

BIM 及び解析ソフトを活用したロールプレイング導入による建築教育手法

○大西 康伸*1 松尾 悌弘*2

キーワード：設計演習 コラボレーション BIM 構造解析 環境解析

1. 建築教育における BIM の活用

筆者は熊本大学建築学科において、2007年度より『BIMで「建物」を学ぶ』、『BIMで「設計」を学ぶ』という2つの視点から教育実践を開始し、段階的に拡充してきた。前者の教育実践の一つとして、実在する著名建築をデジタルモデル化し、モデルの分解やシミュレーションを実施することで実物の建物を対象としたリバースエンジニアリングと同様の効果があると考え(図1)、継続的に発展させている演習授業(以下、授業A)がある。

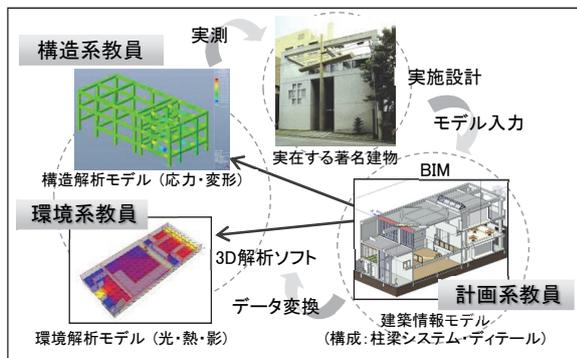


図1 BIMを活用したバーチャル・リバースエンジニアリング

授業A(学部3年前期選択科目2コマ、平均40名程度が受講、1学年定員60名程度)は、以下の2つの課題から構成される(表1)。第一課題では、実在する建物の図面をもとにBIMに建物モデルを入力する。「BIMへのモデルデータの入力プロセスは建物の各部材の役割を意識させる」ことを利用し、BIMへの入力過程で建物を構成する部材の役割や相互関係(構法)を学ぶ(図2)。第二課題では2名一組のチームを組み、以下の2つのグループに分かれて課題に取り組む。空間アレンジグループでは、第一課題のモデルを編集して増改築案を提案する。このモデルを対象に環境解析(室内の自然光解析や日射量解析)を実施することで、室内環境の側面から建物を理解する(図3)。構造アレンジグループでは、同様にモデルを編集して構造補強案を提案する。このモデルを対象に構造解析を実施することで、力学的側面から建物を理解する(図4)。

授業Aは当初授業目的として設定した、「構法(建物の成り立ち)」、「室内の光・熱」、「構造」の3つの工学的観点から建物を理解する、という観点で一定の成果を上げている¹⁾。これらの理解のために、BIMやシミュレーションが持つ最も初歩的ではあるが重要な「視覚化」能力を利用

しているが、第一課題は個人を対象としており発展の余地が十分に残されている。また、第二課題はチームで取り組んでいるものの、学生両者が同じ役割でありどちらかといえば作業を分担する関係にあるため、取り組みの効果は限定的である。そこで、授業発展の次の段階として、BIMやシミュレーションの「視覚化」能力を利用してより高次元の関係であるコラボレーションを誘発し、学びの範囲を拡大することを目的とした授業を試行した。本稿ではその試行と結果について報告する。

表1 「授業A」の従来の課題

課題	内容
1. 第一課題 (個人課題)	BIMに対応した3DCADを使った教会の空間的・構造的成り立ちの理解・表現
2. 第二課題 (チーム課題)	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・温熱環境の解析による増改築案の評価
	構造アレンジグループ 教会原案の構造解析 構造改善案の提案と構造解析による評価

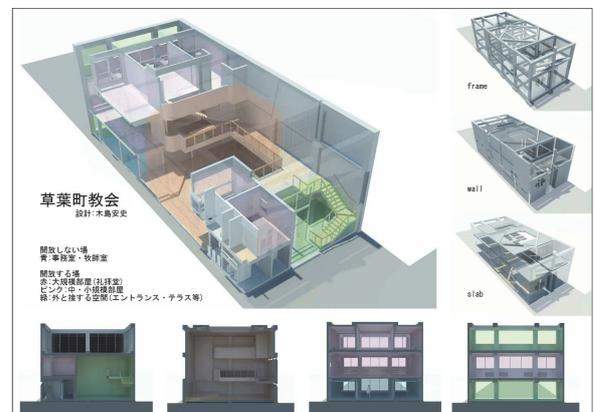


図2 第一課題の作品例



図3 第二課題の作品例(空間アレンジグループ)

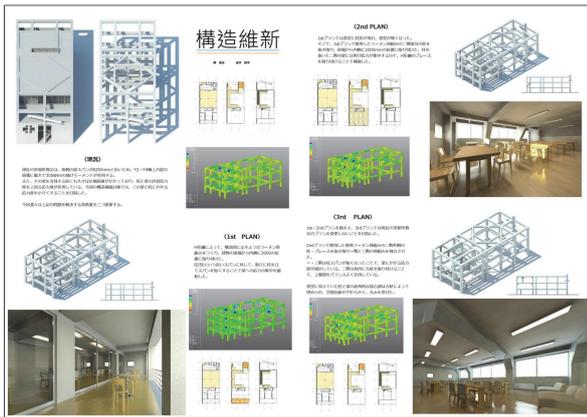


図4 第二課題の作品例(構造アレンジグループ)

2. ロールプレイングの導入

本稿におけるコラボレーションの定義を、「技能を補い合う複数名が同じ課題に取り組み、相互に触発しながら問題解決をおこなうことで、一人で到達することのできなかつた結果を得るプロセス」とする。技能を補い合うためには異なる専門性を持つ必要がある。建築設計における異なる専門性として、主に意匠設計、構造設計、設備設計があるが、本試行では「室内環境に配慮して意匠設計を行う役割」と、「構造に配慮して意匠設計を行う役割」の2つを設定し、それぞれの役割が与えられた2名が空間アレンジグループと同様の課題「実在する建物(教会)の増改築」に取り組むこととする。

「役割」という考え方を導入した理由は、学生にはまだ補い合えるような技能を十分に有していないため、役割を担当する(演じる)ことで、活発なコラボレーションが生じることを期待した。いわゆるロールプレイング^{注1)}の導入である。従来の第二課題では環境か構造かどちらか一方の観点からのみ建物を理解していたが、本試行では「異なる視点からの設計案の評価」を通じて環境と構造の両方から理解する、即ち、学びの範囲を拡大することを企図した。さらには、受講者の自発性や創造性を高めることにつながることを期待した(図5)。なお、どちらの役割にも意匠設計を導入した理由は、実務において一般的に見られる意匠と構造の主従関係を学生間に持ち込むのを避けるためである。

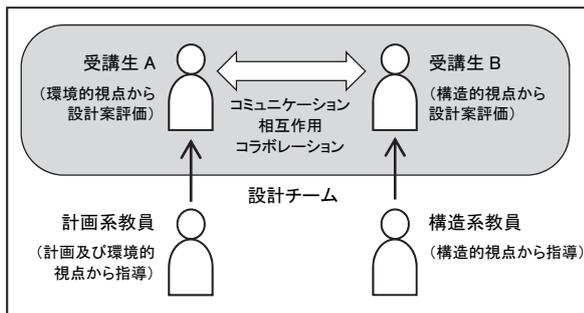


図5 ロールプレイングを導入したコラボレーション

3. 提案教育手法の実施

2015年度の授業Aでは、第二課題の構造アレンジグループに前述したロールプレイングを導入した(5チーム、10名)。図6にその設計フローを示す。なお、本授業では、BIMソフトにRevit 2015(以下Revit)、環境解析ソフトにEcotect Analysis 2011(以下Ecotect)、構造解析ソフトにRobot Structural Analysis 2015(以下Robot)を使用した。

1週目は、各自個人案を作成した。個人案を作成することで、どちらのメンバーも設計条件を十分に理解することができる。また、それに先立ち、受講生Aには原案の環境解析結果(自然光照射度分布及び輝度分布、日射量分布、日影)を示すEcotectデータを、受講生Bには同じく原案の構造解析結果(モーメント分布、各部位の必要鉄筋量)を示すRobotデータを配布した。現状を把握した上で個人案の設計に取りかかるためである。また、チームメンバーに自身が理解した現状を伝えることを促した。

2週目は、各自が考えた個人案をもとに、チームの中間案を考える段階である。基本的にはコンペ形式とし、どちらかの案をチームの案として採用することとした。改めて中間案を考える時間がないことが一番の理由である。ただし、選択されなかった案の部分的なアイデアを選択した案に積極的に取り入れるよう促した。

3週目は、チームの中間案を評価するために解析を実施し、その結果を分析する段階である。受講生Aは中間案に対し環境解析(自然光照射度解析、自然光輝度解析、直達日射量解析)を実施し、室内環境が室利用の目的に適しているかを確認した。受講生Bは構造解析(モーメント、変形)を実施し、構造的に問題がないかを確認した。前者の作業については、RevitとEcotectはデータ連携機能を有していないため、RevitでDXFに変換した形状データをEcotectに読み込み、解析に必要な物性情報を設定した。Revitである程度の物性情報は入力済みであることを考えると、属性情報が引き継がれるというBIMの特徴を生かしておらず、このプロセスには今後改善が必要である。一方、後者の作業については、RevitとRobotはデータ連携機能を有している。Revit内では、一つの建物の意匠設計モデルと構造解析モデル(開口部や節点位置を調整する必要あり)を同時に保持することができるため(図7)、この構造解析モデルをRobotで読み込み、各種荷重を設定し構造計算を行った。できるだけ入力の手間を減らすため、最低限の条件のみRobotで入力することとした。解析実行後、解析結果から中間案の問題点を特定し、それについて受講生Aと受講生Bで情報共有を行った。

4週目は解析結果を反映したチームの最終案を考える段階である。受講生Aは環境的側面から、受講生Bは構造的側面から中間案を修正した。環境的改善のための修正と構造的改善のための修正が相反する場合は、話し合いにて落としどころを探るよう指導した。

最後の5週目は、中間案の修正により提案した最終案が、意図通りに修正されているかどうかを確認するための段階である。中間案の評価と同様に、受講生 A は最終案の環境解析を、受講生 B は最終案の構造解析を行った。どちらか一方でも十分な改善が確認できなかった場合は、もう一度4週目の段階に戻り、最終案の提案を行うよう指導した。図8に提出作品の一部を示す。

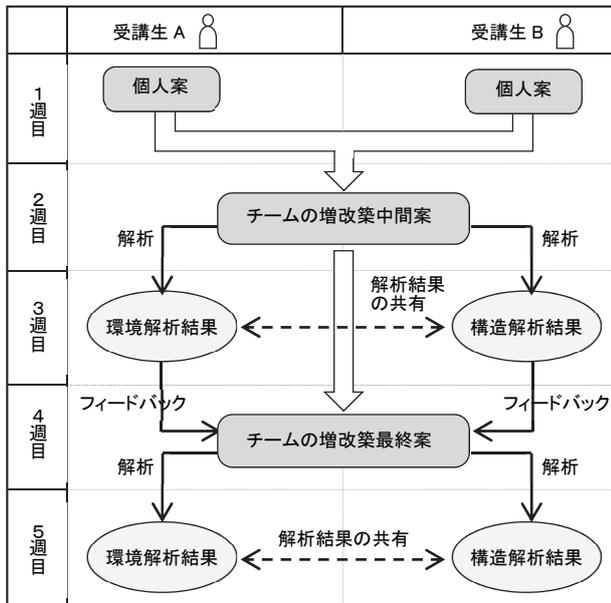


図6 ロールプレイングを導入した第二課題の作業フロー

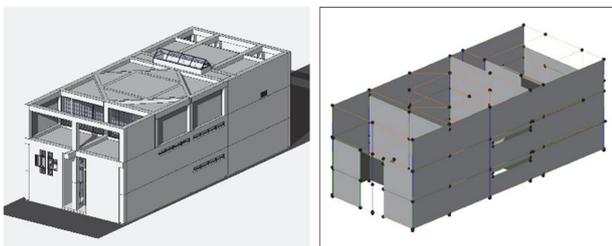


図7 Revitの意匠モデル(左)と構造モデル(右)



図8 ロールプレイングを導入した課題の作品例(Aチーム)

4. 提案教育手法の評価

提案した教育手法を評価するため、本手法の適用者5チーム10名に授業終了後にアンケート及び回答理由のヒアリングを実施した。「学びの範囲が拡大したか」、「自発性や創造性を高めたか」を問う質問を中心に構成した。

受講生10名に対し実施したアンケート結果を図9に示す。図9より、ほとんどの受講生が「チーム内で十分なコミュニケーションがとれていた」、「チームメンバーの考えや提案に触発された」と回答していたことから、回答者の主観的な感想ではあるが、コラボレーションを成立させる最低限の条件は満たしていたと考える。

コラボレーションの質について詳細に見ていくと、「チームメンバーの解析結果を理解できたか」の質問に対して、「あまりできなかった」との回答が半数以上を、「ややできた」が残りをおさめた。その内訳を調べると、環境解析結果の理解については「ややできた」が3名、「あまりできなかった」が2名、構造解析結果の理解については「ややできた」が1名、「あまりできなかった」が4名であった。以上より、環境解析結果の理解に比べて構造解析結果の理解の方が困難であり、解析結果理解の非対称性が明らかとなった。ヒアリング結果から、「環境解析結果は解析ソフトのアウトプットを見ただけでそれが示す意味をおおよそ理解できるのに対し、構造解析結果はそれが比較的困難」という主旨の意見が複数見られた。このことは、環境が構造と比べて意匠設計と関連が深く、学生にとっても理解しやすかったためではないかと考えられる。

「環境的観点と構造的観点から作品を考えたか」という質問に対して、「はい、ややできた」と回答した受講者は7名で最も多かったが、その他の回答も少なからず存在した。結果を詳細に見るため、解析結果をどのように反映させたかを調べるアンケート結果(表2)を分析する。表2から、5チーム中3チームが環境・構造どちらの解析結果も最終案に反映できたと回答していた。残り2チームはメンバーによって認識が異なっていたが、1名を除き、いずれかの、または両方の解析結果を反映できたと回答をしていた。このことから、過半のチームで両方の解析結果が反映できていたと認識する一方で、片方しか反映できなかった、どちらも反映できなかったとの認識のチームも存在していたことがわかる。「反映の詳細」を見ると、環境的要件と構造的要件を同時に実現するためにデザインの工夫に取り組んでいたチームはBチームのみであった。ヒアリング結果から、Aチームは「互いに設計上干渉することが少ないように、解析結果を反映させる部位を分けた」と回答しており、これにより特に工夫なしに両解析結果を反映できたと考えられる。また、Cチーム、Dチームは構造解析結果を優先的に反映していたが、ヒアリング結果から、「構造的に案が成立することが必須条件であり、環境と比べてどうしても優先してしまう」との回答が見られた。Eチーム

は環境解析結果を優先したと回答したが、ヒアリング結果より、「構造に特に工夫がなく成立することが早期に明らかになったため、環境解析結果を反映することに注力した」と回答しており、同様に構造優先の意識が強いことに変わりがなかった。一方、各チームの最終案を見ると、構造デザインの観点から特に工夫をした提案は見られなかった。

提案教育手法の全体的な感想であるが、「ロールプレイングは有意義であったか」との質問に対し、ほとんどの受講生が有意義だと感じていた。一方で、「ロールプレイングは難しかったか」との質問に対し、多くの受講生が難しいと感じていた。

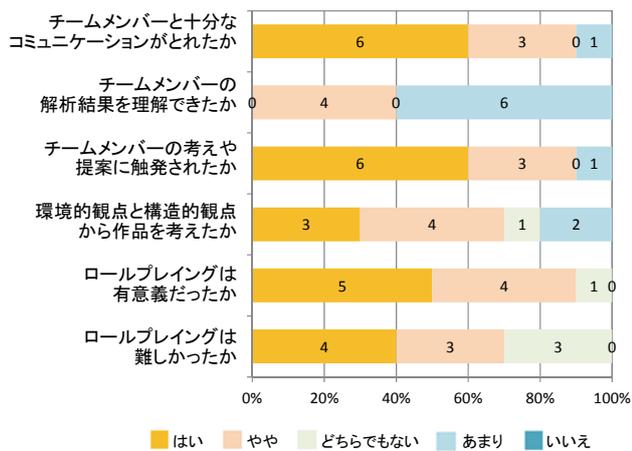


図9 受講生へのアンケート結果

表2 「授業A」の従来の課題

チーム	担当解析	環境、構造解析結果反映			
		両方	片方	なし	反映の詳細
A	環境	○			特に工夫なく
	構造	○			特に工夫なく
B	環境	○			工夫により
	構造	○			工夫により
C	環境		○		構造解析結果を優先
	構造			○	—
D	環境	○			どちらかという構造優先
	構造	○			—
E	環境		○		環境解析結果を優先
	構造	○			特に工夫なく

5. 結果の考察

提案教育手法の評価を通じて、主に「構造解析結果の理解が困難である」、「構造解析結果を優先的に反映しがちである」という、いずれも構造に関わる2つの問題が明らかとなった。

前者「構造解析結果の理解が困難である」については、まず構造設計に対する理解、さらには構造解析に対する理解が必要であろう。「構造解析ソフトが使えること」と、「ソフトがはじき出す解析結果が理解できること」はイコールではない。解析結果を理解するには、構造設計や構造解析を理解している必要がある。授業Aでは、構造解析ソフト

の使用を通じて、少しでも構造設計や構造解析への理解を深めることを目的の一つとしている。構造解析ソフトが使えない環境解析担当の受講生の場合、構造計算・解析についての知識が皆無であるため、解析結果の理解は困難である。環境解析担当とは言え、構造解析結果を大まかに理解できる程度の構造設計・解析についての基礎知識を与える必要がある。これは、程度の差はあるが、環境解析についても同様である。

後者「構造解析結果を優先的に反映しがちである」については、「自身で設計した建物を自身で構造計算する」という閉じた役割になっていたため、構造的な成立可能性を重んじるあまりごく普通のラーメン構造を採用し、それを成立させるための計算に囚われていたのではないかと考えられる。実務と同様、意匠設計の担当者と構造設計の担当者を分けると、意匠担当者は構造のみに囚われず、広い視点で設計に取り組むことができるのではないかと。構造担当者は、意匠担当者の提案する設計を、構造的観点から提案し、最適化していく。初期の段階から構造デザインを検討する時流に逆行している気もするが、この程度が専門性が確立していない学生にとって丁度良いのかもしれない。

環境、構造のいずれにしても、解析結果を建築デザインにどのように結びつけるか（フィードバックするか）が鍵になる。「どうしたいのか」というデザイン上の明確な目標・アイデアがなければ、「室内環境を計算するだけ」、「構造的基準をクリアするだけ」に終始してしまう。今回の試行は全体的にそのような傾向にあったと言える。

6. 今後の展望

BIM や解析ソフトは視覚化やデータ連携の観点から教育におけるコラボレーションのプラットフォームに適しているが、その導入に伴いより多くの建築専門知識や課題進行上の工夫が必要となることが明らかとなった。

授業時間の制約上、ここであげた問題を全て解決することはできない。今後は授業目標の取捨選択をしつつ、BIM と解析ソフトのより円滑なデータ連携の模索と、課題内容とツールとの高次元での一体的運用が必要である。

注釈

注1) 「役割演技」の意味。参加者が特定の役割を演じ、与えられた立場からある課題について考え、理解するというもの。例として、医学の分野では「患者」と「看護師」の立場に分かれてロールプレイングを実施することで、臨床場面における互いの立場について理解する教育が採用されている。ロールプレイングには、演者の自発性、創造性を高め、相手との相互理解を深めながら問題を追究するという教育効果がある。

参考文献

1) 大西康伸、両角光男、「3DCAD 及び解析ソフトを活用した包括的建築教育プログラムの開発とその評価」、日本建築学会計画系論文集、第76巻、第665号、pp.1337-1345、2011.7

*1 熊本大学大学院先端科学研究部 准教授 博士(学術)
*2 安井建築設計事務所 修士(工学)