

地方都市におけるPBL型BIMプロジェクト その2

－実施設計段階までの活動について－

○平山 英幸*¹ 白井 琢麻*¹ 下川 雄一*²

キーワード：BIM PBL 設計事務所 コラボレーション

1. はじめに

近年、BIM技術を活用した建築業務がゼネコンなど大手企業を中心に広がりを見せている。

だが、地方都市や小規模設計事務所でのBIM導入率は未だ低く、BIM導入が進んでないのが現状である。過去の調査でその主な原因となっているのが①「価格」②「習得の難しさ」③「構造・環境・施工との連携環境が整ってない」の3点であることが明らかになっている^{文1)}。

①と③についてはBIMに関わる社会状況の変化や今後の技術開発が期待される場所であるが、小規模設計事務所のBIM導入においては②のBIMソフト（ここでは意匠用の3次元オブジェクトCADをBIMソフトと呼ぶ）の習得が容易になることが不可欠であり、その方法については、組織形態や目的に応じた様々なアプローチが考えられる。一方、大学の建築教育においても、BIMの取り組みは今後の一つの課題である。それらの背景のもと、金沢工業大学では地域とともに学びあうPBL型のBIMプロジェクトを2013年11月にスタートした。その基本設計の途中までの経過については既に報告しており^{文2)}、本報ではそれ以降の活動で得られた成果について述べる。

2. 研究の目的

本プロジェクトは実際に建設予定の小規模建築物(木造・約160㎡の英会話塾校舎)の計画・設計を題材に、地域で活動する小規模設計事務所の学外建築家と共に設計を進める中でBIMの活用と問題発見や解決に取り組んでいくものである。現在は実施設計を終え、施工会社との打ち合わせを開始した段階である。本プロジェクトの目的は以下の4点に集約される。

- ①大学の建築設計・BIMに関する実施力の向上
- ②身近な設計事務所・建設会社のBIMに関する知識・スキルの向上
- ③会社・地域の特性に合わせたBIM活用法の研究・実践
- ④身近なエリアでのBIMコミュニティの形成

BIMの経験がない学外建築家や建設会社と共同しながら、学生や教員がそのBIM導入について検討・支援を行うことで、地方の建築業界におけるBIMのメリットや問題、可能性等を整理していく。

3. プロジェクトの全体の流れ

前回報告から現在2015年9月までのプロジェクト全体の流れを図1にまとめる。

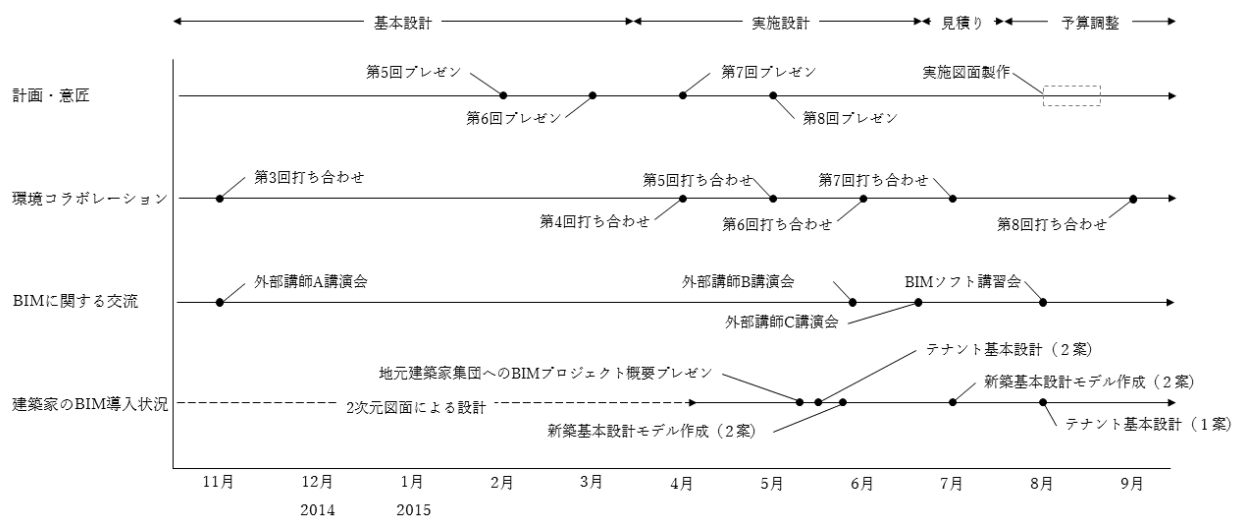


図1：プロジェクトの流れ

4. 設計プロセス

4-1 全体概要

前回報告の2014年9月時点で基本設計途中であり、その後数カ月の中断期間があったものの、2015年2月から再開し、3月までに基本設計が完了した。その間、施主との打ち合わせを2回実施した。前回の分析から施主の参照頻度の高いメディアは平面図・模型・ウォークスルーモデルの三種類であることが分かっており、それらを使用して打ち合わせを行った。4月から実施設計に移行し7月上旬に設計が完了した(図2, 図3)。さらに、実施設計と並行し環境シミュレーションを実施した。風と熱のシミュレーションに関しては次節、照明シミュレーションに関しては続報「その3」にて報告する。

実施設計モデルを元に6月下旬から実施設計図面一式を作成した。実施図面はBIMモデルから作成された図面をベースに2次元ツールで修正・加筆し作成した。建具詳細図などはメーカーの2次元データを利用した。また、BIMモデルから建具表や仕上げ表を自動作成し、2次元ツールで加筆し、表関係の図面も作成した。使用したBIMソフトはArchiCADである。



図2：外観パース



図3：内観パース

4-2 環境シミュレーション

4月～7月の実施設計期間、環境系の研究室と協力し、風と熱の環境シミュレーションを行った。風については学内の流体工学系研究室(杉本研究室)と、熱については学内の環境系研究室(円井研究室)とコラボレーションした。

風解析では設計チームのBIMモデルを参照してSCRUYU/Tetraでモデルを作成し、建物内外での風の流れのシミュレーションを行った。主な解析ポイントは2つあり、1つは建物周囲で風の流れが強くなる箇所の確認と、2つ目は室内で良好な自然換気の流れを生み出せる開口部の配置方法の検討である。最初に設計チームが敷地に流れ込む風の流れを踏まえて大まかな開口形状・位置を決め、シミュレーション結果からそれらを調整した(図4)。

熱の解析にはサーモレンダーを利用した。熱解析の目的は樹木による冷房熱負荷低減の効果の確認である。風解析と同じく、設計チームのモデルを参照してサーモレンダー用のモデルを作成し熱解析画像を作成した(図5)。また、それを基に、西側開口部に対して樹木がどの程度室内の冷房熱負荷を軽減するのが分析された。施主は

当初手入れなどの理由で樹木の設置に反対であったが、解析結果をもとに説明を行ったところ、樹木の効果を理解し、設置に賛成するに至った。

以上のような作業を通して環境シミュレーションとのコラボレーションの効果を確認することができた。一方で、BIMソフトと解析ソフト間でのスムーズなデータ連携が困難である事もあらためて確認された。

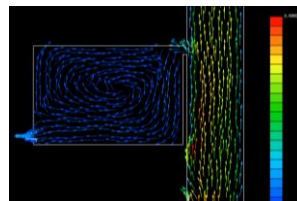


図4：自然換気の解析図

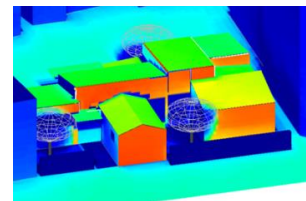


図5：熱解析画像

5. 実施図面における3Dモデル利用に関する考察

5-1 各部材の図面出現頻度

BIMの最大のメリットは、3Dモデルから2次元情報が取り出される事で図面間の整合性が常に保たれていることである。一方、木造建築はその構成が複雑であり、どの部材まで3Dモデルを利用した図面表現を行うかという問題がある。そこで、3Dモデル利用するため、各部材の図面に対する影響力が定量的に把握することにした。具体的には、主要な部材を25種類ピックアップし、それらがどの図面にどの程度出現するかをまとめた(表1、表2)。部材の単位は、BIMソフト上、複合構造などでまとめて表現できるものは一つの部材とし、構造部材のようにまとめて作成できないものについては別部材に分けた。表1,2より、本プロジェクトにおける各部材の出現頻度の順位が明確になった。この表が意味する所としては、出現頻度が高い部材はできる限り3次元オブジェクトを作成し、出現頻度が低い部材は2次元作図で対応してもよい、というものである。

5-2 BIMモデルの作り直し

表1,2を参考にしながらBIMモデルの作り直しを実施した。作り直しに際し、初期モデルを使用しての実施図面作成時よりも極力BIMモデルから図面を作成し、2D作図量を減らすことを目標にした。また、BIMソフトにオブジェクトが用意されておらず、且つ部材出現頻度の高いものに関してはオリジナルオブジェクトを作成した。その場合は、複数枚の2D作図と比べて作業時間が長くなり過ぎないように配慮した。(表3)。

この作業を通じて、出現頻度が高い部材にも関わらず、2D作図が必須になるものがあることも判明した。例として「オリジナルアウトセット建具」がある。部材出現頻度が全部材中2番目だが、オリジナルアウトセット建具オブジェクトの作成にはAPIによる開発が必要であり、

影響下にある図面は全て 2D 作図が必要になると判断した。

建具以外のメーカー商品（庇、雨樋、隅棟など）が影響している図面に関しても、メーカーサイトからダウンロードできるデータが 2D データであることが殆どのため、2D 作図で対応する必要になる。そこで開発を行わずにメーカー商品をオリジナルオブジェクトとして作成する方法を検討した。その結果、正確な 2D 表現が出来る 3D オブジェクトを作成するには、2D 作図よりも多くの時間が必要であり、また部材によっては 3D 形状が作成できないものも分かった。時間をかけてオリジナルオブジェクトを作成するかどうかの判断は、作成した

オブジェクトをどの程度再利用するかに依ると考えられる。いずれにせよ、現状では、実施図面まで対応した正確なオリジナルオブジェクトの作成は一般ユーザーにはハードルが高く、今後メーカーの BIM モデル提供が進むことに期待したい。

一方、詳細な 2D 表現を必要としない図面（平面図、キープラン、設備図など）は文字・寸法を除く全てを BIM モデルから作成することができ、作業量も減少する可能性が高いと考えられる。さらに、部分詳細に関しても、基礎部（布基礎、土台、床、壁回り）や壁の終端の納まりなどは BIM オブジェクトのみで表現する事ができた。

以上の考察は今回の対象物件に限られる点も多いと考

表 1:部材出現頻度表

図面種類	図面枚数	【図面種類】部材出現頻度															【全図面】部材出現頻度						
		図面外	配置図 屋根伏図	平面図	立面図	断面図	天井伏図	平面詳細図	矩計図	展開図	キープラン	図面外	木製建具	鋼製建具	部分詳細図	図面外		設備関係図面					
構造部材	1 布基礎				○	○															4	13	
	2 土台					○															3	11	
	3 根太					○															3	11	
	4 大引き					○															3	11	
	5 通常柱			○				○	○	○								○	○	○	○	5	11
	6 間柱			○					○	○	○							○	○	○	○	5	6
	7 梁					○	○			○	○							○				6	15
	8 昇り梁					○	○			○	○							○				5	14
	9 棟					○												○				3	3
	10 窓台									○	○											4	10
	基本部材	11 まぐさ								○	○								○	○	○	○	4
12 通常壁				○	○	○	○		○	○	○							○	○	○	○	10	31
13 フローリング				○		○			○	○	○	○						○	○	○	○	8	27
14 床用合板						○				○												3	11
15 屋根			○		○	○												○				5	15
16 天井								○			○							○				4	18
17 巾木						○				○	○							○				4	15
付属部材	18 雨樋		○		○																	2	3
	19 庇		○	○	○	○	○		○	○	○	○						○	○	○	○	8	14
	20 家具								○	○	○	○	○					○	○	○	○	5	20
	21 オリジナル建具			○	○	○	○		○	○	○	○			○	○		○	○	○	○	9	30
設備部材	22 照明器具								○										○			1	2
	23 基礎束									○												1	8
	24 電気関係																	○	○	○		1	14
	25 敷地関係		○		○	○	○			○	○							○	○	○	○	6	16

表 2：部材出現頻度順位表

図面種類順位	1	2	4	5	7	12	17	22	23																
部材番号	12	21	19	13	25	7	5	6	9	15	20	1	10	17	11	16	2	3	4	14	9	18	22	23	24
部材名	通常壁	オリジナル建具	庇	フローリング	敷地関係	梁	通常柱	間柱	昇り梁	棟	家具	布基礎	窓台	巾木	まぐさ	天井	土台	根太	大引き	床用合板	棟	雨樋	照明器具	基礎束	電気関係

全図面順位	1	2	3	4	5	6	7	8	11	15	16	21	22	23	24	25									
部材番号	12	21	13	11	20	16	25	17	7	15	8	19	24	1	2	3	4	5	14	10	23	6	9	18	22
部材名	通常壁	オリジナル建具	フローリング	まぐさ	家具	天井	敷地関係	巾木	梁	棟	昇り梁	庇	電気関係	布基礎	土台	根太	大引き	通常柱	床用合板	窓台	基礎束	間柱	棟	雨樋	照明器具

表 3：BIM モデルの作り直し作業の効果とメモ

図面名	担当者	初期モデル				作り直しモデル			
		使用したツール		使用したツール		メモ			
		BIMモデル	2D作図	BIMモデル	2D作図				
面積表・付近見取り図	A・B	×	中	×	中	単線のみ単純な図面でBIMモデルから作成できない為、2D作図で作業が必要			
内外部仕上表	C	△	無	△	無	一部の内部仕上のみ自動作成。入力する情報が全て文字の為、変化なし			
配置・屋根伏図	A・B	○	大	○	大	基本となる図面はBIMモデルのみで作成可能。細かな部分(駐車場の白線など)はすべて2D作図になる			
平面図	C	○	小	○	無	基本となる図面はBIMモデルのみで作成可能			
立面図	C	○	小	○	無	基本となる図面はBIMモデルのみで作成可能			
断面図	C	○	小	○	無	基本となる図面はBIMモデルのみで作成可能			
天井伏図	D	△	大	△	中	基本となる図面はBIMモデルのみで作成可能。照明オブジェクトを設置することで少し2D作図を減らせる			
平面詳細図	C	○	中	○	中	基本となる図面はBIMモデルのみで作成可能。建具の平面詳細図を2D記入する必要がある			
矩計図	E・F		大	△	大	屋根などの接合部・建具断面以外はBIMモデルのみで作成可能			
展開図	A		大	△	中	展開図に不必要な情報を消去する作業が必要である。巾木までモデルにしておくと2D作図が減少する			
キープラン	C	○	無	○	無	初期モデルの時点でBIMモデルから自動作成できた			
建具表	C		大		大	初期モデルから自動作成の表を活用していたが、属性情報は全て手入力になり、また建具の形状が正確に表現できない為ほとんど書き直した			
木製建具納まり標準図	E		大		大	現状2D作図のみでしか表現できないため、作業量に変化なし。オリジナルモデルを作成しても正確な2D表現をするためには2D作図が必要になる			
鋼製建具納まり標準図	E		大		大	メーカーサイトからダウンロードした2D情報を手直しして作成する為、2D作図が必須であり現状BIMモデルを使用できない			
部分詳細図	F		大	△	大	基礎部分・垂れ壁の終端などはBIMモデルのみで作成可能。屋根の接合部、軒先、隅棟、庇接合部分などは2D作図でしか表現できない			
弱電/コンセント	C	○	中	○	無	オブジェクトを設置することで自動的に図を作成することが出来る			

えられ、別物件では部材数、部材出現頻度共に変化すると予想される。今後、別物件での部材出現頻度も調査し、比較する必要もある。その際、部材の分類方法をさらに細分化し、部材だけでなく箇所（屋根接合、天井終端など）ごとの出現頻度を正確に把握できる分類方法が考えられる。

6. 参加メンバーの BIM スキルアップ状況

6-1 BIM スキルアップ

設計と並行し、学外建築家を含むプロジェクトメンバー全員の BIM スキルアップ支援のため、実務で BIM ソフトを使用されている建築家 2 名、BIM 関連の研究をされている学外大学教授 1 名に講演会を実施して頂いた。2 名の建築家には実務での利用状況を紹介して頂き、更に、BIM ソフト使用に関する討論や、実務で発生している問題点に対する対策方法などに関して意見交換を行った。その会には地域の若手設計者にも任意で参加してもらい、BIM コミュニティの形成にも役立った。また、学外大学教授には実務ではなく研究的視点から BIM 技術の可能性や利用方法、または着眼点などを講義して頂いた。

6-2 学外建築家の BIM 導入状況

上記の講演会とここまでの設計業務を加味し、BIM スキルアップの為、作成しているオリジナルマニュアルを更新し、全メンバー向けの BIM 講習会を実施した。講習会では形状の表現だけでなくフロアやレイヤーなどの基本設定から 2 次元表現の細かな設定、実施図面に対応したモデル作成方法などが主な内容となった。この講習会を含めて、学外建築家の BIM 導入支援に要した時間は延べ 32 時間となった。

関連して、上記の BIM 導入支援とは別に、別物件の仕事、BIM ソフトを使用してサポートした。テナントの物件（3 案）、新築物件（4 案）の基本設計を BIM ソフトで作成した。作業時間の関係でテナント物件に関しては BIM モデルを学生が作成し、学外建築家と話し合いながら作業を進めた。新築物件は学外建築家のみで BIM モデルを作成した。テナント物件では平面よりも立体表現が重要になるため、3 次元設計の重要性、施主へのプレゼン効果が強く確認されたようである。また、空間を把握しながら設計する感覚を習得するのにも役立ったとのことであった。

新築物件は平面計画が終了した段階で BIM モデルを作成した。それまでの導入支援とテナントでの経験があった為、初めて BIM ソフトを使用しての作業であったが、使い方、作業手順、BIM ソフトで表現可能な程度を把握できていた。作業時間は不慣れなため一つのモデルを作成するのに 4~5 時間かかったが、作成したモデルは 2 次元・3 次元共に完成度が高かった。

作成したモデルを使用して施主との打ち合わせを行ったところ、施主からの反応が良く、2D 図面のみで打ち合わせを行っていた時に比べて施主の意見を引き出しやすかったという事だった。また、基本設計を進める段階では従来の 2D 図面だけでの設計よりも効率が良く、作業時間も短縮できるという意見が出た。

今後は前章の部材出現頻度表をもとに、実施図面作成のための作成方法を継続的に検討し、学外建築家のみで全ての図面を作成できる事を目指していく。この際、オブジェクトの再利用という点を含めて、作業時間を現状よりも減少させることを目標に進める。

7. おわりに

実施設計まで BIM プロジェクトを実施する中で学外建築家を含む学生メンバー全員（6 名）が BIM に対する知識や技術をレベルアップさせた。また、環境系コラボレーションを行うことで BIM スキルアップだけでなく、実務での環境シミュレーションの効果や問題点の一端が明確になった。

今後引き続き、施工段階に移る中で、BIM データの有効活用方法を検討し、適宜、活用実験を試みたい。

8. 謝辞

本論文をまとめるにあたり、風解析にご協力して頂いた杉本康弘先生並びに杉本研究室各位に対し、厚く御礼を申し上げます。また、熱解析にご協力して頂いた円井基史先生並びに円井研究室各位に対し厚く御礼を申し上げます。

[参考文献]

- 1) 下川雄一, 藤沼傑, 榎原克己, 木村年男: JIA 会員を対象とした BIM に関する意識および利用状況調査, 日本建築学会・情報システム技術委員会, 第 36 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp. 237-240, 2013. 12
- 2) 平山英幸, 下川雄一, 白井琢磨: 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日本建築学会・情報システム技術委員会, 第 37 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp. 251-254, 2014. 12

* 1 金沢工業大学大学院 建築学専攻 博士前期課程

* 2 金沢工業大学環境・建築学部建築デザイン学科准教授・博士(工学)