

## 三次元設計CADと解析ソフトを活用した建築専門分野横断型教育の試行

建築学科 大西康伸

### 1. 緒言

建築の工学的側面（構造、材料施工、環境工学など）を総合的に理解するためには、実物の建物を分解し、各種実験により解析することが望ましい。教育におけるリバーズエンジニアリングの活用である。しかし、現実的には建物を分解することは不可能であり、実物を対象とした各種実験には多大な手間を要する。そこで、実在する既存の著名建築をデジタル化し、デジタルモデルの分解やモデルを対象とした各種解析の実施により、実物を対象としたリバーズエンジニアリングと同様な効果があると考え、建築教育への導入を進めている。いわば、バーチャルなリバーズエンジニアリングである。本報では、昨年度までの取り組みである構法、構造の2つの観点に加えて、光・熱環境を切り口に建物の解析を行った試行授業について報告する。環境工学は建物の平面・断面計画に大きな影響を及ぼす。特に室内の自然光・熱環境は、開口部の大きさや配置、底のデザインに密接に関係し、ひいては建物消費エネルギーの大小に結びつく。省エネルギー問題を建築設計教育で扱うため、今回追加するに至った。

授業の具体的な進め方を以下に示す（図1）。実在する建物の図面と実物をもとに BIM に対応した CAD

（三次元設計 CAD）に建物モデルを入力する。三次元設計 CAD へのモデルデータの入力プロセスは建物を建設する行為に類似しているという特徴を持つことから、この入力の過程で建物を構成する部材の相互関係（構法）を学ぶ。さらにこのモデルを対象に、構造解析および自然光照度解析・熱負荷計算を実施し、構造・環境の側面から建物を理解する。三次元設計 CAD に

性情報を含んでおり、このモデルを対象に各種解析を実施することができる。

### 2. 試行授業の位置づけ

BIM の活用事例としてここで紹介する演習授業「デザイン・シミュレーション」では、従来、著名建築物の三次元 CAD への入力を通じて、建物の成り立ちへの理解を深めることを目的として授業を展開してきた。しかし、従来の三次元 CAD は形状しか扱えないため、建築の工学的側面まで踏み込んで理解することは困難であり、建築形態のプレゼンテーションが主な目的となりがちであった。そこで、2007 年度から三次元設計 CAD 及び構造解析ソフトを、さらに 2009 年度には、環境解析ソフトを導入した。

### 3. 2009 年度試行の概要

2009 年度は 3 課題を用意し（表 1）、その作業過程で各種ツール（画像処理、情報共有ウェブ、三次元設計 CAD、構造・環境解析）の操作法とその実践的応用（建築物の構成やしくみの理解・表現、構造解析による力学的状態の把握・表現、環境解析による室内の光・熱環境の把握・表現）を段階的に学んだ。なお、2009 年度の登録者数は 46 名であった。

表 1 2009 年度試行授業の課題

第一課題 (個人課題)	画像処理ツールを使ったフランク・ロイド・ライト展のポスター制作
第二課題 (個人課題)	三次元設計 CAD を使った教会の空間的・構造的成り立ちの理解・表現
第三課題 (チーム課題)	<ul style="list-style-type: none"> <li>空間アレンジグループ BIM モデルの編集による教会の増改築の提案 光・熱環境の解析による増改築案の評価</li> <li>構造アレンジグループ 教会の構造解析と変更案の提案</li> </ul>

### 4. 第二課題の概要と実施経過

5 回の授業（1 回 2 時間）で実在する RC3 階建ての教会を三次元設計 CAD へ入力する自作チュートリアルに従い、学生たちは段階的に建物を入力しながら三次元設計 CAD の基本操作方法及び教会の空間イメージや建物の構成やしくみを学んだ。また、課題開始時に配付した教会の実施設計図（意匠 20 枚、構造 6 枚）から詳細な部材寸法や素材などを読み取りながら、受講者たちは入力作業を進めた。最終提出物は、教会の「空間イメージ」や「構成やしくみ」を伝えるプレゼ

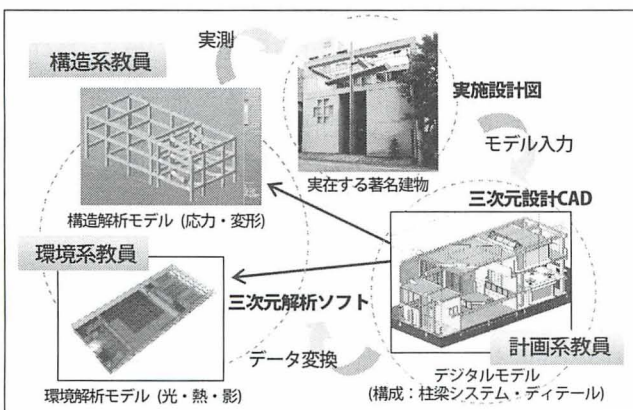


図 1 BIM を活用したバーチャル・リバーズエンジニアリングより入力したモデルは建物の形状情報に加えて部材特



ンパネル (A1×1 枚) とした。この課題では、①三次元設計 CAD を使って建築物を入力することで、その建築物の「空間イメージ」や「構成、しくみ (構造方式、建築部材の構成方法など)」を理解する、②理解した特徴を表現する、③BIM の概念に触れるとともに三次元設計 CAD の基本的な操作方法を学ぶ、という 3 つの目的を設定した。

## 5. 第三課題の概要と実施経過

2～3 人から成るチームを構成し、以下に示す 2 つのグループに分かれて課題に取り組んだ。

### 5.1. 空間アレンジグループ

教会の増改築案をデザインし、第二課題のモデルをベースにモデリング・レンダリングする課題である。さらに、環境解析ソフトに増改築後のモデルを読み込み、素材特性などの解析に必要な条件を付加し、照度解析及び熱負荷計算を行う。教員が用意した現案の解析結果 (図 2) と比較して増改築案を評価し、設計案の何が原因で室内の光・熱環境がどの程度変化したのかを考察する (図 3) 注 6)。提出物として、増改築案を魅力的に伝えるプレゼンパネル (A1×2 枚) とした。なお、この課題は建築環境分野の教員 2 名 (それぞれ音・光、空気・熱が専門) と協力して進めた。この課題の目的は、①デザインツールとして三次元設計 CAD を活用する訓練をする、②BIM モデルを編集することで、オブジェクト指向・パラメトリックモデリングを体感する、③三次元設計 CAD の操作に慣れる、という 3 つである。さらに、環境解析に関しては、①実際に建っている建物の室内の照度・熱負荷に関する解析をすることで、講義で学んだ環境工学の理解を深める、②建築設計・デザインと室内環境との関連を光や熱から理解する、③照度解析、熱負荷計算を体験する、という 3 つである。

### 5.2. 構造アレンジグループ

構造解析ソフトを用いて教会の構造解析を行う。第二課題で作成したモデルを解析ソフトに読み込む。次に荷重などの解析に必要な条件を付加し、計算結果から応力や変形の状態を把握する。さらには、部材寸法を変える、柱・梁を追加・削除するなどモデルの構造的条件を変更し、応力や変形が条件変更前と比較してどう変化するのかを確認する。提出物として、構造解析結果をわかりやすく伝えるプレゼンパネル (A1×2 枚) とした。なお、この課題は構造分野が専門の教員及び大学院生 TA と協力して進めた。この課題の目的は、①実際に建っている建物の構造を解析することで、講義で学んだ構造力学の理解を深める、②空間の見え方とそれを成立させている構造の関係を応力レベルで理解する、③構造解析を体験する、という 3 つである。

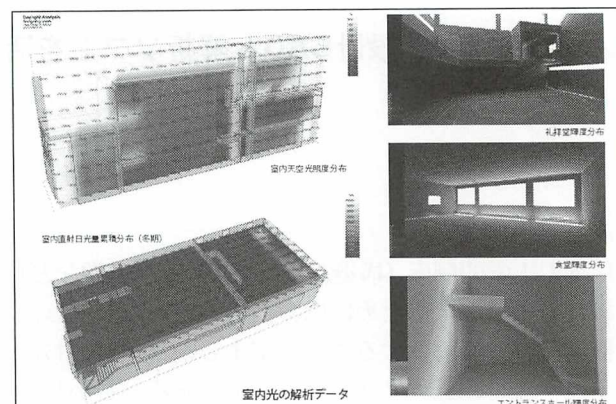


図 2 配付した環境解析データ (自然光解析の一部)

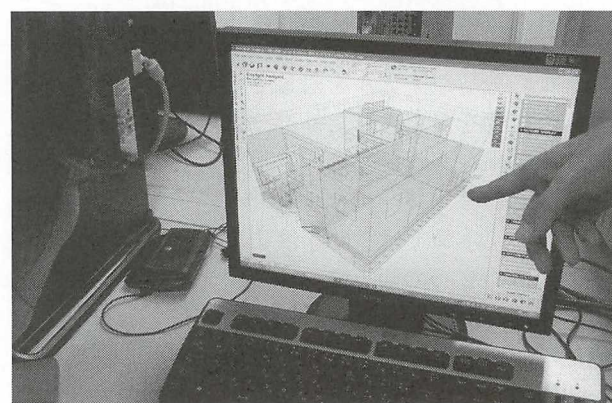


図 3 増改築案の自然光照明度解析

## 6. 試行の評価と課題

授業終了後、64 名の受講者に授業の感想を尋ねるアンケートを実施した (表 2)。なお、回答者は 47 名であった。

表 2 アンケート結果 (肯定的な意見の一部)

光や熱についての解析結果は、増改築案を考える上で役立ったか。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 今まで、設計の際に室内の光や熱の環境について、あまり考えたことがなかった。解析ソフトはそれを考えるきっかけを与えてくれた。</li> <li>・ 複数考えた増改築案の決定の際に根拠となった。</li> <li>・ 現況の室内環境の状況が視覚的に把握できるため、増改築で改善する方針を決める参考となった。</li> <li>・ 現況の室内光環境が思いのほか暗かったから、増築によって明るくしようというきっかけになった。</li> </ul>
--------------------------------	--

環境解析を設計演習で活用する本試行の最大の教育効果として、建築デザインと室内自然光・熱環境の関係を直感的 (感覚的) に理解できるようになることだと考える。例えば「窓の位置や形状比率を変えると室内の光・熱環境がどう変化するのか」というような、設計と解析のフィードバックを繰り返すことで達成されると考える。なお、本試行では、解析結果の数値そのものが重要ではなく、「案の室内環境の比較において、違いの程度を計る指標として解析結果を利用する」という方針をとっている。今後は CFD 解析を授業に導入し、室内の熱や空気の流れの動的分布 と建築デザインとの関係理解を試みる予定である。