

地方都市における PBL 型 BIM プロジェクト その4

～プロジェクトの成果と教育面からの振り返り～

○下川雄一*¹ 円井基史*²

キーワード：BIM 教育 意匠設計 環境シミュレーション コラボレーション

1. はじめに

近年、BIM に関する研究や実践が盛んになっている。今後、大学での建築教育においても BIM ソフトや環境シミュレーション技術の活用が徐々に普及していくものと考えられるが、一方で授業時間数の制限や他の授業との兼ね合い等により、授業のみでは十分な教育効果が得られないケースも増えてくると考えられる。これに対し、筆者らは授業や研究とは異なるプロジェクトというアプローチで BIM の実践的活用を伴う設計教育の実験を行った。木造小規模建築物（平屋、延床面積：155.68 m²、用途：英会話学童）の企画設計から竣工までを可能な限り BIM 技術を活用しながら進めるもので、実施した期間は竣工までを含めた約2年間（2013年11月～2016年3月）であった。図1に竣工した建物を示す。このプロジェクトは主に大学院生を対象としたものであると同時に、地域の設計技術者の BIM 学習機会の創出という企図も込め、大学院生＋学

外建築家の協働という形で進めてきた。既報（その2、その3）の執筆時は建設工事費の調整段階であり、本報では、その後の展開を含め、プロジェクト全体を通しての教育効果や実施に際してのポイントとなった点等について振り返る。

2. 既報以降のプロジェクトの展開と振り返り

既報（その2）では、基本設計と実施設計における BIM ソフトの活用状況（主）および風と熱のシミュレーション（副）について報告した。また、既報（その3）では照明設計のための明るさ画像や VR を活用した照明シミュレーションについて報告した。その後の展開における主な BIM 活用に関するトピックとしては、①軸組プレカット材の構成・寸法の調整時における軸組モデルとその外側に取り付く面材モデル（内外装用の下地材と仕上げ材）の干渉チェック、②着工前の施主の VR 空間体験の2点が挙げられる。

(1) 軸組モデルと面材モデルの干渉チェック

プレカット会社による軸組設計時に小屋組方式の変更が生じ、主に高さ方向の調整が必要となったため、3次元的に軸組モデルと面材モデルの干渉チェックを実施した（図2）。この時の打ち合わせでは学生6名＋教員1名、建築家、施工会社スタッフ1名、プレカット会社スタッフ2名の計11名が参加していたが、図面上の打ち合わせと連動してスクリーン上で面材モデルの即時修正を行う事で全員が設計変更内容を確実に共有できていた。他方、施工会社やプレカット会社のスタッフは図面上で変更情報を持ち帰っただけで、修正した BIM データが活用される



図1 竣工した建物（写真撮影：協働した建築家）

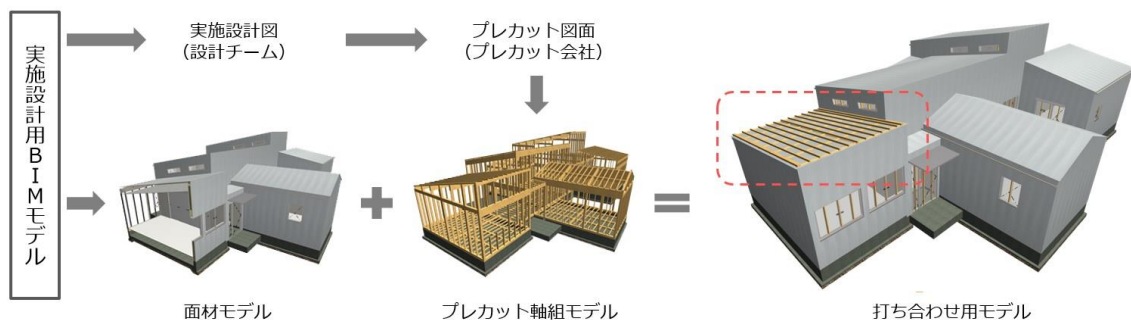


図2 プレカット打ち合わせ用モデルの作成フロー

ことはなかった。この要因として、施工会社やプレカット会社において完全な 2 次元図面による打ち合わせ習慣が存在していたこと、設計側で使用していた BIM ソフト（ArchiCAD、Graphisoft 社）の使用経験や連携経験がなかったこと、等が挙げられる。この結果は、一般的な施工業務における 2 次元図面への依存度の高さを学生達が如実に感じた場面でもあった。

(2) 着工前の施主の VR 空間体験

着工前に施主に竣工後の VR 空間を体験してもらうことができた（図 3、図 4）。データは ArchiCAD データを基に Unreal Engine で作成し、体験時はヘッドマウントディスプレイ（Oculus RIFT β 版）を装着してもらった。



図 3 着工前の施主の VR 体験風景



図 4 着工前の設計案 VR モデル

VR 酔いを最小限に抑えるためマウスやキーボードによる視点移動は行わず、首振りのみによる閲覧体験であったが、それでも VR モデル閲覧は施主に各種の新たな気づきを促した。具体的には、天井の高さ感、玄関土間と床の段差、窓の外の景色の見え方、特定のアクティビティの疑似体験、4 連ドアの開き方と隣室との繋がり感、エアコンの設置位置や埋め込み状況、内装の色合いや素材感、等である。15 分弱の閲覧であったが、施主の発言はいずれもそれ以前の打ち合わせでは認識できてなかったような内容のものばかりであった。この体験を通して、学生達は一般

人に対する図面という伝達手段の弱みと VR という伝達手段の強みを十分に実感していた。

3. プロジェクト全体の振り返り

本報第 1 著者の立場はプロジェクト全体のマネジメントおよび BIM ソフト活用アドバイザーであった。各視点から学生の達成度や教育効果について振り返る。

3-1. マネージャとして

マネージャの視点では本プロジェクトは非常に有意義であったと考える。その大きな理由として、計画・意匠系の学生（7 名）が企画・基本・実施設計、建設費調整から着工・竣工までを一貫して関わり続けたこと、および、そのような実プロジェクトで BIM の技術活用がどのように作用するのか、という視線を持ち続けながら参加できたこと、の 2 点が挙げられる。学生達にとって「自分たちが考えた建物が建つ」という事はプロジェクト推進において大きなモチベーションとして作用し続けていたようである。建築家、施主、施工会社やプレカット会社などの各ステークホルダーとの連携では十分なコミュニケーションが達成できていたが、リーダー学生の高いコミュニケーション能力に依存していた面も目立った。また、BIM の技術活用が期待通りとはいかなかった場面は多かったが、BIM 活用の理想的な在り方について、第 3 者的な視点を持つ建築家を交えて学生達が繰り返し議論していた点でも大きな意義が認められた。

3-2. BIM ソフト活用アドバイザーとして

この立場からの学生達の「達成度」評価は難しい。BIM ソフトによる実施設計図面の作成結果については既報（その 2）で述べたが、率直に言えば望ましいとは言えない結果であった。その主な要因として、使用した BIM ソフトが在来工法による木造建築に特化されていないこと、建築家の指導に依る細部のデザイン表現が BIM ソフトの標準機能で対応しづらかったこと、使用した建具の BIM 対応データが存在しなかったこと、等が挙げられる。また、本プロジェクトに参加した学生 7 名は 3 研究室（BIM 系の 1 研究室と意匠系の 2 研究室）に分かれており、開始当初から BIM 活用に対する意識の高さに温度差が見られた。それは本プロジェクトを題材に修士研究へ展開できるかどうかはその分かれ目になっていたと考えられる。本プロジェクトを修士研究の題材にした学生は 2 名（既報その 2、その 3 の第一著者）いたが、いずれも既存ソフトウェアを実プロジェクトでどのように応用できるか、という PDCA の C（Check）段階の成果といえる。理想的には、そこでの問題を改善する方法論の提案（Action）として開発研究まで踏み込んで欲しいという期待もあったが、一方で、建築家にとっての BIM 導入という側面も持つ本プロジェクトにとって開発というアプローチは BIM 導入のハードルを上げるだけ、という判断が学生達の中に見られた。この

ことから、今回のプロジェクトは「問題発見」面での教育効果は高かったが、必ずしも「問題解決」面での教育効果は十分に発揮されなかったと考えられる。

4. 環境シミュレーションフェーズの振り返り

4-1. 取り組みの概要

既報（その2）でも紹介したが、2015年4～7月の実施設計期間、環境系の2研究室（内、1研究室は本報第2著者の研究室）と協力し、主に風と熱の環境シミュレーションを用いながら設計案の性能評価や妥当性の検討を行った。風の解析では、熱流体解析ソフトウェア SCRYU/Tetra（ソフトウェアクレイドル社）を用い、設計チームのBIMモデルを参照して、主に、①敷地周辺建物と塾の開講時間帯における主風向を考慮した設計建物周囲の気流場の確認、②それを踏まえた上での良好な自然換気を促す開口部の形状・配置の検討を行った（図5）。

熱の解析では、屋外放射環境と室内熱負荷を予測評価するソフトウェア ThermoRender（エーアンドエー社）を用いた。設計チームのBIMモデルを参照して解析用モデルを作成した上で、気象・材料データを入力条件とし、主に、①建物外皮（屋根や壁）・外構（舗装や植栽）の構成材料の違いによる屋外放射環境の比較、②植樹による室内の冷房負荷削減効果の確認を行った（図6）。施主は当初、落ち葉の手入れなどの理由で植樹に消極的であったが、解析結果をもとに説明したところ、樹木の効果を理解し、植樹に賛

成するに至った。

4-2. 成果と教育効果

環境シミュレーションの成果と教育効果を考察するにあたり、熱環境解析を担当した学生2名にヒアリングを行った。その結果を表1に示す。2人が共通して述べているが、学部4年生の研究活動を開始するタイミングの都合もあり、意匠設計と環境解析の協働が基本設計の後となり、環境面からの設計提案・コラボレーションが十分にできなかったことは課題である。ただ、限られた中ではあったが、樹木の効果を可視化することで、施主の意向を変えることができた点など、一定の成果もあった。また、実施設計の段階であったため、屋根や壁の詳細な構成材料が決まっており、解析データとして速やかに計算に反映できたこと、また実施設計のプロセスが学生への教育効果に繋がったことなど、良い面もあったと考えられる。今後、環境シミュレーションを用いた建築設計をより教育現場に取り入れようと考えている教員側からすると、今回の取り組みは、授業への展開に繋がる先駆的で、かつリアリティのある実験的試行として有意義だったと考える。

5. 建築家側からの振り返り

協働した建築家に本プロジェクトに対しての感想やその後のBIMソフト活用状況等についてヒアリングを行った（表2）。全体としては本プロジェクトに対して非常に良い印象を持っていることが伺えた。BIMソフトの習得

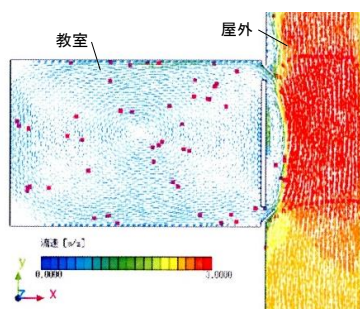


図5 教室の開口部の形状・配置の検討
（風環境解析結果、杉本研究室作成）

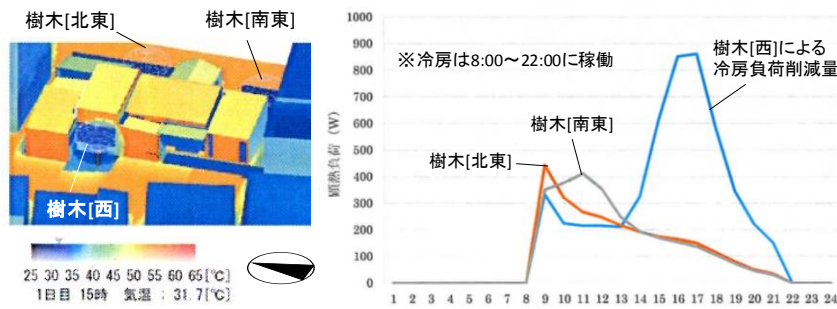


図6 植樹による冷房負荷削減効果
（熱環境解析結果）

表1 環境シミュレーションに取り組んだ学生へのヒアリング結果

	学生A（当時学部4年生。ヒアリング時は意匠系の大学院1年生）	学生B（当時学部4年生。ヒアリング時は環境系の大学院1年生）
本プロジェクトに取り組んでの感想、得られたもの	関わった時期が、既に基本設計が終わっている段階で、モチベーションに繋がりにくかった。もっと早い段階で加われていたら良かった。最初施主より「樹木は要らない」と聞いていたので、樹木の効果を可視化して施主を説得することが一つのモチベーションだった。最終的に木を植えてもらったので、それは達成感。	基本設計が終わっている段階だったので、開口部や外構・植栽くらいしか関わらなかった。もっと早い段階で参加したかった。実施設計での断面図や材料構成など詳細な部分を知れた点は、大学院の設計の授業で役立った。シミュレーションは時間が掛かることに気付いた。
熱環境シミュレーションを通してBIMについて感じたこと	設計チームが使っていたBIMソフト(ArchiCAD)のデータをそのまま熱解析で使えず、再度モデルを作成する必要があったため、BIMの利便性を感じることは少なかった。環境シミュレーションだけでなく、施工段階でのBIMの活用なども体験したかった。	ThermoRenderとArchiCADのデータ連携に課題があると感じた。外部講師の先生も言っていたように、シミュレーションはあくまでツール。何のためにシミュレーションを行うのが大事。
本プロジェクトがその後に役立ったか？	正直、BIMプロジェクトの経験は、その後活かせていない。これからの建築家は、環境（面からのデザイン）が武器になりえる。自分も環境系研究室の出身であり、そういう建築家になりたい。	実際に建つ建物の材料やディテール、設計の手順、どれくらい細かいところまで検討するかなど、リアリティのある設計のプロセスを少しでも体験できたことが、大学院の設計の授業に繋がった。

機会であるという建築家側にとっての利点を差し引いて余りある程の熱心な設計指導を頂いたことは BIM 活用とは別のもう一つの大きな意義であったといえる。また、本プロジェクトを通して（3D に限定してではあるが）BIM ソフトを使えるようになったことも大きな意義として感じているようである。一方、前章で紹介した環境シミュレーションチームの振り返りと同様に、コラボレーション開始のタイミングや意匠設計チームと環境シミュレーションチームの関係等について疑問も残ったようであり、今後、同様のプロジェクトを実施する際の大きな課題といえる。

6. BIM コミュニティの形成についての振り返り

本プロジェクトの過程で BIM や環境シミュレーションを実務で実践している設計者・技術者・大学教員との交流会を 5 回実施した。いずれも学生達や筆者ら指導教員および協働した建築家にとっては大きな刺激となった他、その会には地域の若手設計者や技術者にも BIM の理解促進を図る機会として参加してもらった。毎回数名の参加者があったものの、その後、彼らの職場で BIM 活用が活発化したという例は確認できてない。しかし、BIM コミュニティ形成の契機としては一応の成果が見られたと考える。

本プロジェクトを紹介する他の機会の中で、VR への関心度の高さが伺えた。VR モデル作成を担当した学生はその後、他の設計事務所で 3 つのプロジェクトの VR モデル作成を依頼されるに至った。これは本プロジェクトの波及効果の一つと考えられる。また、本プロジェクトは学内の BIM コミュニティの形成にも作用した。大学院において実施されている意匠・構造・環境の学生がコラボレーションする設計演習授業（第 2 著者は担当教員の 1 人）において、今年度から環境シミュレーションの活用が推奨される

ようになった（シミュレーション技術の習得過程は授業に組み込まれてない）。5 チームのうち 4 チームが STREAM（ソフトウェアクレイドル社）による風解析を実施し、そのうち 2 チームは風+熱の同時解析を実施していた。前年度までは予想でしか環境面の提案を行う事ができていなかったのに対し、今年度は実際のシミュレーション結果に基づいた設計案の提案が活発に行われた。

7. おわりに

2 年間の活動を通して、プロジェクト型の BIM 学習形態の有効性と課題を確認することができた。有効な面としては、学生の設計と BIM およびそれらの相互作用に対する総合的な知識・技術の向上が同時に図れることが大きかった。一方、施主ありきのプロジェクトは外的要因による進捗や設計内容への影響を受けやすく、意匠⇄環境といった複数分野研究室の協働プログラムにおいてはテーマやタイミングの適切な設定が大きな課題といえる。

【参考文献】

- 1) 平山英幸、白井琢麻、下川雄一：地方都市における PBL 型 BIM プロジェクトー基本設計途中段階の活動についてー、第 37 回情報・システム・利用・技術・シンポジウム論文集、日本建築学会情報システム技術委員会、2015.12、pp.251-254
- 2) 平山英幸、白井琢麻、下川雄一：地方都市における PBL 型 BIM プロジェクト その 3 明るさ画像と VR を用いた室内夜間の照明シミュレーション、第 38 回情報・システム・利用・技術・シンポジウム論文集、日本建築学会情報システム技術委員会、2015.12、pp.193-196
- 3) 白井琢麻、下川雄一、竹内一生：地方都市における PBL 型 BIM プロジェクト その 3 明るさ画像と VR を用いた室内夜間の照明シミュレーション、第 38 回情報・システム・利用・技術・シンポジウム論文集、日本建築学会情報システム技術委員会、2015.12、pp.197-200

- * 1 金沢工業大学環境・建築学部建築デザイン学科教授・博士(工学)
* 2 金沢工業大学環境・建築学部建築学科准教授・博士(工学)

表2 協働した建築家へのヒアリング結果

ヒアリング項目	協働した建築家のコメント
プロジェクト全体を通した感想	全体としてはとても有意義なプロジェクトだった。学生と一緒にやる事が好きなので、時間をかけてじっくり取り組めたことは良かったと思う。
学生への設計指導について	学生達の設計案へのアドバイスが一番大変だった。プロジェクト期間が長いのでモチベーションを低下させてしまわないように、言い過ぎないよう気を遣いながら丁寧なアドバイスを心がけた。
BIM ソフトの習得について	プロジェクトを通して BIM ソフトをある程度習得できたので、とても良かった。開始当初はしばらく使ってなかったが、学生達の BIM ソフトによる設計案の説明等を通して、徐々にどのような仕組みのものか理解していくことができた。リーダーの学生さんによる直接の指導もありがたかった。このプロジェクトがなければ、一人で覚えようという気にはならなかったと思う。
プロジェクト終了後の BIM ソフトの活用状況	プロジェクトの途中から、同時進行していた別のプロジェクトでも使い始めていた。プロジェクトが終了してからも全てのプロジェクトで BIM ソフトを使っている。使い方としては 3D モデル作成に留まっているのが現状だが、それでも効果は大きい。以前は模型でやっていたが、今は完全に模型から 3D に切り替えた。その要因は、作業時間が半分近くになることと内部空間の確認がし易いこと。特に、施主へのプレゼンでは非常にイメージが伝わり易く、打ち合わせの途中で直接モデルを変更することもある。
風と熱のシミュレーションについて	プロジェクトの流れとして仕方なかったと思うが、意匠側からテーマを投げて、それについてフィードバックしてもらおう、という流れがあまり良くなかったのではないかと。環境チームの学生さん達が受け身にならざるを得なかったように思う。理想的には、環境シミュレーションのチームにも最初にテーマを掲げてもらって、それについて意匠チームと一緒に検討を進めていく方が理想的だと思う。風のシミュレーションは比較的うまくいったのではないかと。ただ、風の流れのプレゼンが常に平面的であったので、立体的に色んな角度から眺められると更に良かった。熱のシミュレーションではフィードバックが遅かったのが気になった。期間も限られていたので、もっとスピード感のあるコラボレーションができればよかった。
照明のシミュレーションについて	照明シミュレーションの結果がどの程度正しいのかは結局よく分からなかったが、モニター上や紙媒体で見るより、VR モデルをヘッドマウントディスプレイを付けて見てる時が一番印象がよかった。ただ、少し明るさが強いような感じがした。
プロジェクトの負担について	普段のプロジェクトの 2～3 倍は時間がかかったと思う。だからと言って、もうやりたくないとは思わない。いつでもまたやりた。次はきちんと BIM ソフトで図面を作成できるようになることを目標にしたい。