

# ヒロシマ BIM プロジェクト

## 検証結果報告書

令和 4 年 3 月

モデル事業者：ヒロシマ BIM プロジェクトチーム

代表応募者： 株式会社杉田三郎建築設計事務所

共同応募者： 株式会社田原泰浩建築設計事務所  
下岸建設株式会社

協力研究室： 北九州市立大学藤田慎之輔研究室  
広島工業大学杉田宗研究室  
広島工業大学杉田洋研究室

協力企業： 株式会社横山工業所

令和 3 年度 BIM を活用した建築生産・維持管理プロセス円滑化モデル事業  
中小事業者 BIM 試行型

# 目次

<b>第1章 プロジェクトの情報</b> .....	<b>4</b>
1-1 プロジェクトの概要.....	4
1-1-1 プロジェクトの背景 .....	4
1-1-2 グループの概要 .....	4
1-1-3 建築物の概要 .....	5
1-2 試行・検討対象の概要.....	8
1-2-1 検証のプロセス .....	8
1-2-2 検証のスケジュール .....	8
1-2-3 実施体制 .....	9
<b>第2章 目的</b> .....	<b>10</b>
<b>第3章 「課題の分析」とその「課題解決のために実施する対応策」の検討について</b> .....	<b>11</b>
3-1 設定した「分析した課題」 .....	11
3-2 検討の方向性（検討の前提条件含む）、実施方法・体制.....	11
3-3 課題分析等の結果、課題解決のために実施する対応策.....	13
3-3-1 課題 A) 異なるプラットフォームを繋げた協働.....	13
3-3-1-1 設計段階における意匠・構造・設備の連携.....	13
3-3-1-2 協働のためのプラットフォーム開発 .....	19
3-3-2 課題 B) BIM を活用した維持管理コストの算出.....	24
3-3-2-1 維持管理コストの概要 .....	24
3-3-2-2 BIM を使った清掃コストの算出 .....	26
3-3-2-3 結論 .....	28

3-3-3 課題 C) 地域に根差した BIM コミュニティづくり .....	28
3-3-3-1 ヒロシマ BIM ゼミの概要 .....	29
3-3-3-2 発表の場としての「ヒロシマ BIM ゼミ」 .....	30
3-3-3-3 コミュニティとしての「ヒロシマ BIM ゼミ」 .....	30
<b>第4章 「BIM の活用効果」の検証と「今後の改善方策」の検討について .....</b>	<b>31</b>
4-1 設定した「検証する効果と目標」 .....	31
4-2 検討等の前提条件、実施方法・体制.....	31
4-3 検証の結果、効果を増大させる今後の改善方策.....	32
4-3-1 検証 A) 見積段階における統合モデルの活用 .....	32
4-3-1-1 統合モデルを活用した数量算出.....	32
4-3-1-2 統合モデルを活用した施工図の作成.....	40
4-3-2 検証 B) 維持管理コスト算出プログラムを使った検証 .....	41
4-3-2-1 ソフト間の部屋ツールの違い .....	42
4-3-2-2 結論.....	43
4-3-3 検証 C) ヒロシマ BIM ゼミの実施.....	43
4-3-3-1 ヒロシマ BIM ゼミ No.21 「ポートフォリオレビュー2021」 .....	44
4-3-3-2 ヒロシマ BIM ゼミ No.22 「広島 BIM 最前線」 .....	44
4-3-3-3 結論.....	45
<b>第5章 中小事業者の BIM の導入・活用ロードマップ素案 .....</b>	<b>47</b>
<b>第6章 BIM 活用に向けた今後の課題</b>	
6-1 事業者として今後さらに検討・解決すべき課題等.....	50
6-2 建築 BIM 推進会議や関係部会等に検討してほしい課題等 .....	50

# 第1章 プロジェクトの情報

## 1-1 プロジェクトの概要

### 1-1-1 プロジェクトの背景

本モデル事業は、2017年より広島を拠点に開催している「ヒロシマBIMゼミ」の主催者を中心としたグループによるものであり、これまでも地域に根差しながら、地域全体のBIM推進を目指してきた。実践的にBIMを使った設計を行うには、その過程で直面する様々な課題があり、企業の垣根を超えてその課題を超えていくコミュニティが不可欠である。中小事業者のBIM人材コミュニティを形成しつつ、今後各地域に展開できるようなモデルを目指し活動を続けてきた。

今後さらなるBIMの普及を目指すならば、個々のBIMの活用を繋げ、BIMを活用しながら中小事業者が協働する「新しい働き方」の確立が重要になってくる。ここでは、BIMに含まれる属性情報を最大限活用することが、最も重要なことになると考える。設計・施工・維持管理へと進みながら、そのフェーズ毎で重要な情報が様々な関係者によってモデルに付加されていく協働の仕組みが構築されることで、BIMのメリットを活かした中小事業者の「新しい働き方」を示すことができると考える。本モデル事業では、以下の3つの点を重視しながら、BIMを活かした協働の可能性について検証した。

- ・ 中小事業者の目線に立った検証
- ・ 情報の発信と共有
- ・ 産学連携の人材育成

### 1-1-2 グループの概要

本モデル事業は、株式会社杉田三郎建築設計事務所と株式会社田原泰浩建築設計事務所の意匠設計事務所2社と、建設会社である下岸建設株式会社を中心に、建築構造を専門分野とする北九州市立大学藤田慎之輔研究室、コンピューテーショナルデザインならびにデジタルアプリケーションを専門分野とする広島工業大学杉田宗研究室、建築生産ならびに建築維持管理を専門分野とする広島工業大学杉田洋研究室による、横断的な構成員からなるグループによって進めた。

前述の通り、このグループは「ヒロシマBIMゼミ」に深く関わってきたメンバーであり、2017年頃からは定期的に情報交換をする関係、2020年からは本モデル事業のきっかけとなる「ヒロシマBIMプロジェクト フェーズ1」の実施を通して、BIMを活用した協働について検証してきた。

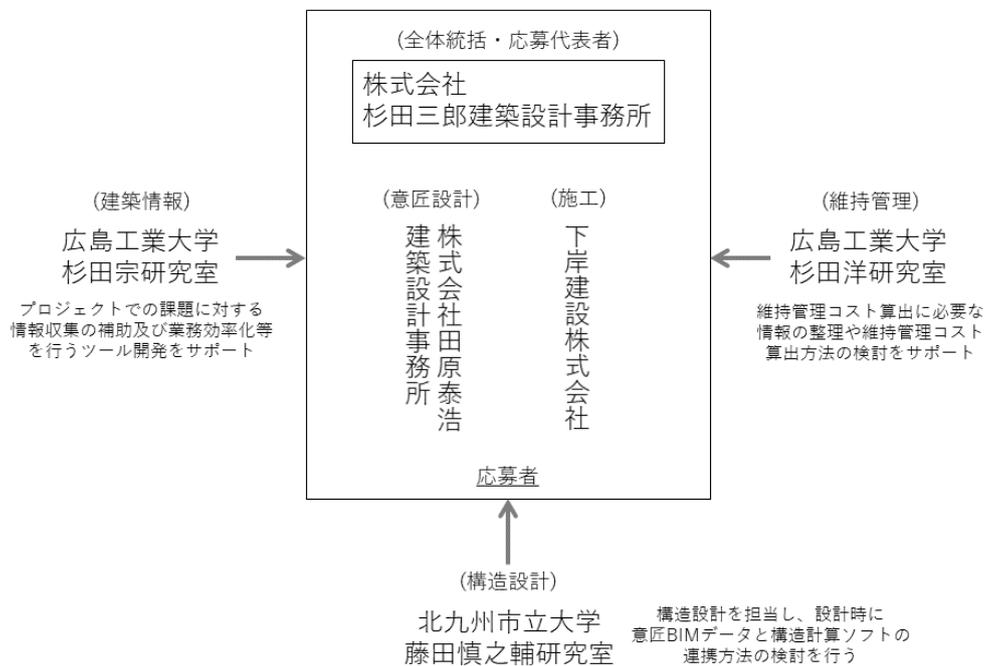


図 1 グループの構成

### 1-1-3 建築物の概要

仮想プロジェクトの設定を検討するにあたり、「ヒロシマBIMゼミ」の参加者に向けたアンケートを実施し、BIMを活かした中小事業者による協働を念頭にした建物の規模や用途を調査した。このアンケートから得られた情報を元に、用途は事務所、規模は約2000㎡とし、構造形式は鉄骨造とした。敷地は広島市内とした。

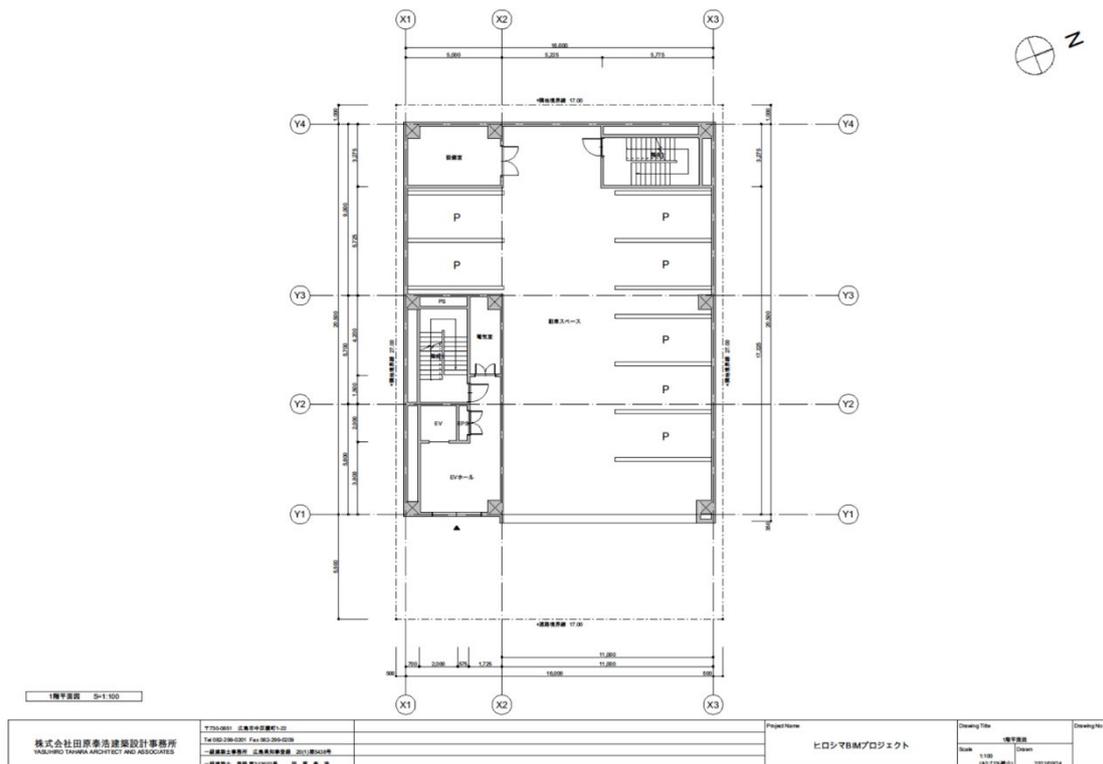


図 2 1F 平面図

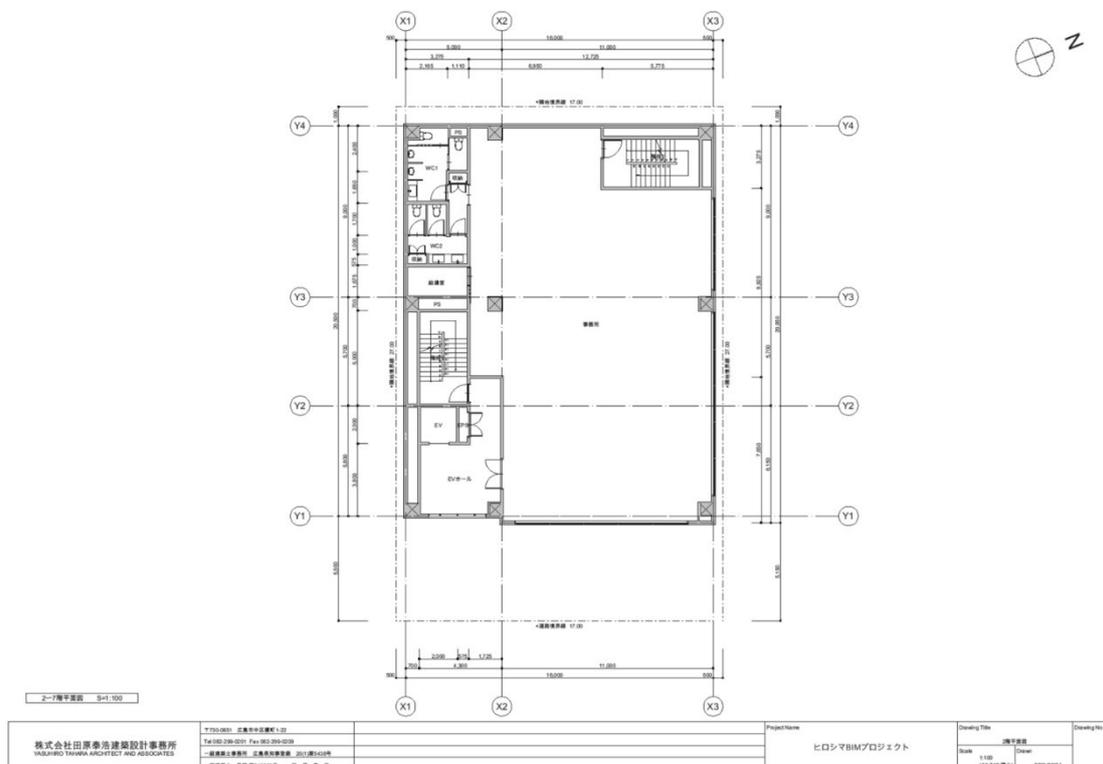


図 3 基準階平面図

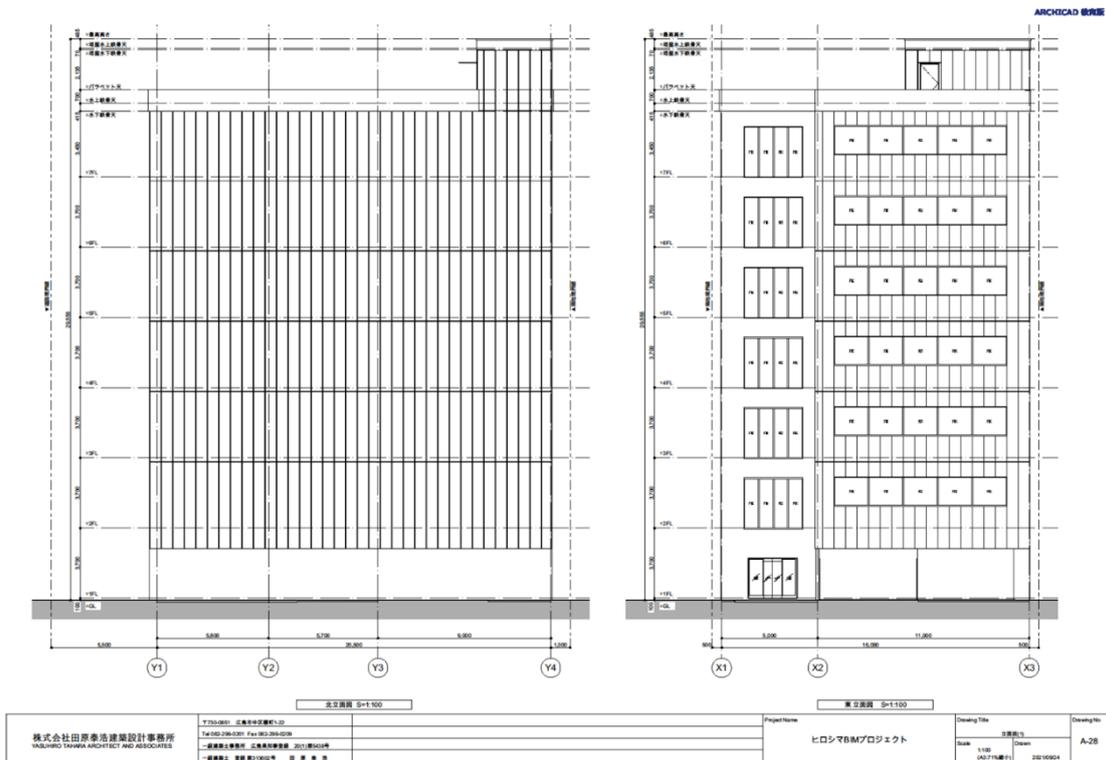


図 4 北側・東側立面図

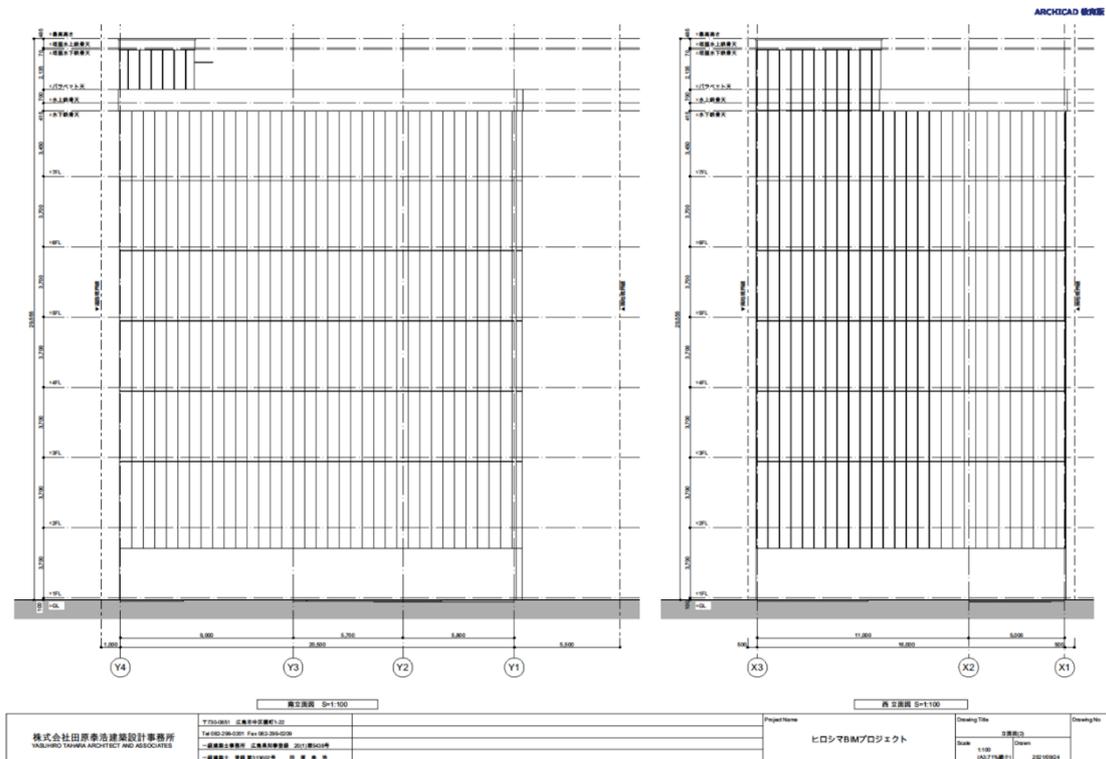


図 5 南側・西側立面図

## 1-2 試行・検討対象の概要

### 1-2-1 検証のプロセス

本モデル事業のワークフローは、設計・施工・維持管理段階で連携しBIMを活用するパターン②を目指した。また、企画(S0)から実施設計前半(S3)までの設計ステージを進め、その段階の統合モデルを用いて施工者が概算見積を行うとともに、維持管理(S7)における清掃コストの算出が可能かどうかを検証した。

### 1-2-2 検証のスケジュール

検証は、2021年7月から2022年2月までに実施した。7月から8月を基本設計期間とし、設計段階において重要となるデータ連携の検証を中心に行った。9月から10月は実施設計期間とし、各設計者によって作成されたモデルの統合や「協働モデル」に関する検討を進めた。11月から1月には、設計者によって作成された統合モデルを調整しながら、工事見積や維持管理コストの算出の検証を行った。

また、8月、10月、12月には「ヒロシマBIMゼミ」を開催し、コミュニティづくりの方法について検討を行った。

具体的な内容	令和2年度						令和3年度(※費額掛け部は事業実施期間(予定))											
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
プロジェクト実施工程											基本設計	実施設計	工事見積・維持管理コスト算出					
異なるプラットフォームを繋げた協働に関する検証											データ連携の検証	協働モデルの検討	分析					
BIMを活用した維持管理コスト算出に関する検証											算出方法の検討	BIMを使った算出と検証	分析					
地域に根差したBIMコミュニティづくりに関する検証									実施方法の検討	イベント開催	イベント開催	イベント開催	分析					
参考) 令和3年度建築BIM推進会議・建築BIM環境整備部会(予定)										環境整備部会			推進会議					推進会議

図 6 全体スケジュール

### 1-2-3 実施体制

- 株式会社杉田三郎建築設計事務所**  
 設計～施工～維持管理まで全体でのBIM運用のマネージメントを行う。BIMモデルの統合管理を行う。
- 株式会社田原泰浩建築設計事務所**  
 意匠設計を担当し、基本実施設計時におけるBIM運用の活用法の検討を行う。異なるBIMソフト間での連携方法について検討を行う。
- 下岸建設株式会社**  
 施工担当として設計からのBIMモデルを利用した積算、一部施工図作成を行う。その後の維持管理へのデータ利用の検討を行う。
- 北九州市立大学藤田慎之輔研究室**  
 構造設計を担当し、設計時に意匠BIMデータと構造計算ソフトの連携方法の検討を行う
- 広島工業大学杉田宗研究室**  
 プロジェクトでの課題に対する情報収集の補助及び業務効率化等を行うツール開発をサポート
- 広島工業大学杉田洋研究室**  
 維持管理コスト算出に必要な情報の整理や維持管理コスト算出方法の検討をサポート
- 株式会社横山工業所**  
 設備設計を担当し、設計時に意匠BIMデータと設備BIMの連携方法の検討を行う

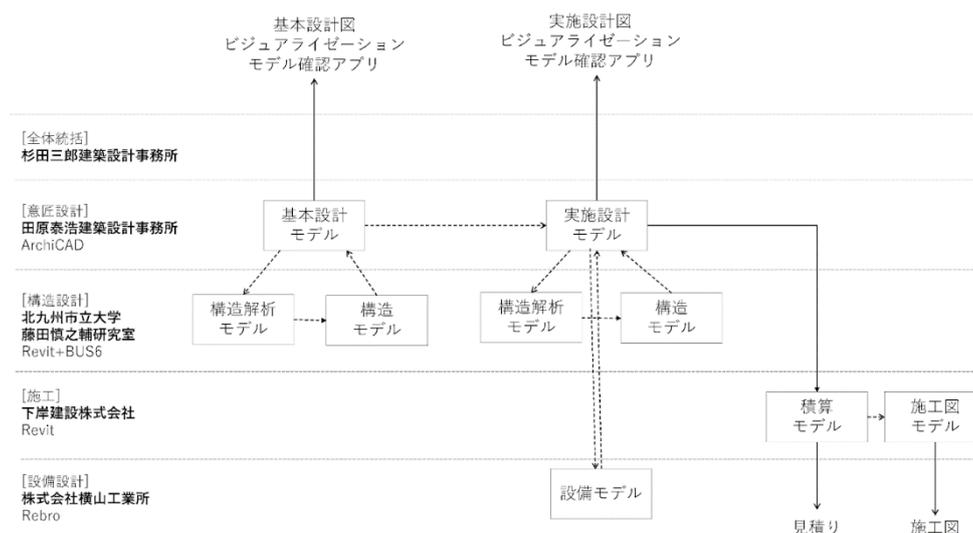


図 7 実施フロー図

## 第2章 目的

中小事業者が BIM を活用した協働をする場合には、それぞれの規模や環境が異なり、それらを束ねるための仕組みが必要である。本モデル事業では、実際に起こりうるシチュエーションを想定した環境で協働の仕組みを多角的に検証することで、他の事業者による BIM 導入や活用における基礎的資料の整備を目指す。

BIM を活用した協働において最も重要になることは、BIM に含まれる属性情報を最大限活用することであると考え、設計・施工・維持管理へと進みながら、そのフェーズ毎で重要となる情報がモデルに付加されていく仕組みを構築することで、BIM のメリットを広げる中小事業者の「新しい働き方」の土台づくりを目指す。

具体的には、「異なるプラットフォームを繋げた協働」「BIM を活用した維持管理コスト算出」「地域に根差した BIM コミュニティづくり」の3つ課題の分析ならびに検討を通して、異なる専門家による横断的な検証を行うと同時に、成果の蓄積と発信を行うことで今後 BIM 導入を行う事業者との知見の共有を目指す。

## 第3章 「課題の分析」とその「課題解決のために実施する対応策」の 検討について

### 3-1 設定した「分析した課題」

具体的な検証を進めるにあたり、以下の3つの課題に絞って検証を行った。

- ・ 課題A) 異なるプラットフォームを繋げた協働
- ・ 課題B) BIMを活用した維持管理コストの算出
- ・ 課題C) 地域に根差したBIMコミュニティづくり

### 3-2 検討の方向性

#### 課題A) 異なるプラットフォームを繋げた協働

[検討の方向性]

BIM活用の課題となるのがBIMのメリットを活かした情報共有である。中小事業者がBIMを活用した協働を行う場合、使用するソフトやファイル形式などが統一されている事は少ない。また協働の為に新たに環境を整備することも難しく、大規模事業者とは異なる課題を抱えることになる。限られた範囲であっても最大限情報を共有できる方法について検討した。

これらの検討を行うため、意匠・構造・設備の専門家が、企画(S0)から実施設計後半(S3)までの業務を協働することを想定して検討を進めた。

[実施方法・体制]

実際の協働を想定し、意匠・構造・設備が異なるソフトでモデルを作成し、中小規模の設計事務所で広く導入されているArchicadを中心に据えたワークフローで、設計以降の施工や維持管理でも活用できる統合モデルの作成を目指した。ここでは、3Dモデルのやり取りに限らず、BIMの属性情報の共有に重点を置き、IFCを中心とした中間ファイルの書き出し・取り込み方法を細かく検討した。

また、これらの協働をより円滑に行うため、ゲームエンジンを活用した「協働モデル」を試作し、協働のための新たなプラットフォームについて検証した。

## **課題B) BIMを活用した維持管理コストの算出**

### [検討の方向性]

ライフサイクルコストマネジメントの観点から、工事費だけでなく維持管理コストの把握や低減が求められるようになってきている。BIMを使った設計を行うことで、設計の初期段階から維持管理コストの検討や比較が可能となるが、BIMを活用した具体的な手法については十分な検証が進んでいない。今後『ライフサイクルコンサルティング』の役割が明確化する中で、BIMを活用した維持管理コストの算出方法の整備は重要な課題であると考えられる。そこで、設計段階から維持管理コストの検討や比較を可能にする方法について検討した。

ここでは、日々のメンテナンスとして膨大な費用がかかっている清掃に着目し、実施設計後半(S3)の段階で維持管理(S7)を見据えた検討を進めた。

### [実施方法・体制]

BIMの部屋や面積の情報と「平成30年度版建築保全業務積算基準及び同解説」をもとに作成したエクセルを連動させる仕組みを整備し、モデルの変更に応じて、清掃コストを算出する方法について検討した。また、部屋名のばらつきに対応させるために、キーワードを用いたカテゴリ分類を行い、用途に応じた正しい清掃コストの算出について検討した。

## **課題C) 地域に根差したBIMコミュニティづくり**

### [検討の方向性]

実践的にBIMを活用するには、その過程で直面する様々な課題があり、企業の垣根を超えてその課題を超えていくコミュニティが不可欠である。このコミュニティの形成を通して、BIMの導入や運用を担うBIM関係者の横の繋がりと、これから社会に出ていく学生と企業の縦の繋がりをつくることで、拡張的かつ持続的なBIMの普及が可能になると考える。

### [実施方法・体制]

本モデル事業者は「ヒロシマBIMゼミ」を通して地域全体のBIM推進や、大学でのBIM教育とBIMコミュニティの接点づくりを目指してきたが、コロナ禍の影響でオンライン形式になっており、これまでのようなコミュニティづくりが難しい状況になっている。インターネットを通して広島活動を広く伝える発信のきっかけづくりについて検討するとともに、環境の変化に左右されないコミュニティづくりの工夫について検討した。具体的な検証を進める

### 3-3 課題分析等の結果、課題解決のために実施する対応策

#### 3-3-1 課題A) 異なるプラットフォームを繋げた協働

異なるプラットフォームを繋げた協働に関する情報は少なく、中小事業者が BIM を活用した協働を行う上では様々な課題が多い。限られた範囲であっても最大限情報を共有できる方法について検討し、そのノウハウを蓄積していく必要がある。また、異なるプラットフォームで作成されたモデルを統合する場合は、どのような状態でモデルの受け渡しができているのかを確認する方法が少ない。各メーカーがモデルのビューアソフトなどを開発し、BIM ソフトが無くともモデルの状況を確認することができるようになってはいるが、汎用性が低く、異なるプラットフォームによる協働のためのツールとは言い難い。そこで、ゲームエンジンを使った協働のためのプラットフォームの検討も進めた。

##### 3-3-1-1 設計段階における意匠・構造・設備の連携

意匠設計者が使用する BIM ソフトである Archicad と、構造設計者が使用するソフトである Super Build/SS7(以下、SS7)や BUS-6(以下、BUS)を用いてデータ連携の検証を進めた。BIM との連携に関しては、BUS の方が Revit などとの連携機能が充実している。しかし、構造解析ソフトのシェア率では SS7 の方が高く、これら 2 つの一貫構造計算ソフトと Archicad のデータ連携を検証し、それぞれのデータ連携による違いを比較した。

加えて、設備設計を行っている企業が加わり、設備設計ならびに設備モデルの作成を行った。構造の一貫構造計算ソフトと同様に、建築設備専用の Rebro2021(以下 Rebro)と Archicad のデータ連携を検証した。

##### SS7 を用いた意匠と構造の連携

Archicad と SS7 では標準フォーマットである ST-Bridge を介して双方向のデータ連携が可能となっている。そこで今回は ST-Bridge を中間ファイルとして使用し検証を開始した。ST-Bridge とは一般社団法人 buildingSMARTJapan によって作られた、国内の建築構造分野での情報交換のための標準フォーマット(図 8)である。国内の標準フォーマットであるため、通り芯など日本独自の表現にも対応しており、国際標準である IFC よりも扱いやすい特徴がある。また IFC(Industry Foundation Classes)は、北米の IAI(International Alliance for Interoperability)によって開発された標準フォーマットであり、建設業界全体のソフトウェア間のデータ共有化とその相互運用を可能としている。

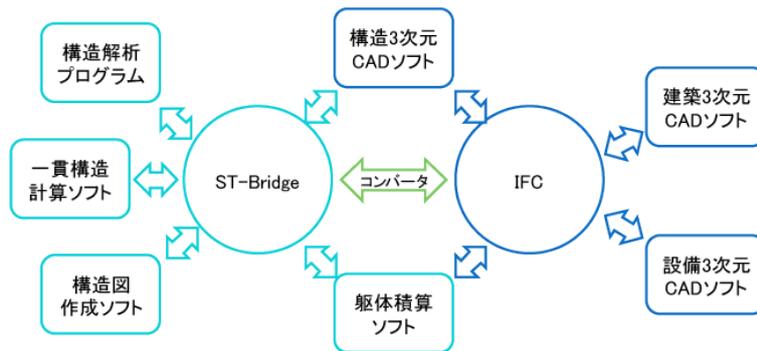


図 8 ST-Bridge と IFC の連携

(出典：[www.building-smart.or.jp/meeting/buildall/structural-design/](http://www.building-smart.or.jp/meeting/buildall/structural-design/))

Archicad から構造部材のみを ST-Bridge で書き出し、SS7 に読み込んだ結果、Archicad で入力した情報がうまく読み取ることができなかつたため、不完全な連携となった。同様のことを Revit を使って試したところ、Revit から書き出された ST-Bridge は SS7 に正しく読み込まれることが確認された。

[検証ルートの選定]

Archicad でモデリングされた構造データを SS7 に持っていくことが難しいため、構造データの連携は出発点を意匠設計者ではなく、構造設計者から始めることとした。まず、意匠設計者が Archicad で作成した図面を構造設計者に渡し、構造設計者は図面を基に SS7 を使って構造躯体を作成し、ST-Bridge として書き出した。書き出された ST-bridge を意匠設計者が Archicad へと読み込む手順とした。また、構造データを書き出す際に ST-Bridge のバージョンの違いや Revit を介したパターンなどを検証し、どのルートが最も連携に適しているのか検証した。(図 9)

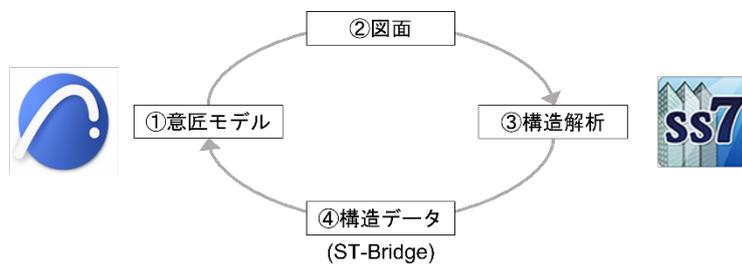


図 9 SS7 を用いた構造と意匠のワークフロー

各ルートはそれぞれ四通りとした。ルート 1 とルート 2 では直接 ST-Bridge のバージョンによる違いを検証した。またルート 3 とルート 4 では、SS7 から一度 Revit を経由し Archicad へ連携できるかを検証しつつ、ST-Bridge のバージョンの違いについても検証した。

#### [検証結果]

結果は以下の通りとなった。

ルート	親和性	可変性
ルート1「SS7→ST-bridge.Ver.1.4」	○	○
ルート2「SS7→ST-bridge.Ver.2.0」	○	×
ルート3「SS7→ST-bridge.Ver.2.0→Revit→ST-Bridge.Ver.1.4」	×	—
ルート4「SS7→ST-bridge.Ver.2.0→Revit→ST-Bridge.Ver.2.0」	—	—

図 10 SS7 を用いた連携の検証結果

ルート 1「SS7→ST-bridge.Ver.1.4」では取り込んだ構造データの欠落はなく、構造データやそれに付随する属性情報も Archicad 内で編集できることが確認できた。ルート 2「SS7→ST-bridge.Ver.2.0」では構造データの欠落はないものの、構造データやそれに付随する属性情報は Archicad で編集することができなかった。ルート 3「SS7→ST-bridge.Ver.2.0→Revit→ST-Bridge.Ver.1.4」では構造データの情報が欠落していたため、取り込むことができなかった。ルート 4「SS7→ST-bridge.Ver.2.0→Revit→ST-Bridge.Ver.2.0」は書き出せなかった。

よって、SS7 を用いた Archicad との連携では意匠設計者が図面を構造設計者に渡した後、構造設計者によってルート 1「SS7→ST-bridge.Ver.1.4」を経て作成された構造データを基に設計を進めていくことが最も良い結果となった。

#### BUS を用いた意匠と構造の連携

BUS を用いた Archicad との連携においても、ST-Bridge で双方向の連携を行うことが出来るとされている。そこで、まずは SS7 と同様に Archicad から ST-Bridge を書き出し、BUS へ読み込むことが出来るか検証した。BUS で読み込んだ結果、Archicad の構造部材を正確に表現することができた。そのため、次は BUS から Archicad へ構造データを取り込むことができるか検証し、双方向の連携が可能か検証した。

#### [ルートの選定]

ここでは、SS7 と同様に四通りのルートで ST-Bridge による連携の検証を行った。ルート 1 とルート 2 では直接 ST-Bridge のバージョンによる違いを検証した。また、ルート 3 とルート 4 では、BUS から Revit を経由し Archicad へ連携できるか検証しつつ、ST-Bridge のバージョンによる違いについても検証した。

#### [検証結果]

結果は以下の通りとなった。

ルート	親和性	可変性
ルート1「BUS→ST-bridge.Ver.1.4」	○	○
ルート2「BUS→ST-bridge.Ver.2.0」	○	○
ルート3「BUS→Revit→ST-Bridge.Ver.1.4」	×	○
ルート4「BUS→Revit→ST-Bridge.Ver.2.0」	×	○

図 11 BUS を用いた連携の検証結果

ルート 1「BUS→ST-bridge.Ver.1.4」では取り込んだ構造データの欠落はなく、構造データやそれに付随する属性情報も Archicad 内で編集できることが確認できた。ルート 2「BUS→ST-bridge.Ver.2.0」でも構造データの欠落はなく、構造データやそれに付随する属性情報を Archicad 内で編集できることが確認できた。ルート 3「BUS→Revit→ST-Bridge.Ver.1.4」では構造データの情報が欠落していたが、構造データやそれに付随する属性情報は Archicad 内で編集できることが確認できた。ルート 4「BUS→Revit→ST-Bridge.Ver.2.0」でも構造データの情報が欠落していたが、構造データやそれに付随する属性情報は Archicad 内で編集できることが確認できた。

また、これらを見ると BUS によるデータ連携では ST-Bridge のバージョンによる違いが生まれない結果となった。

### Rebro を用いた意匠と設備の連携

建築設備専用 CAD である Rebro と BIM ソフトとの連携を検証するにあたって、ここでは BIM ソフトの違いによる連携の差異について検証しつつ、Rebro と BIM ソフトの連携における特徴を明らかにした。また、Archicad との連携を比較するために、同様の連携を Revit を使って行った。

Archicad と Rebro では、IFC を用いて連携を取ることが可能となっている。そこで、Archicad で作成された構造を含めた建物全体の BIM データを IFC に変換し、設備設計者へ渡した。設備設計者は IFC を基に給排水や空調などの設備を配置し、全てが含まれたモデルを IFC に変換し、Archicad へ統合した。このとき、Rebro から建物を消した設備のみの IFC にすることによって、よりスムーズな連携を行うことができた。また、Rebro でモデリングされた部分が、Archicad においても正しい位置に配置されていることを確認し、正確なデータ連携を確認した。Rebro 側で入力した設備機器などに付随されている属性情報は、Archicad では IFC のプロパティとして追加されていた。設備ごとの名称やスペック、さらには製品情報の URL などが付加されているため、施工者とも詳細な情報を共有することができる統合モデルになった。(図 12)

分類とプロパティ		
分類		
<input checked="" type="checkbox"/>	ARCHICAD 分類 - v 2.0	変圧器
<input type="checkbox"/>	ARCHICAD 分類 (ユーザー定義)	
	製品質量[kg] (Pset_Rebro_PartsData)	16
	製品情報 (Pset_Rebro_PartsData)	https://www.mitsubishielectric.co.jp/idg/wink/ssl/displayProduct.do?pid=305409
	相[φ] (Pset_Rebro_PartsData)	1
	送風量(60ヘルツ電源,強)[m3/min] (Pset_Rebr...)	10
	送風量(60ヘルツ電源,弱)[m3/min] (Pset_Rebr...)	8.5
	送風量(60ヘルツ電源,中)[m3/min] (Pset_Rebr...)	9.5
	騒音値PWL(60ヘルツ電源,強)[db] (Pset_Rebr...)	50
	騒音値PWL(60ヘルツ電源,弱)[db] (Pset_Rebr...)	47
	騒音値PWL(60ヘルツ電源,中)[db] (Pset_Rebr...)	49
	暖房能力(60ヘルツ電源)[kW] (Pset_Rebro_Par...)	3.2
	電圧[V] (Pset_Rebro_PartsData)	200
	電動機出力(送風機)[kW] (Pset_Rebro_PartsD...)	0.05
	部材ID (Pset_Rebro_PartsData)	GUID#MITSUBISHI__60_PLFY-P28GMG7*Folder*Item
	名称 (Pset_Rebro_PartsData)	ビル用マルチ 4方向カセット形室内機 PLFY-P28GMG7
	名称(2) (Pset_Rebro_PartsData)	ビル用マルチ 4方向カセット形室内機
	用途の種類 (Pset_Rebro_PartsData)	
	要素 (Pset_Rebro_PartsData)	パッケージエアコン (ユーザー部材)

図 12 設備プロパティ

Revit と Rebro においても、IFC によるデータ連携が可能となっている。そこで、Archicad と同様な形で Revit との連携を行った。その結果、Archicad と同様に正確に設備モデルの受け渡しを行うことができた。(図 13)

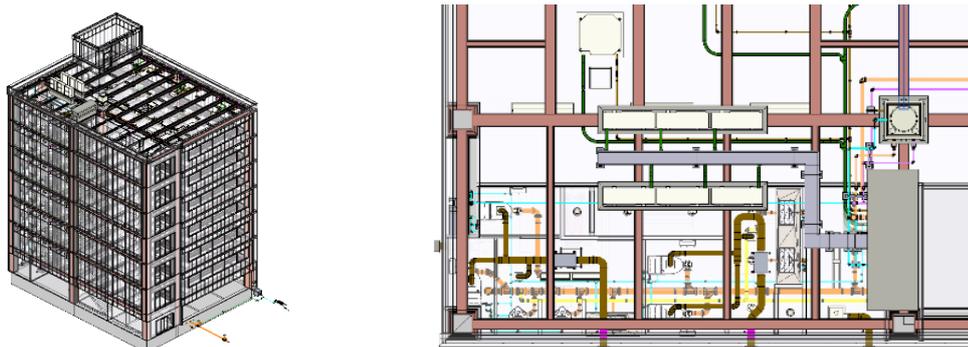


図 13 統合モデル(Revit)

#### [設備モデルの変更調整]

また、今回設備を Archicad に統合したのちに設計変更にもなう作業フローの検証を行った。「ハト小屋が周囲から目立った位置にあるため、塔屋で隠すことにした。」という設定の下、Archicad と Rebro による双方向の連携を行った。こちらが変更前と変更後のハト小屋の位置である。(図 14)

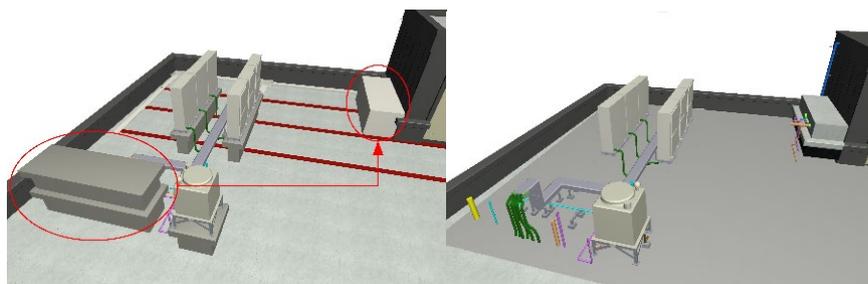


図 14 変更前後

まず、Archicad でハト小屋の変更したい位置にブロックを仮置きした。そして、統合モデルから一度設備をすべて省いた状態のモデルを IFC で書き出し Rebro に取り込んだ。設備設計者はそこから仮置きされたブロックの位置へハト小屋を再配置し、配管を調整したのち IFC へ書き出した。最後に Archicad へ IFC を取り込むことで変更にもなう作業フローの検証を行うことができた。

さらに、構造継手位置や耐火被覆範囲による設備の配管不可範囲を示す方法を検討した。St-bridge 経由での構造モデル作成では、継手作成が行えなかったため、Archicad 側で継手位置から配管不可範囲にモデルを配置し、設備へ渡した。(すける TON for Revit 等を利用すれば継手作成は可能) モデルにて配管不可範囲を示すには、スプライスプレートモデルとして設置するよりも、継手位置から配管不可範囲を示すモデルを追加することが、設備設計者にはわかりやすいことがわかった。ベテランは経験を通して、継手位置から配管不可範囲を理解することができるが、新人に対しては目にみえる範囲を示すことが重要だと考える。

#### [設備モデルの干渉チェック]

意匠・構造・設備のモデルが整った段階で、干渉チェックツールを行いモデルの干渉チェックを行った。Rebro の機能を利用した場合、躯体と配管の干渉を確認することができるが、今回のモデルのように、他のソフトで作成されたモデルを取り込んだ場合でも、問題なく干渉チェックが行えることが確認できた。(図 15)また全てのオブジェクトが少しでも交差している場合はチェック数が膨大となるため、ある程度の許容値を設定することで問題となっている箇所を特定することができた。干渉チェックについては該当箇所をレポートとして出力できる他、コメントをつけることができる。さらに BCF データ (IFC モデル階層上にテキストコメントやスクリーンショットを追加するための統一フォーマット) としてデータをわたすことが可能で、BCF データを他ソフトで読み込むことで、モデルの該当箇所に移動し、修正のコメント等が閲覧でき、修正の効率化を図ることができた。

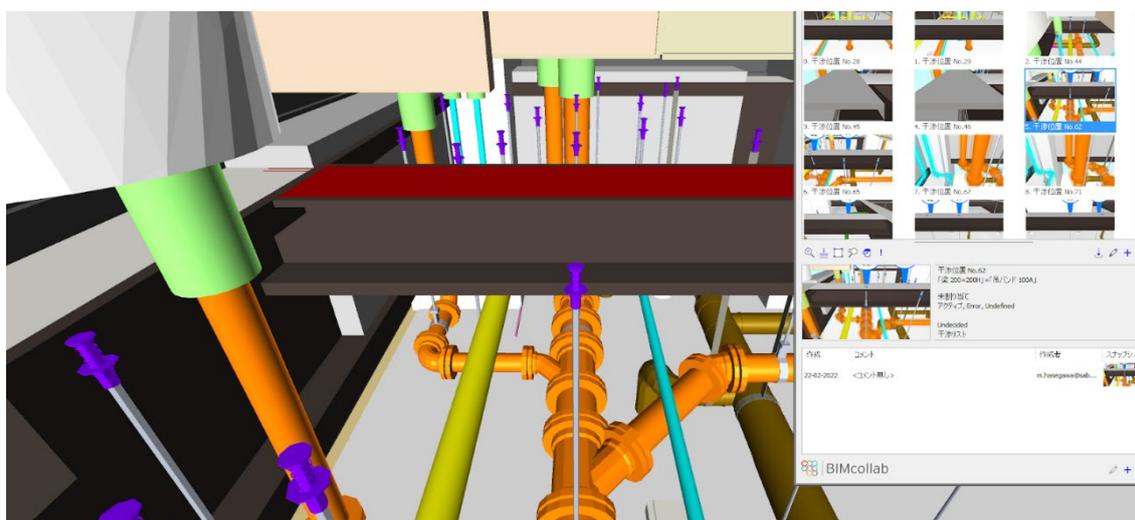


図 15 Navisworks での干渉チェックの様子

## 結論

検証 A で行った連携のワークフローについてまとめる。SS7 の連携では、それぞれが一方方向のやり取りであった。そのため、設計変更が行われる度にモデルの修正が必要となる。BUS を用いた連携では、Archicad と BUS、Revit と BUS のそれぞれで双方向のやり取りを行うことができた。そのため、設計変更におけるフローでも、Archicad から ST-Bridge を書き出し、BUS で調整を行うことで再び Archicad へ構造モデルを取り込むことができた。以上のことから、Archicad で連携を行う場合は BUS を用いたほうがスムーズな連携をできるという結果となった。

また、Rebro を用いた連携では、IFC を用いて統合モデルへの連携が可能であることがわかった。また、設備モデルの修正を行う場合は、統合モデルに配管不可範囲など加え、それを意匠と設備で共有することで、図面を使ったコミュニケーションよりも円滑な修正作業を行うことが可能であるとわかった。

### 3-3-1-2 協働のためのプラットフォーム開発

BIM を活用した協働プロジェクトでは、それぞれが異なるプラットフォームを持っているため、一度統合モデルを作成してしまうとそれ以降、統合した一つの BIM ソフトのみが唯一の確認手段となってしまう。そこで、この問題を解決するためにプロジェクトチーム全員がモデルを確認できる手段として、ゲームエンジンである Unreal Engine4(以下、UE4)を活用した「協働モデル」を試作し、協働のための新たなプラットフォームについて検証した。BIM ソフトと UE4 は Datasmith と呼ばれるツールを使用することで BIM の属性情報などを取り込むことができ、高度な連携を図ることができる。また、UE4 から他のデバイスへと連携することができ、さらなる BIM データの活用を期待できる。

#### 協働モデルの概要

既述のとおり、BIM ソフトと UE4 は Datasmith を経由して BIM ソフト内の建物データを UE4 側に展開することができる。その中には、メタデータとして柱や梁などの属性情報なども含まれている。ところが、BIM ソフトによって Datasmith を使用して送ることができる情報量に違いがある。そこでまずは、Archicad と Revit の両方から UE4 へ Datasmith で書き出し、出力された情報量の違いについて検証した。今回はテストとして同じ属性情報を持ったコンクリートの壁を使用した。(図 16)

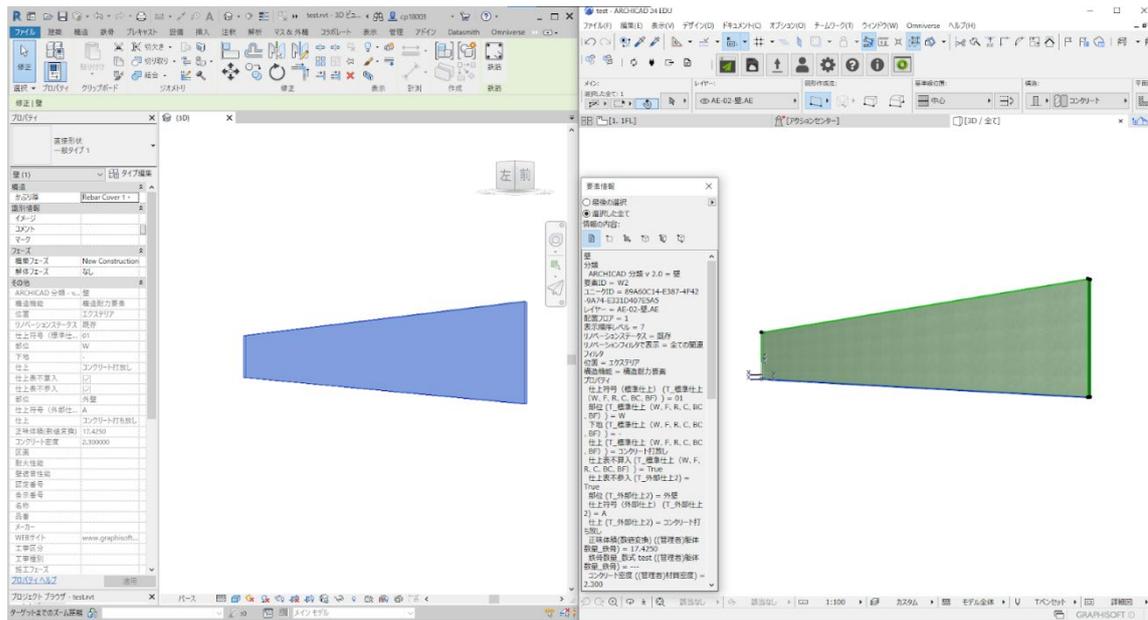


図 16 Revit と Archicad での検証

Archicad と Revit のそれぞれを Datasmith で書き出した場合、以下のような結果となった。書き出された情報量を比べると、Revit から Datasmith を使用して書き出したパターンのほうが多い事がわかった。Archicad で書き出された情報は、Archicad に標準で用意されているプロパティや、IFC パラメーターだけが書き出されているようだった。また、Revit から書き出された情報は、カスタムで作成したプロパティ情報が入っており、一度 Archicad のモデルを Revit に変換する手間は増えるが、Revit から Datasmith を書き出す方が自由度が高いことがわかった。(図 17,18)

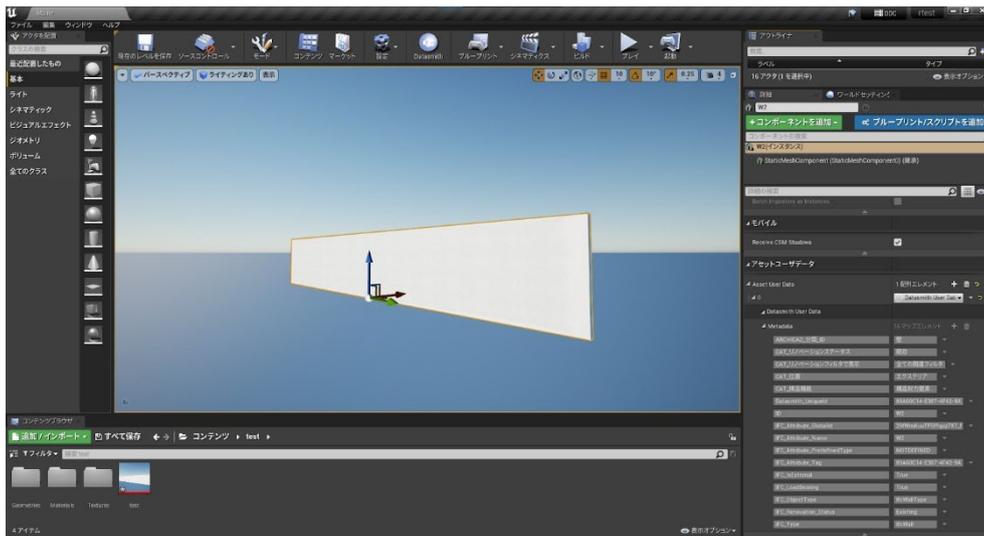


図 17 Archicad からのモデル

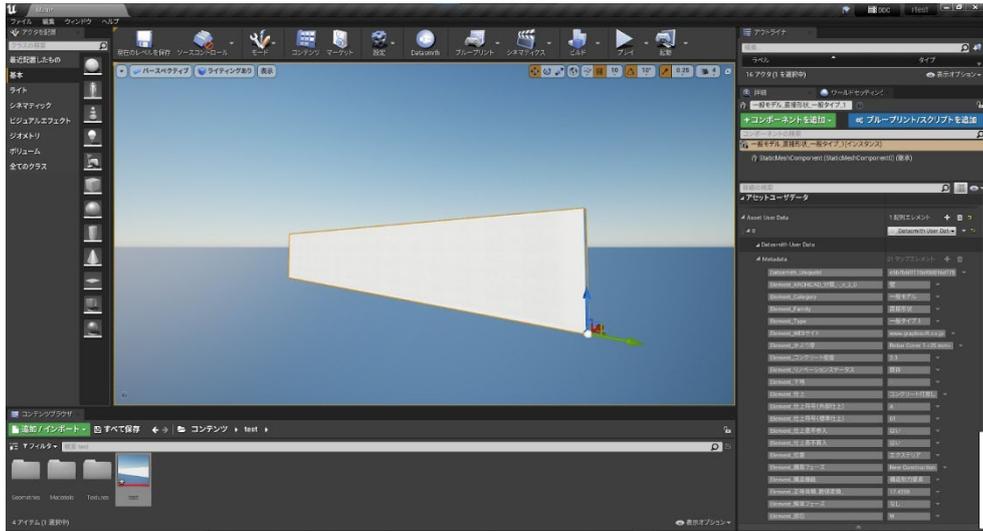


図 18 Revit からのモデル

### 統合モデルから協働モデルへの変換

事前検証の結果を踏まえて、属性情報を含めた全ての情報を UE4 へ送るために、Archicad で作成した統合モデルを一度 Revit へ送り、Datasmith で UE4 へと書き出す方法を採用した。Archicad から Revit への変換には Geometry Exchange を使用した。Revit からは、Revit のプラグインである Datasmith インポータを用いて UE4 へ書き出す内容を設定することで、必要な情報だけを出力した。この方法を用いることで、モデルに使用されているマテリアルやテクスチャも、自動的に UE4 用に書き出される。BIM ソフトで各オブジェクトに対して設定された属性情報においても、各オブジェクトのメタデータとして自動的に取り込まれる。(図 19,20)最後に UE4 側でモデルを確認できるアプリの開発を行う。このアプリを用いて、様々な関係者が統合モデルの確認を行うことを想定し、操作がしやすく分かりやすい、UI/UX の整備を行った。

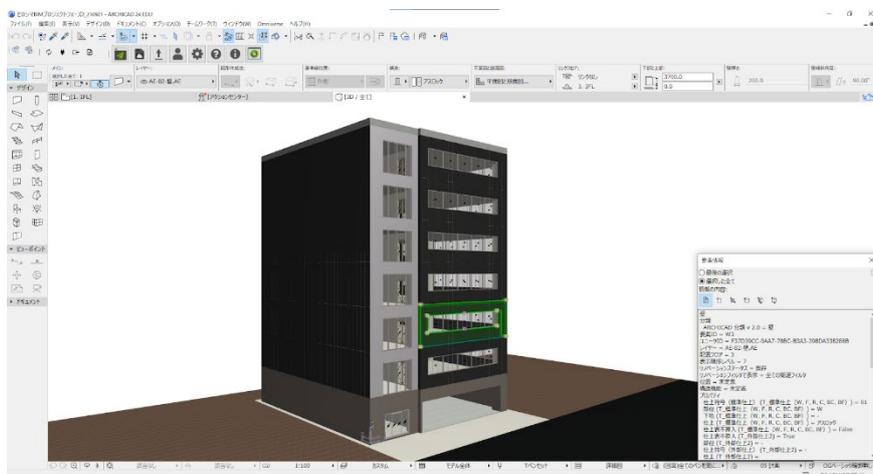


図 19 統合モデル(Archicad)

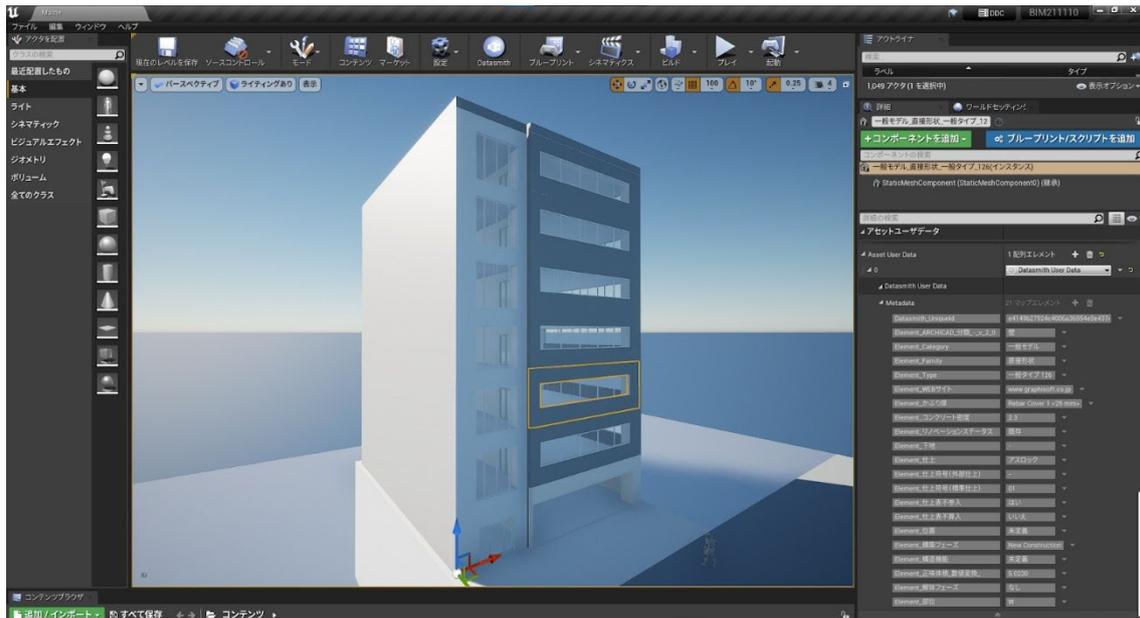


図 20 協働モデル(UE4)

まずはじめに、建物を構成しているジオメトリを選択したときに Archicad で付加された属性情報を表示する機能を加えた。こうすることで、関係者は下地材や仕上材などの属性情報を簡単に確認することができるようになった。(図 21)

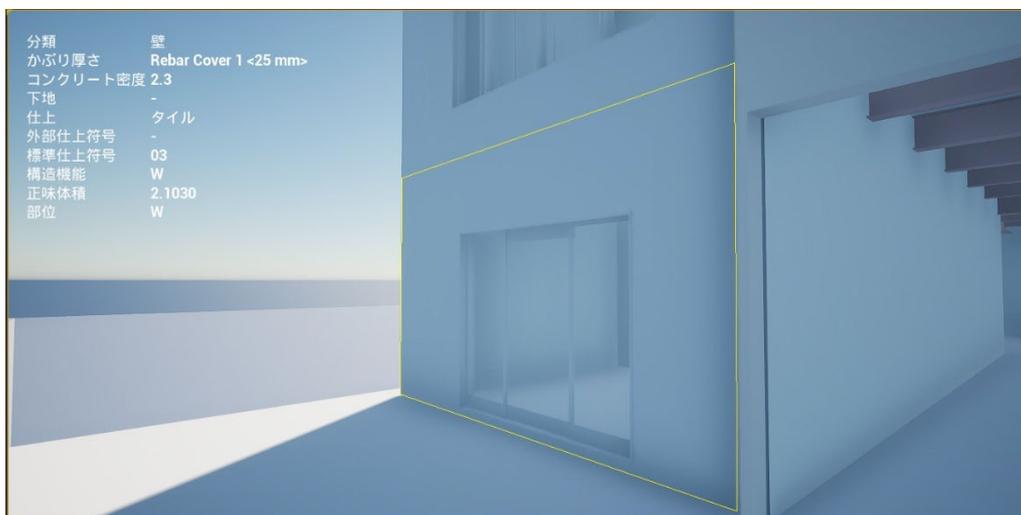


図 21 属性情報の表示

また、現在地がわかるように平面図を加えた。Archicad で作成した図面を基に簡単な平面図を作成した。平面図上に自分の位置を表すことで、リアルタイムに現在地が確認できるようにした。(図 22)

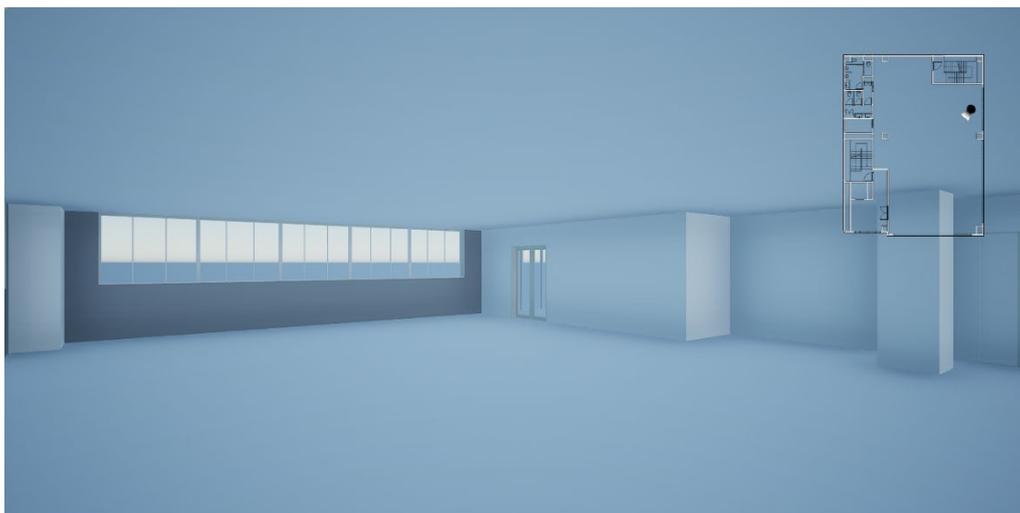


図 22 平面図の表示

さらに、視点を一人称と三人称で自由に切り替えられるようにした。一人称によるリアルな視点で建物の様子を確認する場合や、俯瞰して建物内を人が歩いているような場合を使い分けることができるようにした。(図 23)



図 23 視点の切換

### VR の活用

さらなる BIM データの活用を目指し、新たに VR デバイスである Oculus Quest2(以下、Oculus)を用いた協働モデルの作成を行った。協働モデルを VR 化することによって、実際に現場にいるような臨場感でモデルを眺めることが可能になり、より分かりやすい表現ができるようになった。また、建物の透過や距離の計測、ラベルの貼り付け、スクリーンショットなどの機能をつけ、確認作業を行いやすくした。(図 24,25,26,27)

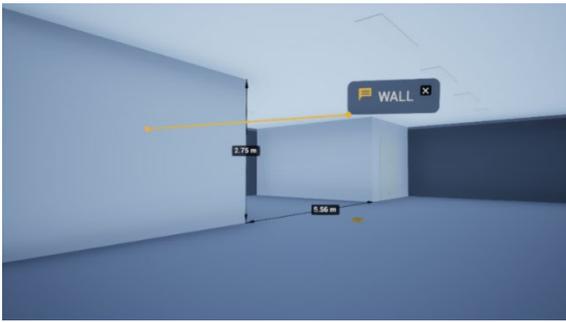


図 24 Oculus による計測と注釈

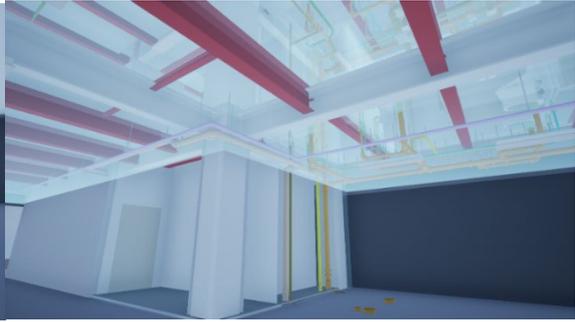


図 25 Oculus による建物の透過



図 26 Oculus による位置のブックマーク

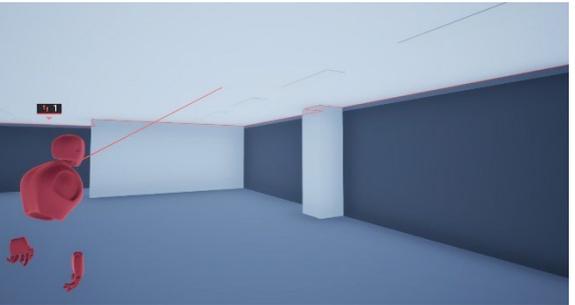


図 27 Oculus による協働の様子

## 結論

BIM とゲームエンジンの連携は簡単に行えるものの、それを「協働モデル」として活用できるものにするための UI の整備には専門的な知識が必要である。また、VR によって得られる有用性はあるものの、複数人で同時にモデルを眺めることの難しさがあることもわかった。

### 3-3-2 課題B) BIMを活用した維持管理コストの算出

#### 3-3-2-1 維持管理コストの概要

BIM などの情報技術の発展により、建物が建てられた後の維持管理分野においても、情報技術の活用が求められるようになってきている。建築が造られ解体されるまでにかかる生涯支出をライフサイクルコスト(以下、LCC)と呼ぶが、これは「建設コスト」「運用コスト」「保全コスト」「解体処分コスト」の4つの項目で構成されている。一般的に建築のコストを考えると、「建設コスト」のみを対象として評価しがちであるが、実際はそうではない。平成31年版の「建築物のライフサイクルコスト」によれば、中規模事務庁舎の建設コストは、65年間で試算したLCCの約26%であり、建設コストはLCCの氷山の一角に当たる部分である。建設コスト以外の内訳は、保全コスト(修繕等)が約34%、保全コスト(維持管理)が約29%、運用コスト・その他が約11%となっており、保全コストが多くを占めていることが分かる。(図28)

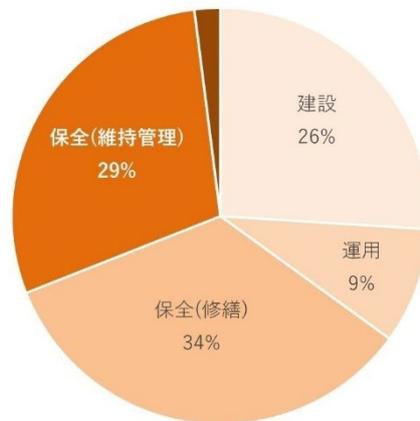


図 28 ライフサイクルコストの割合

本来、水面下に隠れている保全コストや運用コストも含めて考えなければ、本当に必要となる建築物の生涯にわたるコストを検討したことにならないと言える。保全コストは、大きく「維持管理コスト」と「修繕等コスト」の2種類に分けられる。前者は設備の点検や保守、清掃といった日々のメンテナンスコストを指し、後者は修繕や更新といった工事費を指す。建物の長い寿命の中では、日々のメンテナンスに膨大な費用がかかっていることが分かる。さらに、清掃業務については労働集約型の業務であるため、今後の人手不足により価格の高騰が懸念される。また、ロボットによる清掃にチャレンジする企業も見られ、今後 BIM との連携に大きな期待が寄せられている。

そこで、BIM を活用した維持管理コストの中でも清掃コストの算出システムに関する検討を行い、面積の変動や、用途の変更などが繰り返し行われる、設計段階における維持管理コスト算出システムの有用性を検証する。

作成するプログラムは、「平成 30 年度版建築保全業務積算基準及び同解説」をもとに作成したエクセルのシートに面積を書き出し、コストが算出されるものとする。

建物における清掃は、大きく定期清掃と日常清掃の2つに分かれる。定期清掃とは、床のワックスがけや剥離、照明や換気扇の清掃など、年に1~2回程度、清掃を専門とする業者が、特殊な機材や薬品を使って、日常清掃では落とすきれない汚れを除去することを指す。一方、日常清掃とは日常的に出る汚れを清掃することを指し、日々のトイレや洗面台の汚れ、床の除塵が該当する。定期清掃と日常清掃との連携の組み合わせによって建物の清潔さを保つことができる。定期清掃と日常清掃は、床の清掃と床以外の清掃に分かれる。清掃は労働集約型ビジネスであり、積算ベースはほぼ人件費であるため、「床面積」「周期」「歩掛り」の3つから求めることができる。そこで、BIM から部屋の仕上げ情報などとともに、各部屋の「床面積」を取得し、「周期」「歩掛り」については、エクセルなどの外部ソフトで管理する方法を採用した。必要以上の情報を BIM 側に持たせないことで、莫大な情報を含む BIM において管理のしやすい、汎用性のあるシステムの設計になると考えた。

### 3-3-2-2 BIMを使った清掃コストの算出

課題 A)で作成されている統合モデルは実施設計段階の複雑なモデルだったため、簡易的なシミュレーションモデルを作成し検討した。作成したシミュレーションモデルの用途は事務所、規模は地上4階建、延床面積1311㎡とし、構造形式は鉄骨造とし、階高は1~4階が3.55mとした。シミュレーションモデルを図29に、平面図を図30にそれぞれ示す。シミュレーションモデルはAutodesk社のRevitを使用して作成し、最低限必要な情報である、壁、柱、床、天井、部屋のみで構成した。

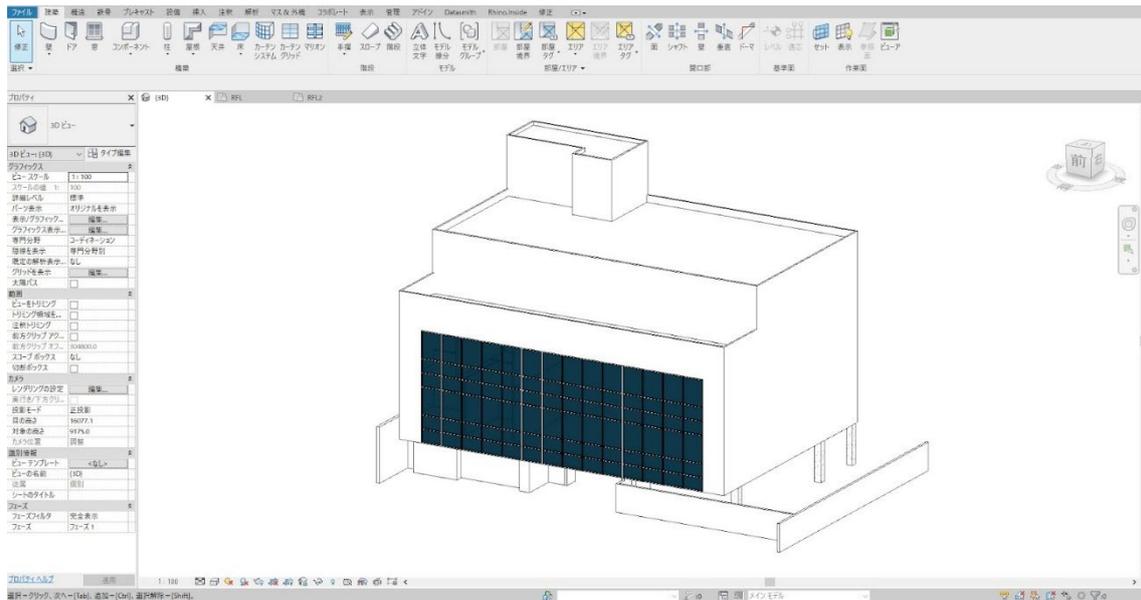


図 29 シミュレーションモデル

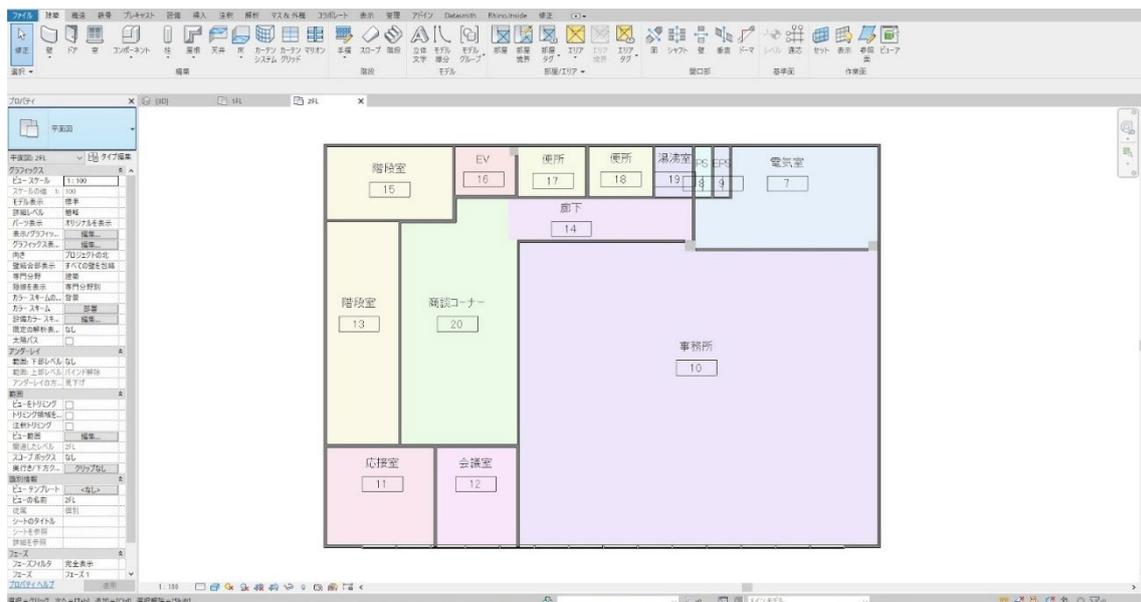


図 30 シミュレーションモデル平面図

## 部屋ツールで各部屋の面積を算出

BIM から各部屋の面積を算出する際は、ビジュアルプログラミングツールである Dynamo を使用した。コストを算出する際、用途によって歩掛が変わる。部屋名から用途を特定する必要があるが、部屋名の命名規則については、設計者によって異なる。一定の規則に乗っ取って部屋名をつける方法もあるが、設計者の命名のばらつきはそこまで多くないものと考え、いくつかのキーワードを用意し、そのキーワードが部屋名に含まれていれば、そのキーワードのカテゴリに分類されるという仕組みとした。そうすることで、基本となるカテゴリ分けに加え、設計者における命名規則のばらつきは、キーワードの追加や削除によって対応し、各々が使いやすいようにカスタマイズできるようになる。取得した部屋の面積情報をカテゴリ分けした後は、コスト算出用にフォーマット化されたエクセルに自動で面積を挿入する。(図 31)

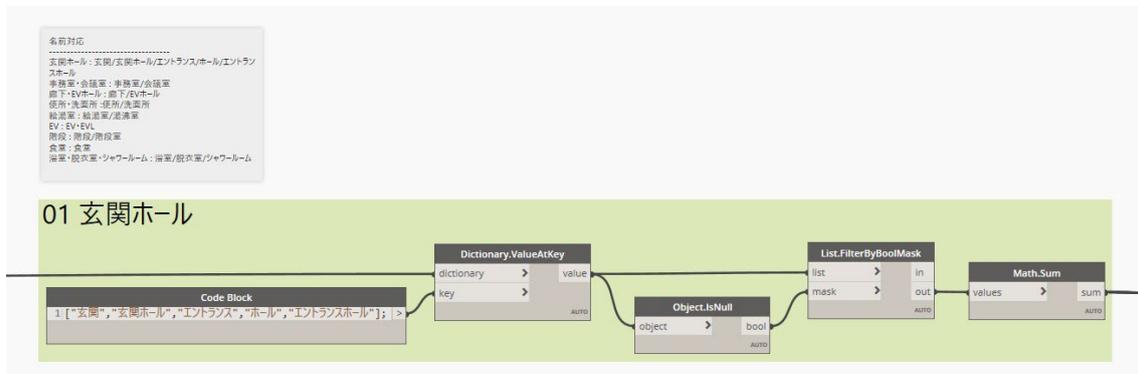


図 31 キーワードによる用途のカテゴリ分け

## フォーマット化された算出表

算出結果の表出には、エクセルを使用する。「区分」「項目」「作業内容」「周期」「清掃規模」「回数」「単位」「標準歩掛」が記載されているフォーマットを作成し、「清掃規模」に面積が入力されると、それぞれの区分ごとにコストが自動的に算出される。デフォルトの値は、「建築物のライフサイクルコスト」を参考にした値になっているが、「回数」などに関しては各々の清掃使用頻度に変えることも可能である。算出表を図 32 に示す。なお、清掃員 A・B・C の単価は国土交通省の建築保全業務労務単価を用いる。



### 3-3-3-1 ヒロシマBIMゼミの概要

ヒロシマ BIM ゼミは本モデル事業のメンバーでもあり、また広島工業大学の『BIM 実習』を担当する杉田宗(広島工業大学准教授)、田原泰浩(田原泰浩建築設計事務所)、長谷川統一(杉田三郎建築設計事務所)の3人が中心となり、広島で BIM についての意見交換ができる場として以下の3つの目標を掲げ、2017年より2ヶ月に1度のペースで開催してきた。

- ・ BIM の活用と普及の推進
- ・ BIM を活かした横断的なコラボレーションの誘発
- ・ BIM を始めとする、建築における新たな情報技術の研究

毎回異なるテーマを設定し、ゲストを招いて講演をして頂いたり、参加者の発表の機会を作ってきた。2021年6月までに行われた全19回のテーマを以下に示す。

- 第1回 「BIM コロシウム」
- 第2回 「竹中工務店のデジタルデザイン」
- 第3回 「BIM と教育、BIM と仕事」
- 第4回 「BIM とコス」
- 第5回 「デジタルによる最適化」
- 第6回 「世界の BI」
- 第7回 「広島 BIM の今」
- 第8回 「情報と建築が広がる先」
- 第9回 「メーカーの BIM」
- 第10回 「田原設計と杉田設計の BIM」
- 第11回 「名古屋で起こるデジタルブリッジング」
- 第12回 「BIM と建築確認申請」
- 第13回 「大林組設計のものづくり」
- 第14回 「BIM と x」
- 第15回 「デジタルファブリケーションの現場」
- 第16回 「ヒロシマ BIM プロジェクトレポート 01」
- 第17回 「大和ハウス工業の施工現場での BIM」
- 第18回 「ポートフォリオレビュー2020」
- 第19回 「BIM による設計業務のプラスアルファ」

第15回以降は、コロナ感染拡大の影響によりオンラインでの配信に切り替えている。2017年の第1回目から、イベント後に深夜まで続く懇親会の方が交流の機会として重要な意味を持っていたため、当初はオンライン開催には前向きではなかったが、長く続く自粛期間の中で何かしらの形で継続することの重要性を感じスタートした。しかし、オンライン開催として再開したことで、結果的にこれまで以上に多くの方に見て頂ける機会となっている。

### 3-3-3-2 発表の場としての「ヒロシマBIMゼミ」

これまでは、BIM に関して先端的な取り組みをしている設計事務所やゼネコンの関係者を広島に招いて、広島の BIM 関係者に最新の情報を提供する場として機能していたが、オンライン開催に切り替わったことで、オーディエンスが全国の BIM 関係者へと変化した。対面で行なっていた頃には 30～50 名程度が参加するイベントであったが、2020 年に行なった配信は各回 1000 回前後再生されており、ヒロシマ BIM ゼミをより多くの人へ届けることができることがわかった。

そこで、2017 年のスタート以降着実に進歩している広島の BIM の現状を広く伝えていくことを目指し、発表の場としての役割を強めることとした。具体的には、広島で BIM を使って設計する設計者に登壇してもらい、導入から運用までの試行錯誤や、社内での活用状況、またヒロシマ BIM ゼミやそこで生まれた繋がりがどのような影響を及ぼしているかについて発表してもらう場を作ることとした。また、2020 年からスタートした「ポートフォリオレビュー」を充実させ、BIM を中心とした建築情報に興味のある学生の発表の場をつくることで、彼らの作品へのフィードバックや、将来の就職活動に役立つアドバイスを与えることについて検討した。

### 3-3-3-3 コミュニティとしての「ヒロシマBIMゼミ」

広島の BIM コミュニティの形成を目指してきたヒロシマ BIM ゼミであるが、オンライン開催になったことで、懇親会が開催できず横の繋がりを作る機会が皆無となってしまった。オンラインでありながらもコミュニティづくりを意識した双方向のコミュニケーションを図り、オンラインならではの繋がりを作っていく方法を検討した。

具体的には、YouTube を使った配信に加え、ビデオチャットツールである SpatialChat を活用した懇親会を開くことで、発表後の登壇者と自由に意見交換できる機会を設けることとした。SpatialChat は、オンライン上の 2 次元の仮想空間で参加者が自由に動き回りながら、会話したい相手と集まっておしゃべりができるツールで、実際の空間のように距離が近い相手の声が大きく聞こえ、遠くなると声が小さくなったり聞こえなくなったりする。仮想空間の中で、いくつかのグループに分かれて発表の内容について質問したり、補足説明したりすることができる。これまで懇親会で行われていたようなコミュニケーションに近いやり取りを、オンライン上で再現することを目指した。

## 第4章 「BIM の活用効果」の検証とその効果を増大させる

### 「今後の改善方策」の検討について

#### 4-1 「検証する効果と目標」

「課題の分析」と「課題解決のために実施する対応策」の検討をうけて、以下の3つの検証を行った。

- ・ 検証A) 見積段階における統合モデルの活用
- ・ 検証B) 維持管理コスト算出プログラムを使った検証
- ・ 検証C) ヒロシマBIMゼミの実施

#### 4-2 検討等の前提条件

##### 検証A) 見積段階における統合モデルの活用

前章の課題A)で作成された統合モデルを用いて、建築主体工事費の40%程度をBIMから算出できるかの検討を行った。その際、工事費の割合が多いものを優先的に検証した。可能な限りBIMの情報を使った算出を目指し、積算に使用する図面は最小限にとどめた。

また、統合BIMモデルを活用し、躯体施工図作成の検討を行う。また属性情報を利用し、図面化を効率的に行えるか検討した。

##### 検証B) 維持管理コスト算出プログラムを使った検証

ここまでに作成してきた統合モデルから維持管理コスト算出に活かせる情報を抽出し、前章の課題B)で検討した維持管理コスト算出プログラムを用いて維持管理コストの算出が可能かどうかを検証した。

##### 検証C) ヒロシマBIMゼミの実施

前章の課題C)で検討された方向性をもとに、実際のヒロシマBIMゼミを実施した。2020年より実施しているオンラインでの開催を継続させながら、ビデオチャットツールを用いた懇親会の開催や、広島からの発信を意識した発表の場を作ることで、オンラインならではの可能性について検証した。

## 4-3 検証の結果、効果を増大させる今後の改善方策

### 4-3-1 検証A) 見積段階における統合モデルの活用

#### 4-3-1-1 統合モデルを活用した数量算出

##### データ連携の確認

前章の課題A)で作成された統合モデル統合モデルから、別のBIMソフトに取り込むため、データの受け渡しの確認を行った。数量の確認については代表的な躯体数量を、Archicadの数量とRevitに取り込んだ数量を比較し確認した。

- ・ Archicad→IFC
- ・ Archicad→Geometry Exchange

まずはじめに、ArchicadとRevitの両方で数量算出を行うため、Archicad に届いた構造モデルを Revit へ取り込むところから検証を進めた。取り込む方法は二通りあり、一つ目はIFCを用いてRevitに直接取り込む方法、二つ目は Archicad専用のアドインである「RFA & RVT Geometry Exchange」(以下 Geometry Exchange)を用いてRevitに変換する方法である。今回はこれらの 2 通りを検証し、鉄骨の数量を比較し、正確性を確認した。

検証の結果、まずIFCから数量算出を行おうとした場合、ArchicadからRevitへ送られた鉄骨モデルが正確に反映されなかったため、数量算出をすることは出来なかった。続いて Geometry Exchangeを用いた構造モデルでは、正確にRevitへと取り込むことができ、数量算出を行うことができた。(表1,2)

表 1 Revit で算出した梁の数量

1	マルチカテゴリのマテリアル集計				
2	ARCHICAD座標	カテゴリ	タイプ	ファミリー	マテリアル: 体積
3					
4	梁	3400 構造フレーム	一般タイプ 500	一般タイプ 500	0.004
5	梁	3400 構造フレーム	一般タイプ 501	一般タイプ 501	0.004
6	梁	3400 構造フレーム	一般タイプ 502	一般タイプ 502	0.004
7	梁	3400 構造フレーム	一般タイプ 503	一般タイプ 503	0.004
8	梁	3400 構造フレーム	一般タイプ 504	一般タイプ 504	0.004
9	梁	3400 構造フレーム	一般タイプ 505	一般タイプ 505	0.004
10	梁	3400 構造フレーム	一般タイプ 506	一般タイプ 506	0.004
11	梁	3400 構造フレーム	一般タイプ 507	一般タイプ 507	0.004
12	梁	7100 構造フレーム	一般タイプ 508	一般タイプ 508	0.004
13	梁	7100 構造フレーム	一般タイプ 509	一般タイプ 509	0.004
14	梁	7100 構造フレーム	一般タイプ 510	一般タイプ 510	0.004
259	梁	21500 構造フレーム	一般タイプ 769	一般タイプ 769	0.046
260	梁	17800 構造フレーム	一般タイプ 770	一般タイプ 770	0.138
261	梁	17800 構造フレーム	一般タイプ 771	一般タイプ 771	0.05
262	梁	14100 構造フレーム	一般タイプ 772	一般タイプ 772	0.149
263	梁	14100 構造フレーム	一般タイプ 773	一般タイプ 773	0.054
264	梁	10350 構造フレーム	一般タイプ 774	一般タイプ 774	0.143
265	梁	10350 構造フレーム	一般タイプ 775	一般タイプ 775	0.06
266	梁	6650 構造フレーム	一般タイプ 776	一般タイプ 776	0.154
267	梁	6650 構造フレーム	一般タイプ 777	一般タイプ 777	0.059
268	梁	2950 構造フレーム	一般タイプ 778	一般タイプ 778	0.166
269	梁	2950 構造フレーム	一般タイプ 779	一般タイプ 779	0.059
270					17.151

表 2 Revit で算出した柱の数量

1	マルチカテゴリのマテリアル集計						
2	ARCHICA[X座標	Y座標	Z座標	カテゴリ	タイプ	ファミリー	マテリアル: 体積
3							
4	柱	0	0	22000 柱	一般タイプ 427	一般タイプ 427	0.139
5	柱	0	0	18300 柱	一般タイプ 428	一般タイプ 428	0.156
6	柱	0	0	14600 柱	一般タイプ 429	一般タイプ 429	0.156
7	柱	0	0	10900 柱	一般タイプ 430	一般タイプ 430	0.172
8	柱	0	0	7200 柱	一般タイプ 431	一般タイプ 431	0.172
9	柱	0	0	3500 柱	一般タイプ 432	一般タイプ 432	0.188
10	柱	0	0	-200 柱	一般タイプ 433	一般タイプ 433	0.188
11	柱	0	0	22000 柱	一般タイプ 434	一般タイプ 434	0.139
12	柱	0	0	18300 柱	一般タイプ 435	一般タイプ 435	0.156
13	柱	0	0	14600 柱	一般タイプ 436	一般タイプ 436	0.156
14	柱	0	0	10900 柱	一般タイプ 437	一般タイプ 437	0.172
56	柱	0	0	10900 柱	一般タイプ 479	一般タイプ 479	0.172
57	柱	0	0	7200 柱	一般タイプ 480	一般タイプ 480	0.172
58	柱	0	0	3500 柱	一般タイプ 481	一般タイプ 481	0.188
59	柱	0	0	-200 柱	一般タイプ 482	一般タイプ 482	0.188
60	柱	0	0	22000 柱	一般タイプ 483	一般タイプ 483	0.139
61	柱	0	0	18300 柱	一般タイプ 484	一般タイプ 484	0.156
62	柱	0	0	14600 柱	一般タイプ 485	一般タイプ 485	0.156
63	柱	0	0	10900 柱	一般タイプ 486	一般タイプ 486	0.172
64	柱	0	0	7200 柱	一般タイプ 487	一般タイプ 487	0.172
65	柱	0	0	3500 柱	一般タイプ 488	一般タイプ 488	0.188
66	柱	0	0	-200 柱	一般タイプ 489	一般タイプ 489	0.188
67							10.539

それぞれのBIMソフトで数量算出を行うと、Archicadの数量が多い結果となった。内訳を見ると柱の鉄骨内の空気層まで数量を拾っていたことがわかり、それらを差し引いて改めて確かめた結果、Revitでの数量と一致する形となった。そのため、鉄骨の数量算出は統合モデルを用いても正確に行うことが確認された。(表3,4,5)

表 3 Archicad で算出した梁の数量

2	要素ID	名称	フロア	柱 長さ	梁 長さ	数量[本]	※(桁柱)正味体積[m3]	鉄骨数量(1/m3)	切断面	※(桁柱)総体積
3	B10									
4		鉄鋼材	2FL	---	1600	8	0.029	0.226	工	0.032
5		鉄鋼材	3FL	---	1600	8	0.029	0.226	工	0.032
6		鉄鋼材	4FL	---	1600	8	0.029	0.226	工	0.032
7		鉄鋼材	5FL	---	1600	8	0.029	0.226	工	0.032
8		鉄鋼材	6FL	---	1600	8	0.029	0.226	工	0.032
98		鉄鋼材	3FL	---	10900	1	0.203	1.596	工	0.215
99		鉄鋼材	4FL	---	10900	1	0.204	1.603	工	0.215
100		鉄鋼材	5FL	---	10900	1	0.188	1.555	工	0.209
101		鉄鋼材	6FL	---	10900	1	0.184	1.447	工	0.183
102		鉄鋼材	7FL	---	10900	1	0.17	1.332	工	0.178
103		鉄鋼材	最高高さ	---	10900	1	0.17	1.338	工	0.178
113							17.151			

表 4 Archicad で算出した柱の数量(空気層含む)

数量一覧										
要素ID	名称	フロア	柱 長さ	梁 長さ	数量 [本]	※(検証) 正味体積 [m3]	鉄骨数量 (t/m3)	切断面	※(検証) 総体積	
C1										
	鉄鋼材	1FL	3700	---	10	13.32	104.562	<input checked="" type="checkbox"/>	13.32	
	鉄鋼材	2FL	3700	---	9	11.988	94.106	<input checked="" type="checkbox"/>	11.988	
	鉄鋼材	3FL	3700	---	9	10.073	79.075	<input checked="" type="checkbox"/>	10.073	
	鉄鋼材	4FL	3700	---	9	10.073	79.075	<input checked="" type="checkbox"/>	10.073	
	鉄鋼材	5FL	3700	---	9	8.325	65.351	<input checked="" type="checkbox"/>	8.325	
	鉄鋼材	6FL	3700	---	9	8.325	65.351	<input checked="" type="checkbox"/>	8.325	
	鉄鋼材	7FL	3700	---	9	6.743	52.935	<input checked="" type="checkbox"/>	6.743	
						<b>68.847</b>				

表 5 Archicad で算出した柱の数量(空気層除く)

数量一覧										
要素ID	名称	フロア	柱 長さ	梁 長さ	数量 [本]	※(検証) 正味体積 [m3]	鉄骨数量 (t/m3)	切断面	※(検証) 総体積	
C1										
	鉄鋼材	1FL	3700	---	9	1.694	13.296	<input type="checkbox"/>	1.694	
	鉄鋼材	2FL	3700	---	9	1.694	13.296	<input type="checkbox"/>	1.694	
	鉄鋼材	3FL	3700	---	9	1.547	12.146	<input type="checkbox"/>	1.547	
	鉄鋼材	4FL	3700	---	9	1.547	12.146	<input type="checkbox"/>	1.547	
	鉄鋼材	5FL	3700	---	9	1.401	10.996	<input type="checkbox"/>	1.401	
	鉄鋼材	6FL	3700	---	9	1.401	10.996	<input type="checkbox"/>	1.401	
	鉄鋼材	7FL	3700	---	9	1.254	9.846	<input type="checkbox"/>	1.254	
						<b>10.538</b>				

### 内訳数量の算出手法

内訳数量算出については、統合モデルから以下の手法で算出できるかを検討した。

- A. Revit の集計表で算出できるもの
- B. モデルに情報を付加し集計表から取得できた数値を Excel など で算出できるもの
- C. Dynamo や Grasshopper で形状情報を参照し算出できるもの
- D. 全く算出できないもの

建築工事費にはたくさんの内訳項目があるが、一般的に工事費に占める割合の大きいものから優先的に算出できるか検証した。(図 33)

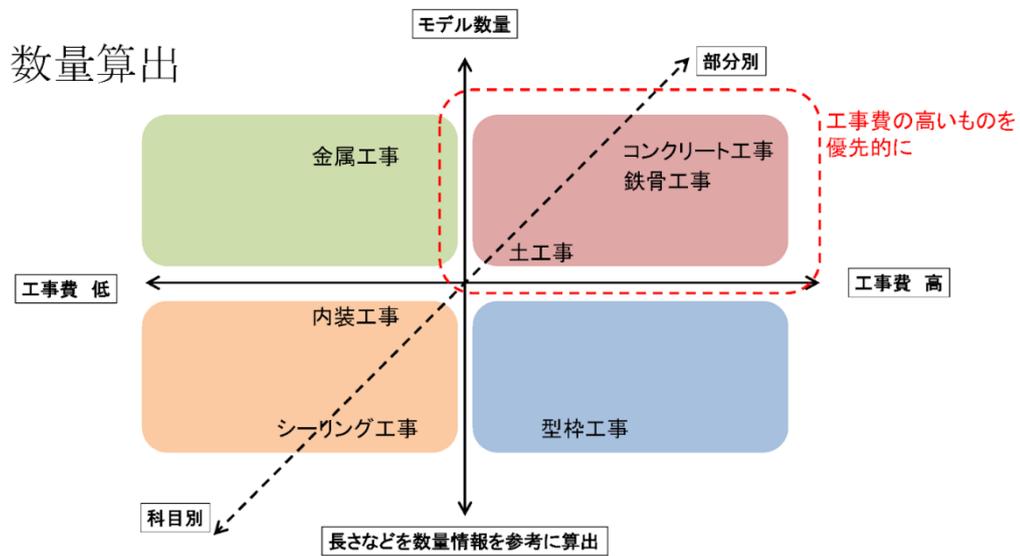


図 33 内訳項目の分類

### 工事別の検証結果

以下、拾い出した部分について説明を行う。[\*]は手法の分類を示す

- ・ **山留工事** [B]

仮設モデルを設置しない場合、掘削範囲の外周をエリアツールで入力し、周長を算出する。その数値に山留めに必要な高さ寸法を入力し、必要面積を算定した。

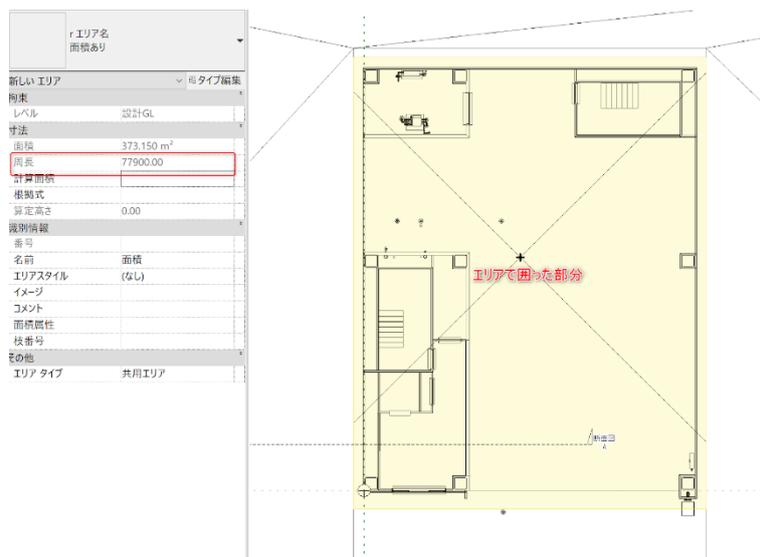


図 34 山留工事の算出方法

- ・ **土工事** [C]

根切り数量はオブジェクトとしてBIMモデルに含まれてないので、土量のモデルを新たに作成した。Revitでのモデル作成は複雑な形状には難しいので、Rhinoceros+Grasshopperを利用し、フーチング、基礎梁の形状を参照することにより効率的にモデルを作成して、掘削土を算出した。

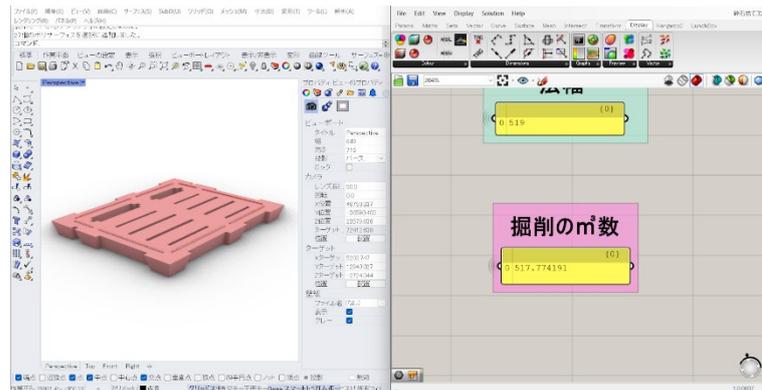


図 35 土工事の算出方法

- ・ **鉄筋工事** [A]

鉄筋モデルがない場合コンクリート数量を利用し、歩掛かりより数量を算出した。

- ・ **コンクリート工事** [A] [C]

集計表を利用しモデルからコンクリート数量を算出した。取り込んだモデルではフーチングが床のカテゴリとなっており、パラメータにフーチングと追記し、フィルタをかけて集計表で算出した。階別に床スラブ数量を算出する場合、レベルでフィルタをかけて分類した。捨てコン、砕石数量はBIMモデルに含まれてないので、新たにモデルを作成し体積を計算した。基礎形状を利用し効果的にモデル作成を行うため、Rhinoceros+Grasshopperを利用し数量を算出した。



図 36 コンクリート工事の算出方法

- ・ **鉄骨工事** [A] [B]

鉄骨数量は集計表を利用し体積を算出した。合わせて単位重量を乗算して数量を算出した。錆止め塗装は鉄骨長さ×断面周長で計上した。鉄骨断面の情報を利用し、Excelに書き出し、断面周長を計算した。

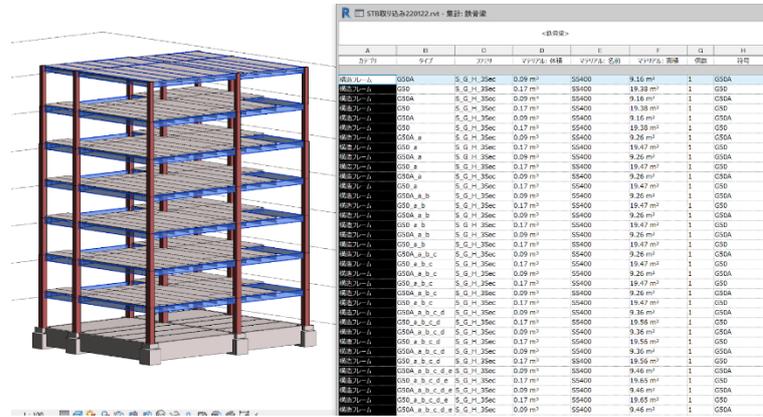


図 37 鉄骨工事の算出方法

- ・ **型枠工事** [C]

型枠は基礎表面積を利用し算出した。ただし、上下面は不要なので、Rhinceros+Grasshopper を利用し、基礎モデルを取り込み、側面のみオブジェクト面積を集計し型枠数量を算出した。

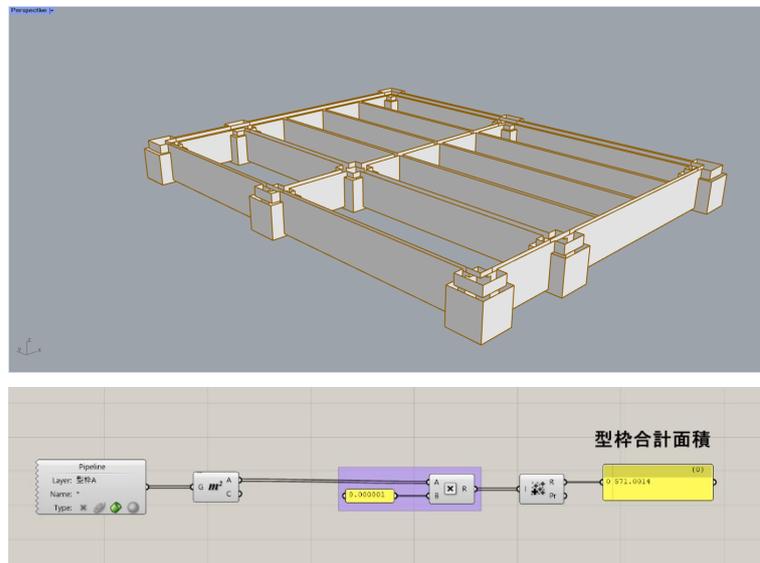


図 38 型枠工事の算出方法

- ・ **ALC 工事** [B]

取り込んだモデルの情報では一部、属性情報が図面との整合性がなかったため、ペイントツールを利用し、該当部分にマテリアルを再度貼り付けて、集計表に算出した。



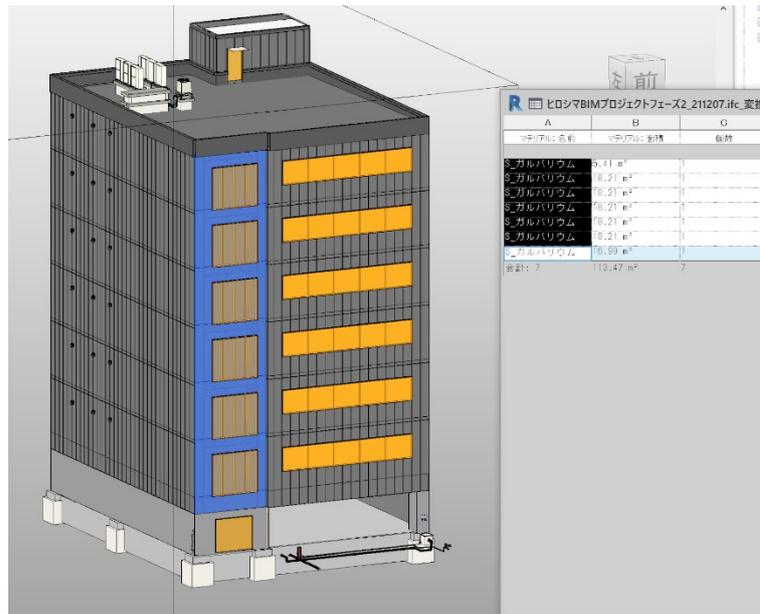


図 41 板金工事の算出方法

- ・ **タイル工事** [B]  
ペイントツールを利用し該当部分にマテリアルを再度貼り付けて集計表に算出した。
- ・ **金属・木製建具工事** [A]  
建具工事は集計表より、数量を算出した。
- ・ **内装工事** [B]  
内装仕上げは、部屋ツールから部屋の周長及び天井高さ、仕上げ情報を利用し、部屋の周長×天井高さ-開口面積で仕上げ別に数量を算出した。ただし、変換モデルでは部屋情報が参照できなかったため、再度入力して算出した。
- ・ **雑工事** [B]  
耐火被覆：鉄骨長さ×断面寸法を利用し、耐火パターンをプロパティに追記し、Excelにてパターン別に数量算出した。

## 結論

最終的に、建築主体工事費の約 33.42%（手法[A]13.57%[B]18.23%[C]1.62%）を BIM から算出できた。モデル情報が上手く取り込めてないものもあり、強引に数量を算出した部分もある。異なる BIM ソフトからの IFC データ等を利用し、有効的に情報を利用できると想定したが、まず取り込んだモデル内の属性情報について、どの情報が有効なのか判別が難しかった。IFC の場合、書き出し設定も様々あり、有効な設定がなかなか判断できなかった。

当初なるべくモデル情報を活用する予定ではあったが、異なる BIM モデルの場合、モデル内の情報が正しいかどうかを判断するには、設計者への確認が必要であり、改めて意思伝

達する上では基本的な図面が必要で、そこに BIM モデルがあることが有効であると考え  
る。

モデルからの数量算出の正確性については、躯体数量など設計者のオリジナルの BIM モ  
デル数量と比較することにより大きく違わないかを判断した上で、図面と見比べながら利  
用することが必要である。今回のような異なる BIM ソフト間でのデータ連携については、  
情報を整理したり、つなげる人が必要と感じる。ただし情報を有効的に使い、システム化  
すれば見積もりの時間短縮が図れると考える。

施工会社においては、受注につながるかわからない状態での見積もりというケースも多  
いので、その際、BIM モデルが利用できるなら、効率的に拾えるのではと考える。

また今回若い技術者が数量算出に携わったが、積算の経験が浅い人材にとっては、これ  
までの手拾いの方法を習得するよりも、モデルのほうが可視化できて、イメージしやす  
く、取り組みやすいという意見がでた。

数量算出の範囲は多岐にわたり、各会社での拾い方が異なるので、BIM だけでなく、  
様々なソフトを使ったり、ビジュアルプログラミングなどを用いて自分の使いやすいプロ  
グラムを作成することができれば応用性が高く、より時間短縮が図れると考える。

#### 4-3-1-2 統合モデルを活用した施工図の作成

##### 検証方法

今回建物モデルは鉄骨造であり、鉄骨の施工図については、鉄工所が作成するケースが  
多い、施工会社はコンクリート躯体部分を施工図として書くので、今回統合モデルから基  
礎伏図及び断面図を作成した。施工図作成に必要な躯体レベルや、躯体符号などの情報を  
取得し利用できるかを検討した。

##### 結論

異なる BIM で作成されたモデルで、IFC モデルを取り込んだ場合、オブジェクトの編集  
ができず、必要な情報も取得できなかったため、十分な活用ができなかった。そこで、モ  
デルが編集できるように、構造計算ソフトからの St-bridge を利用し、Revit で構造モデル  
を作成した。変換された構造モデルは、部材サイズ等が適切に変換されていたが、施工で  
必要な躯体のふかしなどに対応できるものではなかったため、Revit 内で対応した柱、梁フ  
ァミリに置き換えた。

BIM からレベルや符号など、施工図に必要な情報を利用し、なるべく 2D での加筆はせ  
ず、タグにて表示させることにより、効率的に図面化を行うことができた。断面図も同様  
に統合モデルを切り出して作成し、タグを利用し図面を効率的に作成した。事前に施工図  
に必要なパラメータ及び、オブジェクト、タグが整備されると、図面作成は円滑に行える  
ようになると考える。(図 42,43)

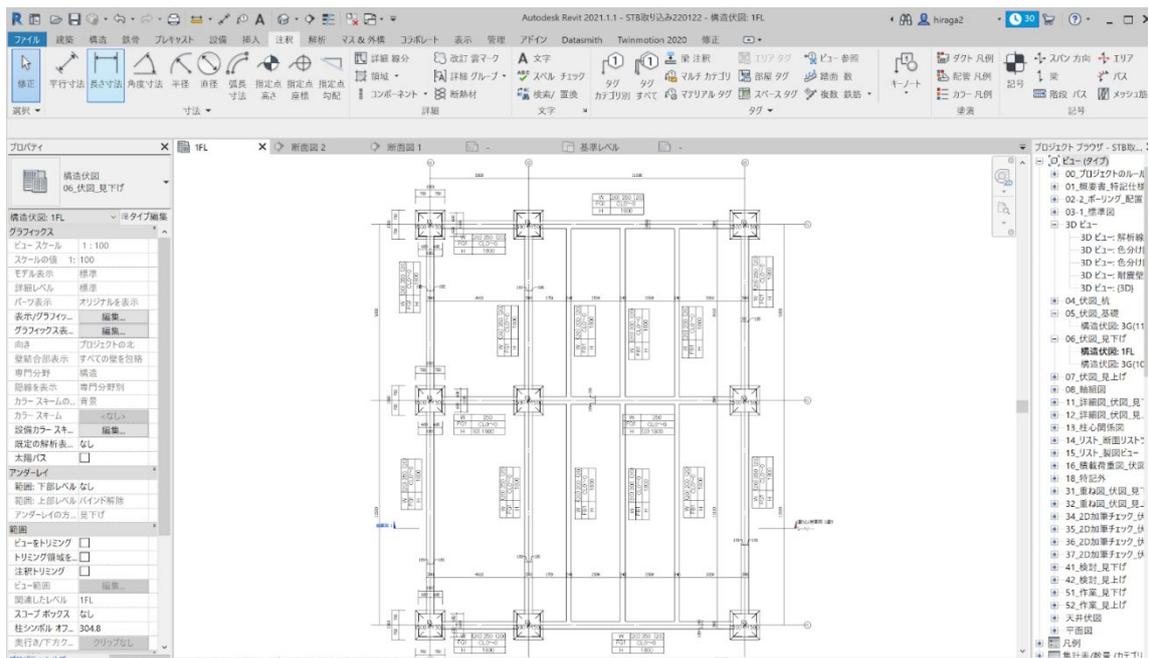


図 42 基礎伏図

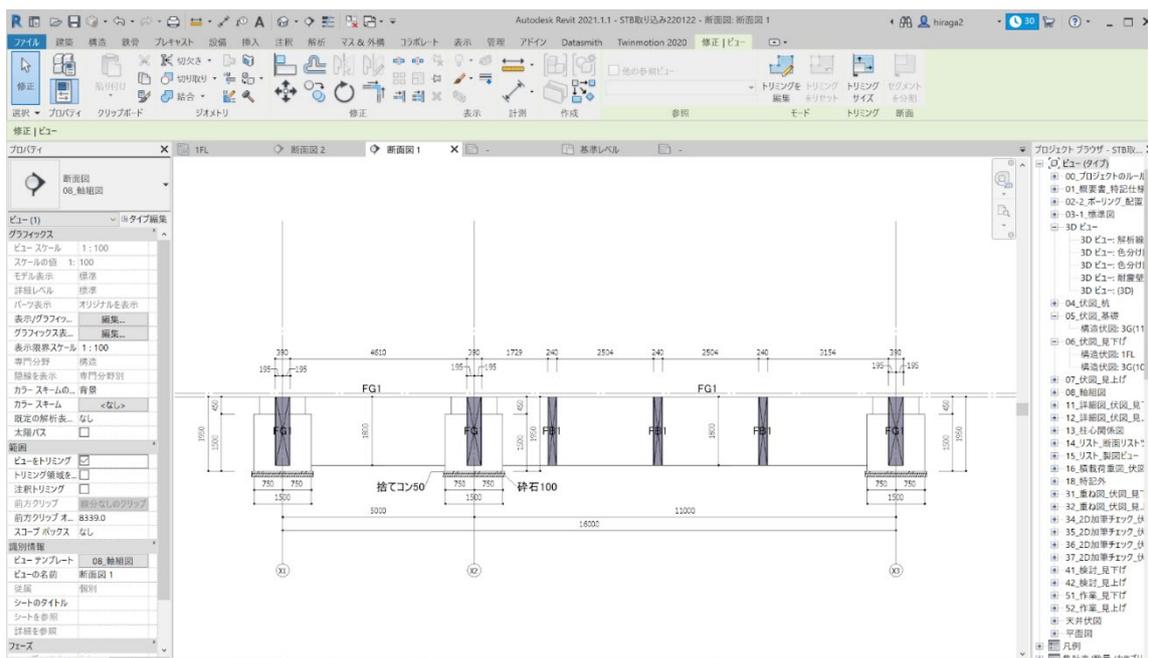


図 43 断面図

#### 4-3-2 検証B) 維持管理コスト算出プログラムを使った検証

前章の課題B)で検討した維持管理コスト算出プログラムを使い、異なるプラットフォームを繋げた協働で作成した統合モデルから維持管理コストの算出が可能かどうかを検証した。



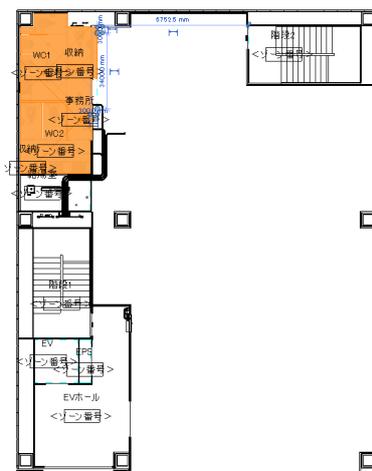


図 45 Revit 上で正常に配置できない部屋

#### 4-3-2-2 結論

部屋の情報を抽出する形で維持管理コストの算出を行うプログラムを開発したが、ソフト間で部屋ツールの仕様が大きく異なり、今回の統合モデルを使った検証を行うことが難しかった。他の要素では、変換後もある程度の情報が活用可能であることがわかっていたので、部屋の情報についても同様に考えていたが、変換を介して想像以上に情報が無くなってしまったことが明らかになった。

今回 Revit と Dynamo で開発したプログラムを用いるには、Revit で再度モデリングを行う必要があり、本モデル事業の軸となっている異なるプラットフォームを繋げた協働からは逸脱してしまうため、そこまでの検証は行わなかった。しかしながら、統合モデルの方が改善されれば、今回のシステムを使った算出も十分可能になると考える。

その一方、部屋の情報は面積や仕上げに関する情報を入れておくには便利であり、その情報がソフト間で渡されていくフローの可能性を感じていたため、そこが機能しないとすると、統合モデルの考え方も見直す必要があると考えている。

#### 4-3-3 検証C) ヒロシマBIMゼミの実施

本モデル事業の期間中に3回のヒロシマBIMゼミを開催した。それぞれのテーマを以下に示す。

第20回 「メーカーのBIM 2021」

第21回 「ポートフォリオレビュー2021」

第22回 「広島BIM最前線」

この中から、学生の発表ならびに広島BIMの状況を伝える内容となった第21回と第22回について報告する。

#### 4-3-3-1 ヒロシマBIMゼミNo. 21「ポートフォリオレビュー2021」

建築情報系学生の発表の場として「ポートフォリオレビュー2021」を10月に開催した。これは学生が自分のポートフォリオを使ってプレゼンテーションし、それに対してゲストクリティークと主催者がコメントするという内容で、就活が目前に迫った学生のポートフォリオのブラッシュアップや、発表することの経験を積む目的がある。全国から発表学生を募ったが、今年是他大学からの発表者が不在で、広工大の3年生4名と1年生が1名の計5名の発表となった。

竹中工務店の石澤幸氏をゲストクリティークに招き、それぞれの発表に対して様々なアドバイスを頂くことができた。また、石澤氏がどういう視点でポートフォリオや面接を見るのかについても触れて頂き、発表者だけでなく、これから就活を進める全ての建築情報系学生が知っておくべきヒントが詰まった回となった。

発表後は SpatialChat を使った懇親会を実施した。発表の内容を振り返ったり、逆に石澤氏にプレゼンテーションをしていただいたりと、配信がない分いろいろな話で盛り上がる事ができた。参加した学生にとっては貴重な経験になったことと期待する。しかしながら、今回は発表学生ならびに、懇親会への参加者が少なかったことが課題となった。毎回配信とセットにするなど、今後のさらなる活用を通して、関わる参加者を増やしていくことができるのではないかと考える。



図 46 「ポートフォリオレビュー2021」の様子

#### 4-3-3-2 ヒロシマBIMゼミNo. 22「広島BIM最前線」

また、12月に開催した「広島BIM最前線」では、広島を拠点とする大旗連合建築設計とあい設計に発表をお願いした。両社のBIM担当者はヒロシマBIMゼミを始めた頃から度々参加して頂いており、ここ1~2年で一気に本格化したBIMの取り組みについて紹介してもらった。

大旗連合建築設計の高橋智彦氏は、2018年の「BIMと教育、BIMと仕事」への登壇以降、実施設計までBIMを使用する物件が増え、現在までに15件以上の設計に取り組まれている。2DCADとの併用から、BIMによる共同作業まで、社内で段階的に展開されていった様子を、実際の建築とともに詳しく説明いただいた。

また、櫻河内敏雅氏からは、専門設計(エンジニアリング)と総合設計(デザイン)の両方の特色を持つ、あい設計のBIMについてお話頂いた。BIM試行業務として庁舎や学校の基本設計を進める際には、建築BIM推進会議のガイドラインに沿った基本設計業務を行っている。

加えて、主催者である田原泰浩建築設計事務所と杉田三郎建築設計事務所も最近の取り組みについて短い紹介を行なったが、登壇頂いたすべての設計事務所の取り組みがここ数年で一気に進んだことが感じられた。最初はBIMに触れることや、BIMで設計してみることが目的となっていたが、そこから何段かステップアップし、どうやってBIMを根付かせるかや、新たなメリットの探求が目的になっている様子が伝えられたと考える。この回では、登壇者に杉田三郎建築設計事務所に集まってもらい、コロナ対策を行いながら事務所から配信した。配信後の雑談の中でヒロシマBIMゼミが、各社のBIMのステップアップに少なからず影響を及ぼしているのではないかと話題が上がったり、今後のヒロシマ

BIMゼミの活動の方向性などについても議論する機会があった。多くの参加者が、BIMの導入や運用の悩みを抱えており、それを共有する場としての価値は評価されつつあると考える。



図 47 「広島BIM最前線」の様子

#### 4-3-3-3 結論

ヒロシマBIMゼミの活動を通して、地域全体のBIM推進や、大学でのBIM教育とBIMコミュニティの接点の構築を目指してきたが、スタートから3年が過ぎ、少しずつその存在価値を確立しようとしている。また、コロナウィルス感染拡大により、通常の対面

での実施からオンラインでの開催に切り替わっているが、ビデオチャットツールなどを用いることで、オンラインならではの繋がりを作っていく可能性が明確になった。今後は対面とオンラインのハイブリッドを目指し、地域に根ざしたコミュニティを拡大していくとともに、全国へ向けた発信を続けていくことで、全国の BIM 関係者との接点も作っていきたいと考えている。

実践的に BIM を使った設計を行うには、その過程で直面する様々な課題を乗り越えていく必要がある。ヒロシマ BIM ゼミはまさにその課題を超えていく仲間を作る場として設計され、それが継続的な活動を通して具体的な形になってきた。中小事業者の BIM 導入において、このようなコミュニティの持つ意味は大きいと考える。今後各地域で同じような活動が始まることで、地域間の繋がりも生まれてくると考える。

## 第5章 中小事業者の BIM の導入・活用ロードマップ素案

本モデル事業で検証した設計・施工・維持管理における BIM を活用した協働は、以下の3つのパターンに分けられる。

**A. 同じプラットフォームによる設計施工一括**

1社で設計施工を行う。BIM ソフトは1種類

**B. 同じプラットフォームによる設計施工分離**

設計と施工が別会社。BIM ソフトは1種類だが設計と施工でデータの受け渡しが課題

**C. 異なるプラットフォームによる設計施工分離**

設計の協働及び施工が別会社。異なる BIM ソフトを連携させる仕組みが必要

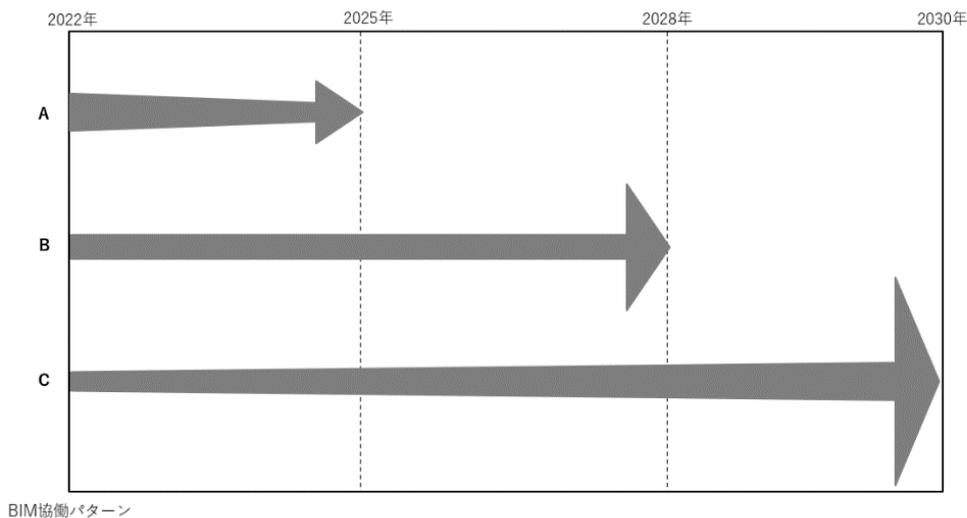


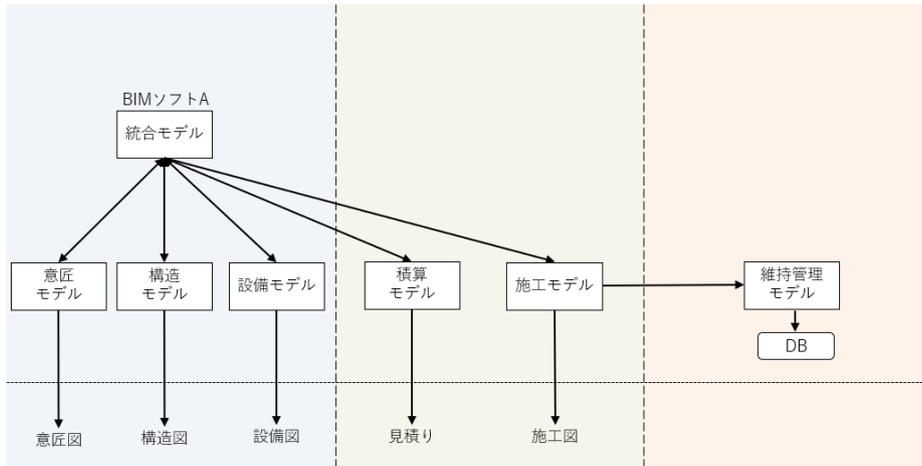
図 48 BIM の協働ロードマップ

現状では、大手ゼネコンに代表されるような「同じプラットフォームによる設計施工一括」(A)が効果的であり、設計施工を行う中小規模のゼネコンでも取り組むことが可能と考える。今後は、BIM を活用する設計事務所やゼネコンが増え、「同じプラットフォームによる設計施工分離」(B)が増えていくと予想される。同じプラットフォームを使用することで、モデルや情報の共有は円滑に行われるが、設計施工分離によって、設計と施工でデータの受け渡しが課題となる。

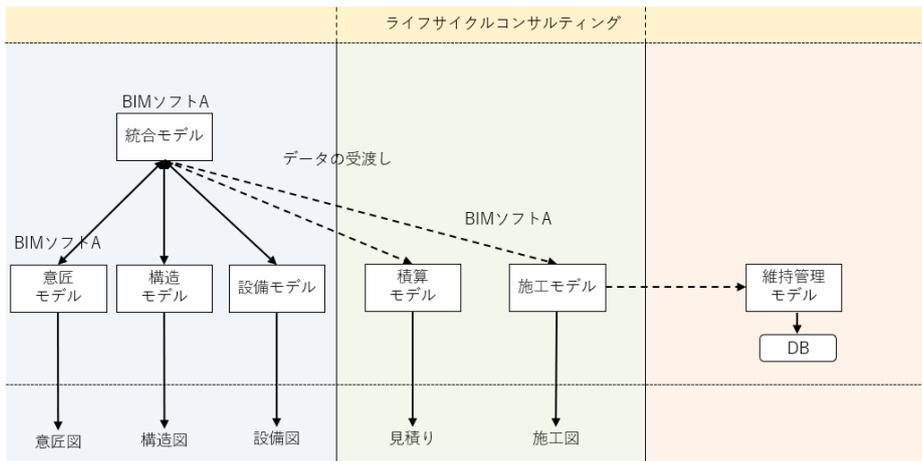
しかし、現在の日本の建設業に目を向けると、中小事業者の割合が圧倒的に高く、また個々の企業での運用方法や仕組みが異なり、非常に複雑な構造の中で BIM が使われる状況が進んでいくと想定される。「異なるプラットフォームによる設計施工分離」(C)は非常にハードルが高く、技術的な課題だけでなく、仕事の受注方法や役割分担においても様々な課題がある。しかしながら、このハードルを超えることで、建設業の大半を占める中小事業者の働き方を変え、各フェーズで作られた BIM モデルを、横断的に活用しながらデータ管理や連携を行うことが可能になると考える。

「異なるプラットフォームによる設計施工分離」(C)の発展には、様々な情報を利用し、統合モデルの作成や管理を行うライフサイクルコンサルティング業務が重要になると考える。ライフサイクルコンサルタントが横断的にプロジェクトに関わり、維持管理段階における情報の活用まで俯瞰して、個々のフェーズで必要となる情報を整理していく役割になると考える。

**A** 同じプラットフォームによる設計施工一括



**B** 同じプラットフォームによる設計施工分離



**C** 異なるプラットフォームによる設計施工分離

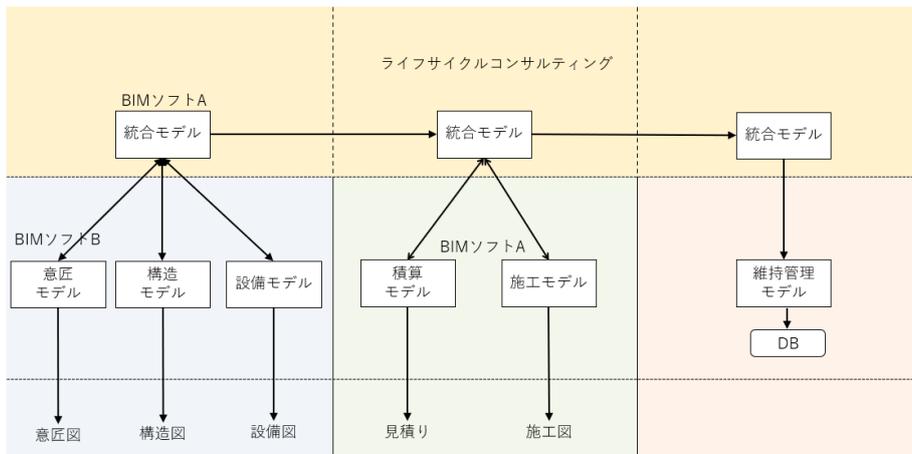


図 49 BIM を活用した 3 種類の協働

## 第6章 BIM 活用に向けた今後の課題

### 6-1 事業者として今後さらに検討・解決すべき課題等

本モデル事業での検討などを通して、今後検討・解決すべき課題は「情報」「職」「人」の3つに分けられると考える。

#### 情報

- ・ 異なるプラットフォームをつなげる更なる検証
- ・ デジタルメンテナンス（BIMと維持管理ロボットの連携）
- ・ BIMと外部データベースの連携

#### 職

- ・ 他業種とのBIMでの連携
- ・ 各業種におけるBIMのメリットの明確化
- ・ ライフサイクルコンサルティング業務内容の具体化

#### 人

- ・ BIM関係者をつなげるコミュニティ作り
- ・ BIMを使った協働のノウハウの蓄積
- ・ 建築教育のアップデート

### 6-2 建築BIM推進会議や関係部会等に検討してほしい課題等

- ・ BIMによる確認申請の効率化の実現
- ・ 公共工事における、BIM納品、検査など、業務の効率化
- ・ 従来の図面表現に合わせるのではなく、BIMを利用した新たな図面表現方法の確立
- ・ BIMモデル（パーツ）の共通ライブラリの整備
- ・ モデリング方法並びにパラメーターの共通化