

# 建築 DX に向けた建築情報教育の実践事例 その 1

## Practical cases on Architectural Informatics Education for Architectural Digital Transformation (Part 1)

○加戸啓太\*1, 大西康伸\*2, 木村謙\*3, 倉田成人\*4, 澤田英行\*5, 下川雄一\*6, 杉田宗\*7,  
中澤公伯\*8, 前稔文\*9, 松林道雄\*10, 松本裕司\*11, 森谷靖彦\*12  
Keita KADO\*1, Yasunobu ONISHI\*2, Takeshi KIMURA\*3, Narito KURATA\*4, Hideyuki SAWADA\*5,  
Sou SUGITA\*6, Yuichi SHIMOKAWA\*7, Kiminori NAKAZAWA\*8,  
Toshifumi MAE\*9, Michio MATSUBAYASHI\*10, Yuji MATSUMOTO\*11, Yasuhiko MORIYA\*12

- \*1 千葉大学大学院工学研究院 助教 博士 (工学)  
Assistant Prof., Graduate School of Engineering, Chiba University, Ph.D.
- \*2 熊本大学大学院先端科学研究部 准教授 博士 (学術)  
Associate Prof., Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University, Ph.D.
- \*3 エーアンドエー株式会社 博士 (建築学)  
A&A Co., Ltd, Dr. Arch.
- \*4 筑波技術大学産業技術学部 教授 博士 (工学)  
Prof., Faculty of Industrial Technology, Tsukuba University of Technology, Ph.D.
- \*5 芝浦工業大学システム理工学部 教授 工学修士  
Prof., Systems Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology, Mr. Eng.
- \*6 金沢工業大学建築学部 教授 博士 (工学)  
Prof., Department of Architecture, Kanazawa Institute of Technology, Dr. Eng.
- \*7 広島工業大学環境学部 准教授 博士 (工学)  
Associate Prof., Faculty of Environmental Studies, Hiroshima Institute of Technology, Dr. Eng.
- \*8 日本大学生産工学部 教授 博士 (工学)  
Prof., College of Industrial Technology, Nihon University, Ph.D.
- \*9 大分工業高等専門学校都市・環境工学科 准教授 博士 (工学)  
Associate Prof., Dept. of Civil and Environmental Engineering, National Institute of Tech., Oita College, Ph.D.
- \*10 建築研究所建築生産研究グループ 研究員 博士 (社会工学)  
Research Engineer, Department of Production Engineering, Building Research Institute, Ph.D. in Policy and Planning Sciences
- \*11 京都工芸繊維大学 デザイン・建築学系 助教 博士 (学術)  
Assistant Prof., Design and Architecture, Kyoto Institute of Technology, Ph.D.
- \*12 東京工芸大学工学部建築学科 非常勤講師 修士 (学術)  
Part-time Lecturer, Department of Architecture, Tokyo Polytechnic University, Mr. of Arts and Sciences

キーワード：教育 DX; 情報リテラシー; 授業科目; 実践事例

**Keywords:** Educational digital transformation; information literacy; class subject; practical cases

### 1. はじめに

日本建築学会情報システム技術委員会傘下の建築情報小委員会では、建築教育の情報化をテーマとした活動を継続的に行っている。昨年度の情報シンポジウムでは「建築 DX に向けた教育」と題した研究集会において、教育をキーワードに産業界および高等教育機関における取り組みを挙げ議論した。産業界と高等教育機関共通して教育の重要性が再認識されたが、その体制としてはキーパーソンが「それぞれの立場で、個別に、強力に」推進している状況であり、教育のオープン化や産学を跨いだ連携が望まれることも示された。

本稿およびその 2 では、小委員会委員の関わる建築情

報教育の実践事例を概観する。事例としては個別に取り組まれたものであるが、カリキュラムや連携像が想起されることを意図し、プログラミングの基礎から専門科目での情報教育、BIM: Building Information Modeling での統合的な設計演習、PBL に至る事例をおおよそ学修年次と対応するよう整理した。

### 2. プログラミングの基礎とファブリケーション

#### 2-1. Excel VBA を用いたアルゴリズム学習のカジュアル化

軽快で親しみやすいアルゴリズム学習の導入を目指して、プログラミング初心者の 3 回生 (12 名前後) を対象として実施している試みである。Excel VBA を用いることで、

特別な設備や準備を必要とせず、授業初日から本編に入れることが特徴である。繰り返し、論理分岐、変数、四則演算、数学関数の実装方法を学び、模様生成を行う。ここでは、中1から高2レベルの数学との関連を意識できるように配慮している。約4週目の成果作品の出力(物体化)に用いるのは、ペーパーカッティングプロッタ、デジタルミシン、布転写シートといったライトウェイトなファブリケーション技術である。これにより、共用の大型設備の順番待ちを気にせず、卓上で何度もトライ&エラーができる。作品は、ランプシェード、バッグ、鍋敷き、モバイル、財布など様々である(図1上段)。

後半の4週では、モーフィング、フラクタル、セルオートマトンといった少し高度な古典的アルゴリズムを学びながら、建築の生成に取り組む。3~5名のグループで「プログラミングの力を半分借りる」スタンスで取り組む。メンバーが持ち寄った3つ程度の模様(≒空間の素)を下敷きにして、解釈とアレンジを加えて、手作業とデジタルファブを組み合わせながら設計を進める(図1下段)。

全体を通して、アルゴデの習得よりもアルゴデ“で”コーディングの基礎を学ぶことに重点を置き、その後の研究や仕事、私生活での幅広い活用を期待している。

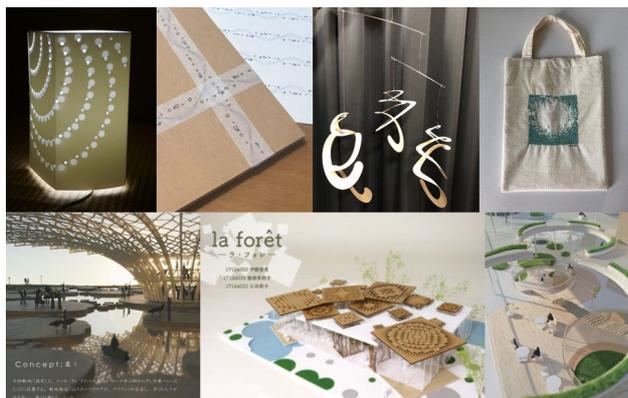


図1 学生作品例(上:模様課題,下:建築課題)

## 2-2. プログラミングの基礎教育からものづくりへ

数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度(リテラシーレベル)に基づき、低学年では講義と演習によるコマンドベースのプログラミングの基礎教育(C言語)を実施している。

その基礎知識を用いて Python による描画を実施している。ここでは、Moodle を活用した授業を展開しており、学生はサンプルのプログラムコードをダウンロードして課題に取り組む。描画する題材は特定せず、自由に表現してもよいものとしており、キャラクターを描いたり、構造力学の梁を描いたりなど様々である(図2)。

専攻科では、情報ツールによるものづくりを目指し、VBA による図形描画とプロダクトデザインを実践している。なお、この専攻は、機械系と建設系の学生で構成

されており、グループでプロダクトデザインの製作を行う。演習では、最初にこれまでの作品例を示すとともに VBA 演習はサンプルコードを配布し、学生自らがコードを実行・編集するなど試行錯誤する。製作期間は4週とし、最終成果物はポスターとして提出する。

作品テーマは「光を用いた演出」としており、模様等を描いた平面形状を用いてモデル化しているものが多い中、3Dプリンタでオブジェクトを生成させ、動画まで作製するグループもあった(図3)。プログラミングの基礎からプロダクト製作を実践するデザイン教育までの流れを構成できた手応えを感じている。今後は、具体的なプロダクトを課題として与え、授業を進める予定である。

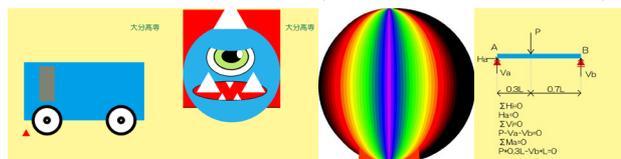


図2 Pythonによる学生作品



図3 学生によるプロダクトデザイン例

## 3. 座学形式の講義の教材として

建築情報教育の実践という演習系・アウトプット型の講義がイメージされるが、ここでは座学形式の講義において教材として建築情報の援用、具体的にはシミュレーションによる可視化や三次元モデルの教材化を試みた事例を示す。

千葉大学の建築学コースでは、伝統木造建築を対象に実測調査・図面・模型・アクソメ作成までを行う講義がある。この講義はカリキュラムの都合、木造構法を習う前に行われており、実測調査の前に解説が行われてはいたものの短時間の解説では部材名と場所、役割が適切に結びつかない状態にあった。そこで部材の構造的な役割<sup>1</sup>を Karamba3D で変形を可視化しつつ説明を行うことを試みた(図4)。桁や梁、対象とする伝統木造の特徴である扱首組がどのような構造的意味を持ち使われるようになったか、変形が可視化されつつ示されることが理解に寄与したようで部材名の誤りが目に見えて減った。併せて三次元モデル教材を WebGL として提供することも行った。模型作成の課題は図面を読み解きつつ行うのが本質であり、提供の仕方には一考の余地があるが、わからないから適当に作るという学生が減り、全体としては模型の質も向上した。続くアクソメ作成では下絵として三次元モデルを自作した学生も現れた。

三次元モデルやシミュレーションによる可視化は明快

な表現として教材利用でき、また、教材として用いることで建築情報と学生との接点を増やすことの意義を再認識できた。

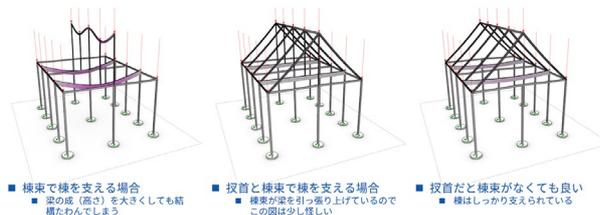


図4 変形をシミュレーションしつつ部材を説明する

#### 4. 専攻科目でのデジタルな地理情報の活用

著者の一人が以前所属していた国立高等専門学校の専攻科科目では、本科で身につけた知識・技術に付加するものとして、デジタル素材としての地理情報を建築学分野の話題に活用する演習を実施していた。専攻科は本科5年間の延長線上にあり、2年間でより高度な技術教育が実施される。全国高専に共通する指針として平成23年度に策定されたモデルコアカリキュラム<sup>2</sup>でのモデルとコアの関係を踏まえ、本科の建築CAD等にて習得したデジタル技術を補強するものとして、デジタルな地理情報が活用できることを目指した。

該当の演習科目では防災を共通テーマとし、複数教員のこれに関する演習を通じ、多面的に物事を考え、情報を分析・整理する能力を身につける。著者の担当分においては、地理情報の活用を試み、津波や内水に関するハザードマップを題材としてこれの分析・評価を行った。

図5は演習課題の作成例である。用意したガイドに従い各学生がGIS(地理情報システム)を操作した。最初の課題で地図データをレイアウトさせ、後半の課題で空間分析の結果をこれに重ね合わせた。グラフィカルな表現の指示までは行わなかったが、建築学分野出身の学生の多くからは工夫が見られた。作業としては実施しなかったが、地理情報と建築設計との関係にも演習で言及した。当演習を通じてこれらデジタルな地理情報を、立地分析のみならず建築設計(敷地図やコンターの作成)でも使用されることを期待した。

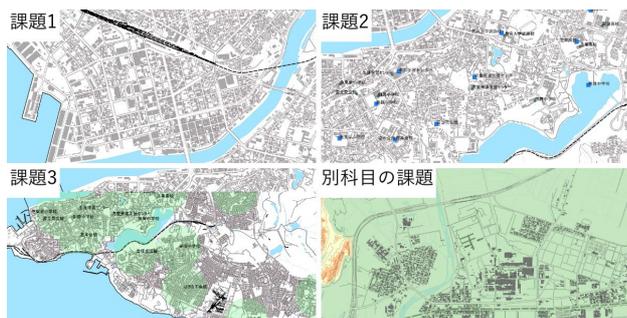


図5 演習課題成果物の例

#### 5. BIMを使ったシミュレーション教育

東京工芸大学工学部工学科建築コースは、2年次前期の授業でCAD/BIMの概念や基本操作を学ぶとともに、「Vectorworks」と「SimTread<sup>3</sup>」を使った避難シミュレーションの実習を行っている。これに引き続き、2年次後期で建築図面の読み方や描き方を学び、基本的なデザイン手法を習得し、3年次前期では「Vectorworks」「ThermoRender」を使って、商業施設の熱環境シミュレーションを行い、最適化を目指すという高度な実習を行っている<sup>4</sup>。これらの狙いは経営感覚を取り入れた建築教育にある。

施設の安全性と収益性を両立した計画の学習を目的とした1年生対象の避難シミュレーション実習では、劇場内にいる観客が火災などで館外に出る避難時間を「SimTread」によってシミュレーションし、開口部や壁を配置するとともに物販スペースも確保するという安全性と収益性の両立を達成する課題とした。4~8人からなる20の班に分かれて作業を行い(図6)、最後にプレゼンテーションを行う形式である。

学生の発表より、SimTreadでは複数の出口付近に観客の待ち行列ができる避難過程の様子もリアルな動画として観察できるなど結果の理解がしやすく繰り返し検討を行えることが明らかとなっており(図7)、比較的初学者でも取り組みやすいシミュレーション課題であったといえる。

また、授業評価からも、本授業において施設の安全性と収益性のトレードオフをBIMツール、シミュレーションを通して検討できることへの理解がされていること、興味をもって取り組んでいる様子が確認された(図8)。

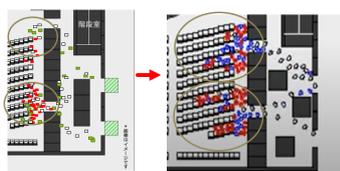


図6 班ごとにシミュレーション課題に取り組む

#### ホール内から外へと移動するときの人の込み具合

改善前

改善後



下の出口に人が偏る

均等に人が出る

ホール内から外へ避難するとき最初の配置だと後半座席部分の出入口に人が集中し、人の動きが固まっていた。改善後では均等に人が出入り口に集まった。しかし、後部座席の出入口を利用する人は多かったため物販スペースを区切って下の内壁から出てきた人も上の出口に向かえるようにしてホールの外に出た後も人の動きが均等になるようにした。

図7 シミュレーションを繰り返し改善策を提案

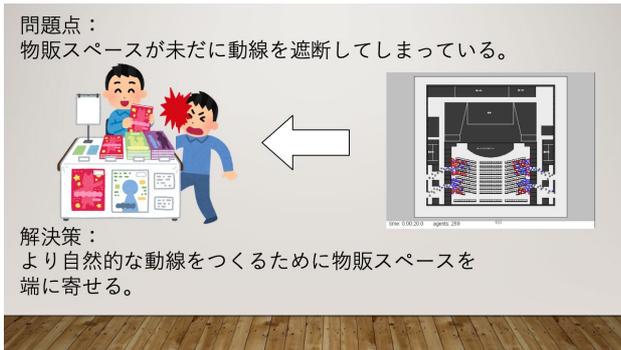


図 8 動線と商業面積のトレードオフを検討

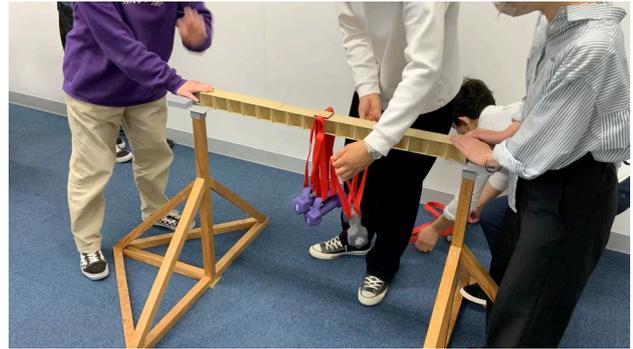


図 9 Strongest Bridge の加重実験

## 6. デジタルファブリケーションによるものづくり教育

広島工業大学環境学部建築デザイン学科では、2 年前期の「デジタルファブリケーション実習」で、レーザーカッターや CNC、3D プリンタを使った課題に取り組み、それぞれの機器の特徴を学ぶとともに、これらを使って 3D モデルを模型やモックアップとして具現化する方法について学ぶ。

例えば、レーザーカッターを活用する「Strongest Bridge」という課題では、60cm×40cm の厚紙 1 枚を使い、1m の橋を作る。RhinoCeros でデザインされた橋の部材がすべて上記の厚紙 1 枚に収まるように加工データを作成し、レーザーカッターで切り出した部材を組み立てる。この課題の最終回では、橋の強度を測り、それがそのまま評価へとつながるため、毎週試作を作り壊れるまで重しをのせてみては、次のデザインへフィードバックすることを 3~4 回繰り返す。デジタルファブリケーションを活用するメリットである、ラピッドプロトタイピングを实践する課題である (図 9)。

また、3D プリンタを使用する「Most Stable Tower」という課題では、最も風の抵抗が少ないタワーをデザインする。タワーは 10cm×10cm×18cm の中に収まる 450cm<sup>3</sup> のボリュームになっている必要があり、その他にも全体高さや各高さでの平面面積の条件に沿ったデザインとなっているかを Grasshopper で確認しながらデザインを進める。この課題でも試作を出力し、実際に風をあててみて挙動を確認するが、それと並行し Butterfly を使用して風洞シミュレーションも行う (図 10)。プロトタイピングとシミュレーションを行ったり来たりすることで、検討力や思考力を養う狙いがある。課題の最終回では、ランダムに選ばれた 2 つのタワーを並べ、どちらかが動くまで風をあて、トーナメント方式で最も風の抵抗の少ない作品を決める (図 11)。

このような課題を通して、デジタルファブリケーションの可能性を理解することで、3DCAD や BIM で作られたデジタルモデルを、リアルなモノへと具現化する意識を植え付けたいと考えている。

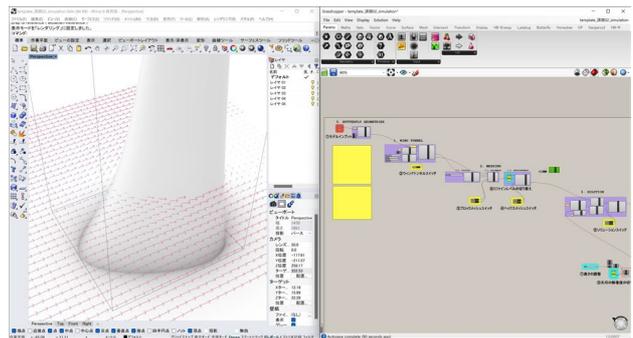


図 10 Butterfly を使用した風洞シミュレーション



図 11 Most Stable Tower の風洞実験

## [参考文献]

- 1 光井 渉, 日本の伝統木造建築—その空間と構法, 市ヶ谷出版社, 2016
- 2 国立高等専門学校機構: モデルコアカリキュラム。国立高等専門学校機構ホームページ [https://www.kosen-k.go.jp/about/profile/main\\_super\\_kosen.html](https://www.kosen-k.go.jp/about/profile/main_super_kosen.html) (参照 2022-08-10)
- 3 木村謙 等: 2009, マルチエージェントモデルによる群集歩行性状の表現-歩行者シミュレーションシステム SimTread の構築-, 日本建築学会計画系論文集(636), 371-377
- 4 森谷靖彦, 木村謙: 2019, BIM を用いたバイオクライマティックデザイン教育の実践-建築設計製図教育における環境シミュレーション手法の導入-, 第 42 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 366-369