する方法を学ぶ。
9	立体のブーリアン演算と材質の設定： 立体を組み合わせて新たな形状を生成する方法を学ぶ。部品の材質を設定する方法を学ぶ。
10	図面上でライブラリオブジェクトとして使うために： 図面内でオリジナル GDL 部品を使用するためにホットスポットやパラメータの設定について学ぶ。
11	他言語から GDL を使う： 他言語によるプログラムで複雑な処理を行い、その結果を GDL（のスクリプト）として出力する方法を学ぶ。
12	発表会

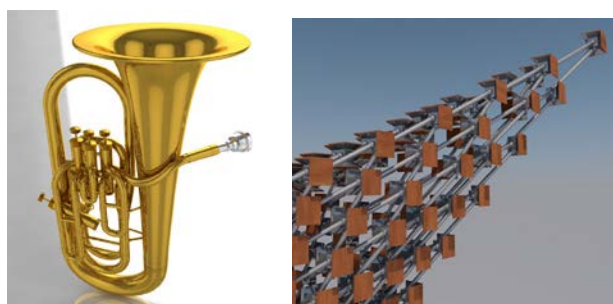


図 6 発表会の成果の一部

3. 院生への講義内容

大学院生への指導は「建築生産情報論」という正規の講義において実施している。この講義では、主に関係データベースの解説を行い、あわせて C/C++ 言語、ビジュアルゼーションのツールとして二次元グラフィックス（2016 年度は OpenCV^{注4)}、三次元グラフィックス（2016 年度は FreeCAD^{注5)}）を教える。この講義でも、関係データベースの論理的な考え方をしっかりと理解させるだけでなく、データを可視化する（かたちにする）点も重視している。

表 3 にシラバスを示す。関係データベースについて学ぶ回（2、3 回）では、SQL 文による基本的な問い合わせ方に始まりその基礎からスキーマの設計、ストアプロシージャなどを一通り学ぶ。スキーマの設計は、学生にとって、物事をコンピュータ上で（情報）として扱うにはどのようにすべきかを考察するよい訓練になっていると思う。例と

して学生と座席を管理するスキーマの設計を図 7 に示す。図 7 上の設計は机が学生の id を保持することでその座席を使う学生を紐付けているが、この構成であると複数の学生が使うというシーンを扱うことができない。ある座席を複数の学生が使うシーン、ある学生が複数の座席を使うシーンを扱おうとすると図 7 下のようなスキーマを設計する必要がある。これらの回を通じて、物事をコンピュータ上で扱おうとした際に、実体（学生や座席）がどのような属性を有し、それぞれがどのようにリレーションを構成するか考え、合理的に情報化する方法を身につける。

グラフィクス関連の回で用いるライブラリないし言語は固定しておらず、二次元グラフィクスとして ATL/WTL^{注6}を扱った年度もあれば、建築情報処理と同じく wingxa を扱ったこともある。三次元グラフィクスについても ArchiCAD の API など扱うこともある。2015 年度は、在来木造構法による住宅を題材に、FreeCAD と ArchiCAD とをデータベースを介して繋いだアプリケーションの習作が成果となった（図 8）。

たった 15 回の講義でこれだけの内容を教えられるのか疑問に思われることだろう。結論からいうと、建築情報処理が開講され履修済みの学生が受講するようになってからは、ほとんどの学生が発表会でのプレゼンに到達できている。この講義が開講されて数年は建築情報処理がまだ開講されておらず、初めてプログラミングとタイトなスケジュールのため、15 回の発表会で自分の作品を発表するまでに到達する学生は半数ほどであり、少なからず落第させてしまっていた。プログラミングの基本と論理的に物事を考えることが身についていれば、この講義で扱うような応用にも対応できることを裏付けているといえる。

表 3 建築生産情報論（2016 年度）のシラバス

回	講義の内容
1	ガイダンス・建築生産における情報統合化に関する包括的 話題
2, 3	関係データベースの基礎と SQL 言語の学習
4, 5	C/C++によるプログラムと RDB の操作
6~8	二次元グラフィックス(OpenCV) と RDB の連携
9~12	三次元グラフィックス(FreeCAD)と RDB の連携
13,14	テクニカル・エスキス
15	発表会

参考文献

- 高林、他、多関節ロボットによる木材加工におけるツールパス生成に関する研究、日本建築学会技術報告集、第 22 巻、第 51 号、pp.813-816、2016.6
- 加戸、他、精緻なデジタルアーカイブでの関連資料の管理とその閲覧利用に関する研究、日本建築学会技術報告集、第 19 巻 第 42 号、pp.779-782、2013.6
- 加戸、他、継手仕口による納まりのプログラム言語を用いた記述に関する研究、日本建築学会技術報告集、第 21 巻、第 49 号、pp.1297-1300、2015.10
- 安居院、他、Windows ですぐできる C 言語グラフィックス、昭晃堂、2009.11
- 平沢、他、GDL プログラミングマニュアル、Amazon KDP、2015.3

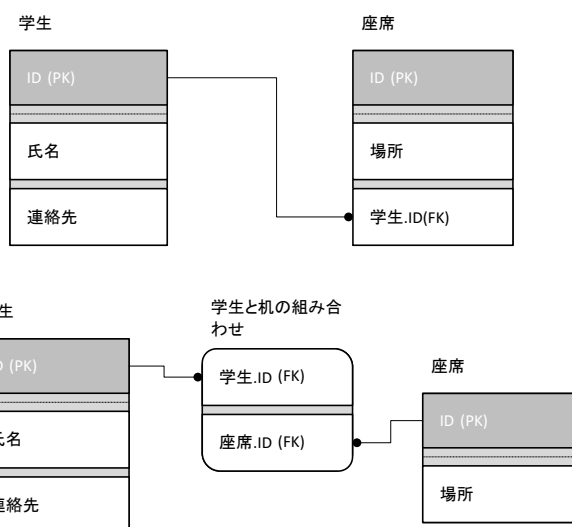


図 7 学生と座席を扱うスキーマの設計例

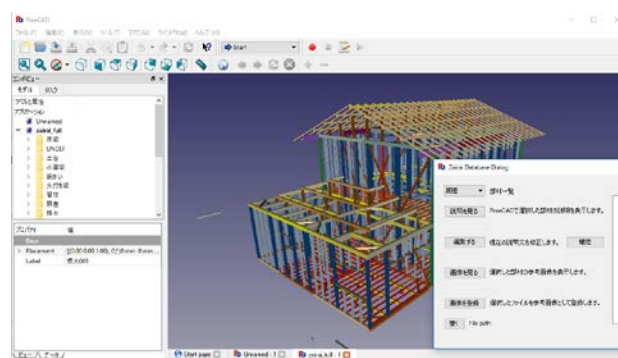


図 8 建築生産情報論の成果（2015 年度）

4. まとめ

以上、筆者が継続的に行っている情報処理教育の構成や内容をアウトプットとともに示した。冒頭で挙げた研究プロジェクトの遂行にあたっては、これらの教育に加えてやはり日常的な研究指導も不可欠である。逆に言えば、研究に情報処理がさほど要求されない場合には、ここで紹介した講義はほとんど意味がない可能性がある。しかしながら筆者は出来るだけ多くの建築系の学生が情報処理教育を受ける方がよいと考えている。卒業研究や修士研究において最終的にプログラムを書くことがなくても、論理的な思考方法が身につくからである。

注

- 注1. BIM による各種シミュレーションとの連携なども含まれるかもしれない。
- 注2. 詳しくは参考文献 4) を参照されたい。
- 注3. 指定しているわけではないが学生間でひとまず GDL のみで図面に置いてのアセンブルはしない、という方針になっていることも影響していると思われる。
- 注4. 画像処理用のオープンソースライブラリ。http://opencv.org/
- 注5. オープンソースの三次元 CAD。Python による様々なカスタムが可能である。http://www.freecadweb.org/
- 注6. Windows アプリケーションを作成するための C++クラスライブラリである。

*1 千葉大学大学院工学研究科 教授