

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

成果報告書

令和4年3月
東洋建設株式会社

目次

1. プロジェクト情報	1
1.1 建築物の概要	1
1.2 試行・検証対象の建物概要	1
2. 提案内容	3
2.1 事業の目的	3
2.2 検討課題と解決策の方向性	3
3. BIM データの活用・連携に伴う課題の分析等について	4
3.1 プロジェクト関係者による BIM モデルの共有手法の検証	5
3.2 異なるソフトウェアでの BIM データ連携手法について検証	9
4. アルゴリズムによる最適化とエビデンスの見える化手法に関する課題分析エラー！ブックマークが定義されていません。	
4.1 PLATEAU データ連携による作業の効率化	エラー！ブックマークが定義されていません。
4.2 エビデンスを見える化することで得られる理解度・満足度	エラー！ブックマークが定義されていません。
5. 結果から導き出される、より発展的に BIM を活用するための今後の課題エラー！ブックマークが定義されていません。	
6. 参考資料	エラー！ブックマークが定義されていません。

1. プロジェクト情報

1.1 建築物の概要

- ・ 建物用途：専門職大学
- ・ 延床面積：約 10,000m²
- ・ 規模：地上 4 階
- ・ 構造種別：鉄骨造(一部 RC 造)
- ・ 発注者の役割：本提案項目ごとに設計定例打合等において指摘要望を評価
- ・ 提案者の役割：指摘要望事項に基づき随時更新・改善

1.2 試行・検証対象の建物概要

(1) 本事業で検証したプロセス

本事業では専門職大学の新築工事を対象に検証を行った。BIM ガイドラインにおける標準ワークフローはパターン④であり S1 の基本設計から S4 実施設計までの業務内容における BIM の活用について検証を実施した。

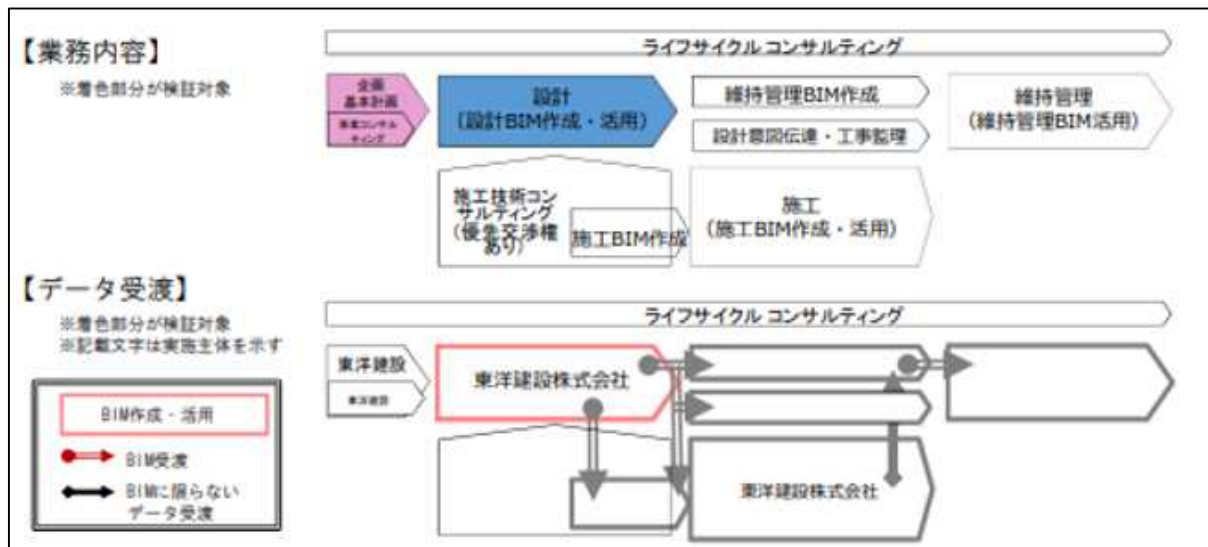


図 1-1. 検証する標準ワークフローのパターン

(2) プロジェクト全体のスケジュールと検証のスケジュール

本プロジェクトは2020年5月より開始、9月にS0企画基本計画の作成を開始、2021年11月より工事を着工、2023年1月を竣工予定として計画している。本事業では企画設計時に内部から外部を見た際の視線を可視化するツールを開発。エビデンスの見える化によるBIMの活用手法の確立と建築物・データの価値向上や様々なサービスの創出等を目指し、2021年4月からツールの改良・検証・解析結果の確認を実施した。また、それに伴い検証データの活用や後工程への連携手法の確立を目的としたBIMモデルの共有手法の検証も実施した。

	2020				2021								2022																			
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
プロジェクトのスケジュール					企画設計				基本・実施設計				建設工事																			
プロジェクト関係者によるBIMモデルの共有手法の検証													検証																			
PLATEAU3D都市データ連携による生産性向上に向けた検証													開発・検証																			
エビデンスを見える化することで得られる理解度・満足度					開発				機能改善・連携				評価																			

図 1-2. プロジェクト全体のスケジュールと検証のスケジュール

(3) 検証の実施体制、各プロセスでのそれぞれの役割分担

- ①プロジェクト関係者によるBIMモデル共有手法の検証では、クラウドサーバー上にプロジェクトフォルダーを構築しプロジェクトマネージャー（発注者）、設計者、ランドスケープデザイナー、ライティングデザイナー等、すべてのプロジェクト関係者でBIMモデルを共有、更新、指摘事項等の情報を共有できるワークフローを整備し、アジャイル的に検証しながら最適なワークフロー等のルールを整備する。
- ②PLATEA3Dと情報の見える化による生産性向上に向けた検証及びエビデンスの見える化することで得られる理解度・満足度に関する検証は、IoT機器（タブレット端末、VR、AR機器）を積極的に活用するとともに要素技術の開発と実装を行う。

2. 提案内容

2.1 事業の目的

本プロジェクトは、専門職大学の 신설であり、発注者を含む様々なプロジェクト関係者が関与するため、BIM データを含むタイムリーな情報共有が課題となる。『最新データの検索』や『情報伝達不足による unnecessary 調整様々やり直し業務』等の削減にクラウド コンピューティングを効率よく利活用するためのトータルワークフローについて検証するとともに、建築、インテリアデザイン、ランドスケープデザイン、ライティングデザイン、什器レイアウト、サイン計画等、発注者を含むプロジェクト関係者がクラウド コンピューティング プラットフォーム上でタイムリーかつ適切に BIM モデル統合と確認ができるワークフロープロセスについて検証する。また、BIM の活用として、インテリアデザイナー、照明デザイナー、ランドスケープデザイナー等と BIM モデルを連携し、機器仕様(属性)を適用した物理的に正確なレンダリング等により発注者との満足度の高い合意形成効果について検証する。

BIM データの活用による生産性向上、建築物・データの価値向上を目的にツール開発の効果検証を実施。計画初期段階で周辺地域住民とのプライバシー等の検討、什器備品等のレイアウト検討に遺伝的アルゴリズムやディープラーニング手法を取り入れ、エビデンスを見える化し、発注者と共有しながら検討を重ねることにより、発注者サイドの意思決定期間の短縮と顧客満足度、周辺地域住民に対するアカウンタビリティーの向上効果について検証する。また、国土交通省が主導する、3D 都市モデル PLATEAU と BIM モデルを連携することで精度の高い市街地のモデル化と大幅な入力工数削減効果について検証する。

2.2 検討課題と解決策の方向性

- ①プロジェクトは、専門職大学の 신설であり、発注者を含む様々なステークホルダーが関与するため、タイムリーな情報共有が課題となる。最新データの検索や情報伝達不足による unnecessary 調整業務、作業のやり直し業務等の削減が課題となる。
- ②統合された BIM モデルを発注者が別途実施する B 工事、C 工事に利活用できる BIM モデル仕様の分析と検討を行う。
- ③周辺地域とのプライバシー検討、什器備品等のレイアウト検討に遺伝的アルゴリズムやディープラーニングを取り入れエビデンスを見える化し、発注者と共有しながら検討を重ねることにより、発注者サイドの意思決定期間の短縮と顧客満足度、地域住民に対するアカウンタビリティーの向上について検証する。

3. BIMデータの活用・連携に伴う課題の分析等について

本検証では、発注者を含む様々なプロジェクト関係者とのBIMデータ情報共有に関する課題として、CDEを活用したBIMデータ共有のワークフローの検討と異なるソフトウェアでのBIMデータ連携手法の検証を行った。

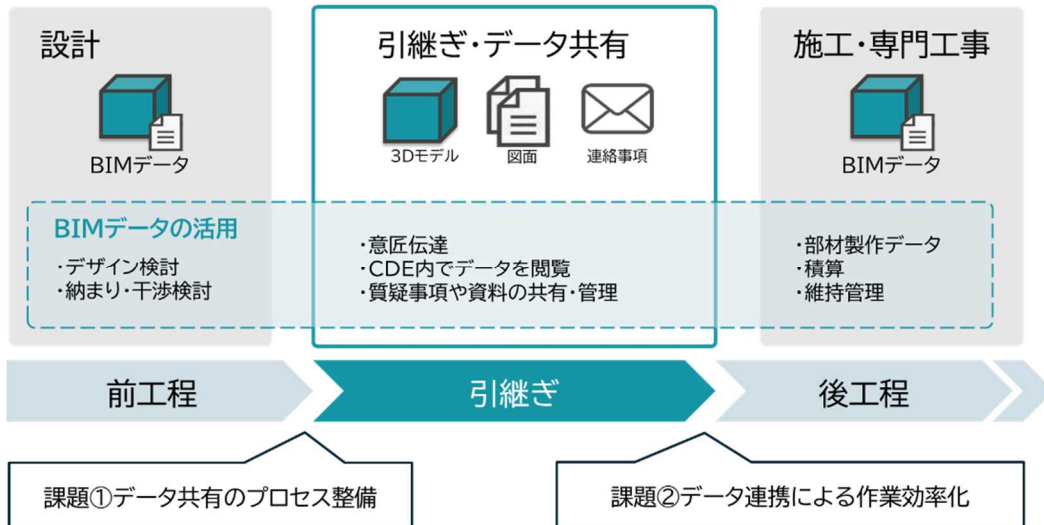


図 3-1. 想定する BIM データの運用

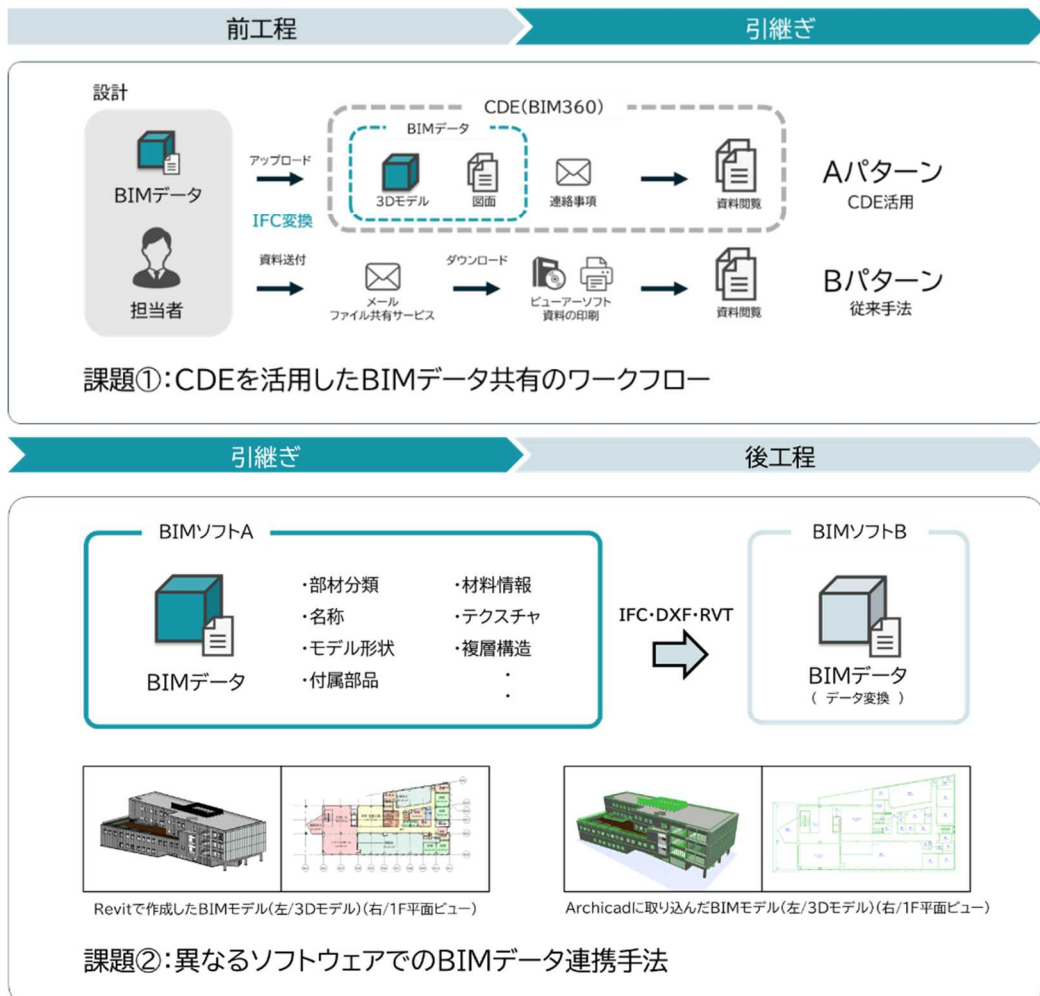


図 3-2. 各課題の検証手順

3.1 プロジェクト関係者による BIM モデルの共有手法の検証

(1) 設定した「分析する課題」

本検証では、基本・実施設計で作成した設計 BIM データをプロジェクト関係者と共有するワークフローについて、CDE を活用したデータ共有のワークフローの検討と CDE のアクセス権限の管理整備について課題の分析を行った。また、本検証では CDE 活用による効率化効果を確認するため、従来手法との作業時間の比較も行った。

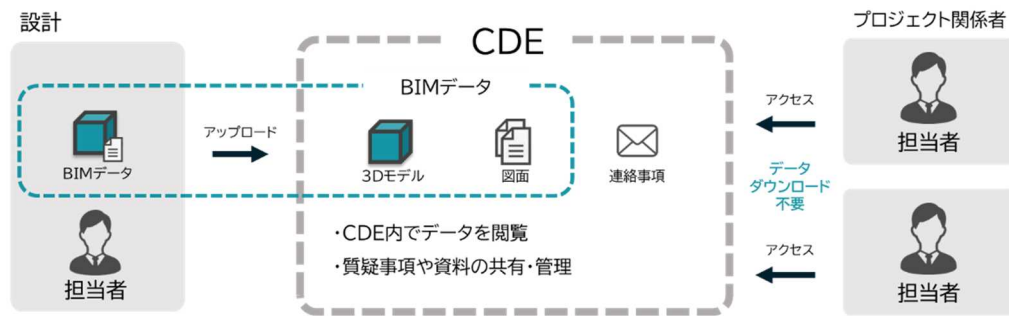


図 3-3. 想定する BIM データの運用

(2) 検討の方向性(検討の前提条件を含む)、実施方法・体行作成者が送付した BIM データ (IFC ファイル形式) をプロジェクト関係者が受領し閲覧するまでの作業時間をメールによる従来手法と CDE 上での共有手法で比較し、削減時間から効率化効果と課題を考察する。

【A パターン】 CDE を活用した情報共有手法

BIM データを CDE (BIM 360®) にアップロードし、サーバー内のビューアー機能で 3D モデルを閲覧するまでの作業時間を計測する。

【B パターン】 メール・ファイル共有サービスによる従来手法

メール (Gmail 及び データ転送システム) を使用して BIM データを送付し、受領したデータをビューアーソフトで展開する作業時間を計測する。

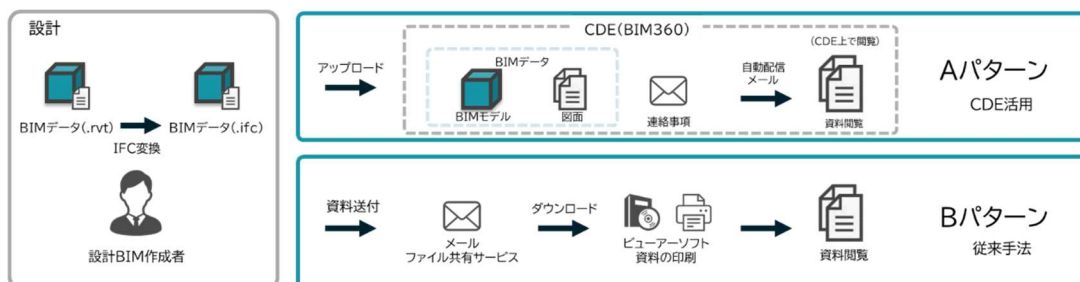


図 3-4. 検証するワークフロー

(3) 課題分析等の結果

本検証では、CDE を活用した BIM データ共有手法の効率化効果の検証として、従来手法との作業時間を比較した。検証結果として作業時間を 27.6%の削減できた。また、本検証では設計 BIM モデルのみを対象にしたが、設計段階から後工程に BIM データを引き継ぐ場合、構造・設備 BIM データも引き継ぎをすることが想定されるため、CDE を活用することで更なる効率化が期待できる。

表 3-1. CDE を活用した BIM データ共有手法の検証結果

	Aパターン	Bパターン
検証した実績数値	27.6% 削減	
作業内容	①BIMデータをCDE(BIM360)にアップロード ②アップロード先を連絡 ③CDEのビューアー機能でBIMデータを閲覧	①BIMデータをメール及びデータ転送システムで送付 ②BIMデータをダウンロード ③ビューアーソフトを起動してBIMデータを閲覧
作業内容(概要)	設計で作成したBIMデータをプロジェクト関係者と共有するプロセスとして、①～③の作業を想定し検証を行った。 検証結果としてAパターンでは合計192s、Bパターンでは合計265sであり、73sの作業時間が削減できた。	

CDE を活用した BIM データ共有手法のメリットとして、ビューアーソフトや閲覧環境の整備といった引き継ぐ側の事前準備の解消が挙げられる。設計段階で作成された BIM データを専門工事会社等と共有する際、専門工事会社等が使用するソフトでは BIM データを取り込むことができず、ビューアーソフトなどを使用してデータを参照また変換などする必要があった。そこで、BIM データをダウンロードすることなく CDE 上のビューアー機能で参照することで業務効率化が期待できる。

CDE で BIM データを参照する場合、ビューアー機能として必要となる機能を下記に記載する。

- ① BIM ソフトのネイティブデータ及び IFC ファイルの閲覧
- ② 3D モデル及び 2D 図面の閲覧
- ③ ビューアーソフトの基本的な機能の活用
- ④ アップロードされたデータに対しコメント及び図形の添付
- ⑤ 指摘事項のワークフロー化による検証・確認業務
- ⑥ 複数の BIM モデルの自動干渉チェック

(4) アクセス権限の管理・整備

CDE を活用して BIM データを共有するにあたり、各アカウントの権限を整理する必要がある。そこで、設計 BIM ワークフローガイドラインに記載されている各ステージの業務内容と成果物を参考に CDE のフォルダ閲覧権限を整理した。

表 3-2. 各フェーズにおける CDE の管理・操作権限

	S0	S1-2	S3-4	S5			S6-7	×	権限なし
	プロジェクト開設時	DR/設計検証	実施設計開始時	工事引継	BIM調整会議	竣工	維持管理		
CDE 管理者	4	4	4	4	4	4	4	1-1	表示のみ
設計責任者	4	4	4	4	4	4	4	1-2	表示+ダウンロード
設計部	3	3	3	3	3	3	3	2-1	アップロード
建築部	×	3	3	3	3	3	3	2-2	表示+ダウンロード アップロード
営業部	×	3	3	3	3	3	3		
見積部	×	3	3	3	3	3	3		
作業所	×	×	×	3	3	3	3	3	表示+ダウンロード +アップロード+編集
施主	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1		
設計事務所(外注含む)	×	×	契約図⇒1-1 自社⇒3	契約図⇒1-1 自社⇒3	契約図⇒1-1 自社⇒3	×	×		
専門工事業者	×	×	×	契約図⇒1-1 自社⇒3	契約図⇒1-1 自社⇒3	契約図⇒1-1 自社⇒3	×	4	フォルダコントロール (すべての操作)

プロジェクトごとにクラウドスペースを作成し、ステージの進捗に応じて閲覧権限を付与・制限することで、ステージの進捗に合わせてデータ管理を改善することができた。また、クラウドスペースでデータを共有することをプロジェクト関係者との統ルールとすることで、データの紛失や管理体制の複雑化を防止することができる。

今後の提案として、ローカルファイルから作業データにアクセスするのではなく、CDE 上のデータにアクセスして編集・更新を行うことで更なる業務効率化が期待できる。しかし、現状ではソフトウェアに上記の機能がない・対応していない、又は物件ごとにフォルダ構成が異なるため、作業データの管理に適していないなど等の課題があがった。今後の検証課題とする。

(5) CDE 内での質疑応答のワークフロー

CDE のビューアー機能には、指摘事項という 3D モデル及び図面データにコメントを記録する機能がある(以下、指摘事項と呼ぶ)。図面検討会やプロジェクト会議で図面を確認する際、従来では図面を印刷し確認項目や質疑を書き込んでいた。そこで、確認・連絡等を指摘事項で共有・管理することで業務効率化を図る。次に検証を行った図面の部内確認ワークフローを記載する

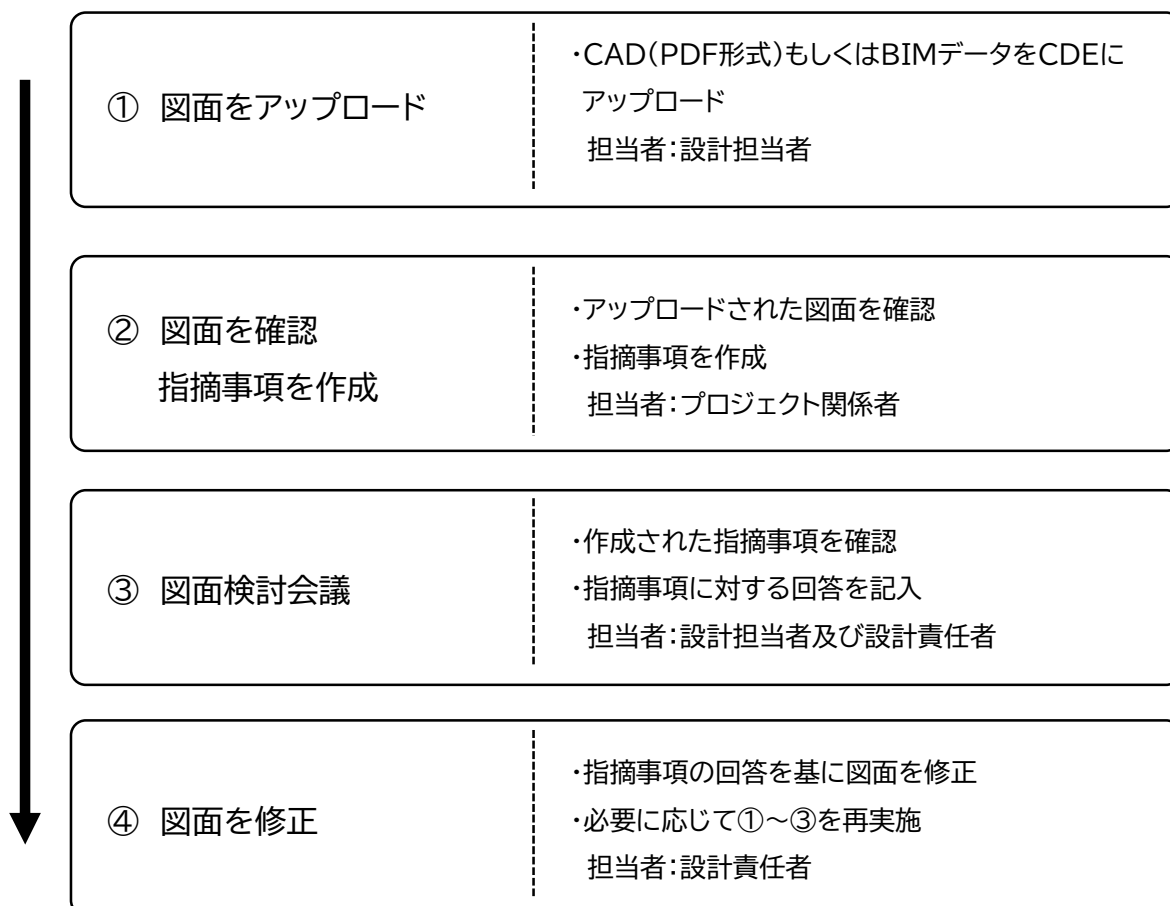


図 3-5. CDE 内での質疑応答のワークフロー案

3.2 異なるソフトウェアでの BIM データ連携手法について検証

(1) 設定した「分析する課題」

本検証では、前工程(設計)で作成した BIM データを後工程(施工工事・維持管理)で活用する B・C 工事を想定した BIM データの連携検証を行った。データの取り込み前後で BIM データの情報に差異がなく、様々なソフトウェアでの受け渡しを想定したワークフローを検討するため、設計 BIM データを作成した。BIM ソフトウェアで出力可能なファイル形式での連携結果を整理し課題の分析を行った。

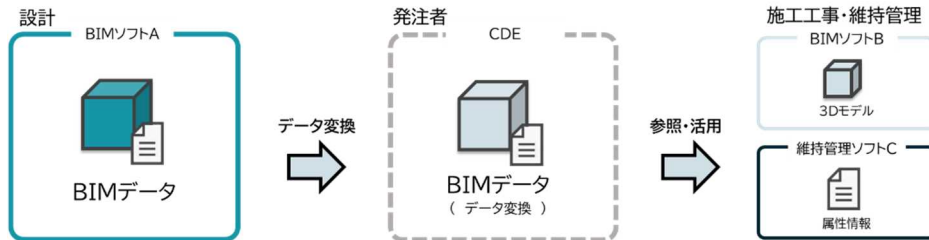


図 3-6. 想定する BIM データの運用

(2) 検討の方向性(検討の前提条件を含む)、実施方法・体制

※検証はソフトウェアをインストールしたときのデフォルト設定のまま実施した。

①検証用の BIM データを Autodesk® Revit® 2020 で作成。検証対象とする各ファイル形式で出力し Archicad24 に取り込んだ際の属性情報を確認する。

②連携検証するファイル形式・出力設定

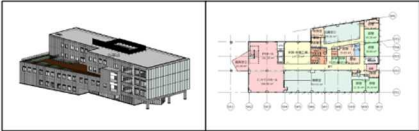
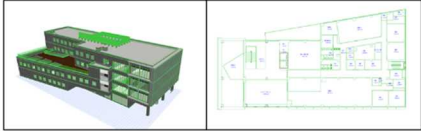
オブジェクト総数	7056
使用部材ツール	壁(CW含む)、床、天井、建具(ファミリー、一部CWツールによる代用)、階段、手すり、コンポーネント(インプレイス・ファミリー)、部屋(エリア)
	
Revitで作成したBIMモデル(左/3Dモデル)(右/1F平面ビュー)	
Archicadに取り込んだBIMモデル(左/3Dモデル)(右/1F平面ビュー)	

図 3-7. 検証する BIM モデル概要

表 3-3. 連携検証するファイル形式・出力設定と検証対象部材

DXF	Revit DXF-3d
RVT	Revit FBX-3d
IFC2x2	IFC 2x2 Coordination View
	IFC 2x2 Singapore BCA e-Plan Check
IFC2x3	IFC 2x3 Coordination View
	IFC 2x3 GSA Concept Design BIM 2010
	IFC2x3 Basic FM Handover View
	IFC2x3 COBie 2.4 Design Deliverable View
	IFC2x3 Coordination View 2.0
IFC4	IFC4 Design Transfer
	IFC4 Reference

図面	平面図、立面図、断面図
対象部材	壁、床、天井、建具、階段、手すり、汎用3Dモデル、部屋(エリア)
属性情報	部材分類、名称、形状、部品、材料情報、テキスト、複層構造

(3) 課題分析等の結果

表 3-4. 各出力形式による連携結果

ファイル形式	各種図面	3D形状	属性情報	課題
IFC 2x2 Coordination View	-	-	-	Archicad24ではIFC2X2は連携対象外
IFC 2x2 Singapore BCA e-Plan Check	-	-	-	Archicad24ではIFC2X2は連携対象外
IFC 2x3 Coordination View	▲	○	▲	・平面図のみ取り込めた。断面線や通り芯は取り込めなかった ・適切なカテゴリが無い場合、汎用カテゴリに割り当てられる 例) Revit:天井 → Archicad:オブジェクト ・天井について、複層構造の仕上材料のみ取り込めた ・天井、建具、階段、手すり、インプレイスの名称が欠落していた
IFC 2x3 GSA Concept Design BIM 2010	▲	○	▲	同上
IFC2x3 Basic FM Handover View	▲	○	▲	同上
IFC2x3 COBie 2.4 Design Deliverable View	▲	○	▲	同上
IFC2x3 Coordination View 2.0	▲	○	▲	同上
IFC4 Design Transfer	▲	▲	▲	----- ・建具(ファミリ)が欠落、部屋と一部のインプレイスの形状が変化していた
IFC4 Reference	▲	○	▲	・平面図のみ取り込めた。断面線や通り芯は取り込めなかった ・適切なカテゴリが無い場合、汎用カテゴリに割り当てられる ・壁、床、天井の材料情報が取り込めなかった ・インプレイス以外のオブジェクトのテキスト情報が欠落していた
Revit DXF-3d	▲	-	-	・3Dビューを対象として出力したが、1F平面図として取り込まれた ・図面は全て線分モデルで取り込まれ、3Dモデルは連携できなかった ・部材・ファミリ毎に線分モデルがグループ化されている
Revit FBX-3d	-	-	-	Archicad24では.FBXは連携対象外
<p>－ … ファイル形式が対応していないため取り込み不可 ○ … 対象となる部材・情報が全て正確に取り込めていた ▲ … 取り込んだ情報に一部欠落又は変換が確認された</p>				

本検証では、前工程から後工程に BIM データを引き継ぐワークフローの基礎検証として、各ファイル形式の出力結果を整理した。検証結果として、IFC2X3 のファイル形式が最も正確にデータを引き継げると評価した。しかし、現状では受取後、目的に応じてデータを修正する必要がある、受け取った BIM データの情報だけでは修正対応ができない項目がある。次に、連携結果から見つかった課題を下記に記載する。

- ① 通り芯や断面線などの図面に記載のある記号・線分が取り込めない
- ② 立面図及び断面図が取り込めない。
- ③ 受取側のソフトウェアに適切な部材項目が無い場合、汎用カテゴリに分類される
- ④ 一部部材項目の名称情報が引き継げない。また、材料情報、テキストについても同様

上記の課題から BIM データのみで専門工事会社等に必要な建築情報を引き継ぐことは難しく、現状では BIM データとそれを補足する情報資料が必要である。また、検証を進める中で BIM データを作成する際、形状の再現が難しい部材を異なる部材ツールで作成する代用入力をどのように引き継ぐべきかも課題となった。

このことから、前工程から後工程に BIM データを引き継ぐ際に添付すべき項目を『設計 BIM ワークフローガイドライン』に記載されている設計から施工に引き継ぐ BIM データの連携手法を参考に整理した。

- ① BIM モデルと整合性が取れている基本図面
- ② BIM のモデリング・入カールール
- ③ 代用入力で作成したオブジェクト(部材)

(4) 異なるソフトウェア間での受け渡しに適したファイル形式の選定

前述の通り、本検証では IFC2X3 のファイル形式が最も正確にデータを引き継げると評価した。しかし、IFC2X3 は出力形式ごとに IFC プロパティの項目数が異なるため、受取後の BIM 活用方法を規定しない異なるソフトウェア間での連携を想定した際にもっと適切な出力形式の検討を今後の課題とする。

表 3-5. Revit から Archicad に取り込んだ壁オブジェクトの IFC プロパティ

IFC2x3 Coordination View 2.0	IFC 2x3 GSA Concept Design BIM 2010		
IFCタイプ	IFCタイプ	ファミリー(その他)	上部の延長距離(拘束)
ARCHICAD IFC ID	ARCHICAD IFC ID	ファミリーとタイプ(その他)	上部レベル(拘束)
外部 IFC ID	外部 IFC ID	構築フェーズ	上部レベル オフセット(拘束)
GlobalId(属性)	GlobalId(属性)	アタッチ下端(拘束)	基準配置(拘束)
Name(属性)	Name(属性)	アタッチ上端(拘束)	部屋境界(拘束)
Tag(属性)	Tag(属性)	マス(拘束)	解析モデル 有効(構造)
PerdefinedType(属性)	PerdefinedType(属性)	基準レベル(拘束)	構造(構造)
Reference(Pset_WallCommon)	カテゴリ(その他)	基準レベル オフセット(拘束)	構造用途(構造)
Reference(Pset_QuantityTakeOff)	タイプ(その他)	基準高さからのオフセット(拘束)	長さ(寸法)
ExtendToStructure(Pset_WallCommon)	タイプID(その他)	指定高さ(拘束)	面積(寸法)
Reference(Pset_ReinforcementBarPitchOfWall)	Reference(Pset_WallCommon)	ExtendToStructure(Pset_WallCommon)	容積(寸法)
	Reference(Pset_QuantityTakeOff)	Reference(Pset_ReinforcementBarPitchOfWall)	

 ...上記出力設定の両方で取り込んだパラメーターを青塗りで表記

また、検証を行った IFC2X3 の出力形式は CDE (Autodesk BIM360) 上で 3D モデル及びオブジェクトの属性情報の閲覧が可能であった。このことから、立体形状の把握や距離、サイズの確認等の作業であればデータのダウンロードやビューアソフトが不要であるため、BIM データ共有の簡易化と業務効率化が期待できる。しかし、CDE で閲覧できる情報は 3D モデルを基本とした BIM データであり、CDE 上でシート展開した 2D 図面データを閲覧するためには CDE で共有するための設定が必要となる。そのため、CDE での作業を想定した出力設定及び BIM のモデリング・入カールールの整備を進める必要がある。

(5) 前工程(設計)で入力すべき属性情報の項目

前述した課題から前工程(設計)で入力すべき属性情報の項目は、異なるソフトウェア間での連携精度が高い項目であり、かつCDE上で閲覧することのできる項目である必要がある。

検証結果では、Revit2020の基本プロパティよりIFCプロパティの方が取り込み前後での情報の差異が少ないことが分かった。しかし、取り込み先のソフトによってはIFCプロパティを対象として数量集計ができない。そのため、BIM連携による効率化を図るためには、BIMデータを作成したソフトの基本プロパティとの連携精度を高めるべきである。

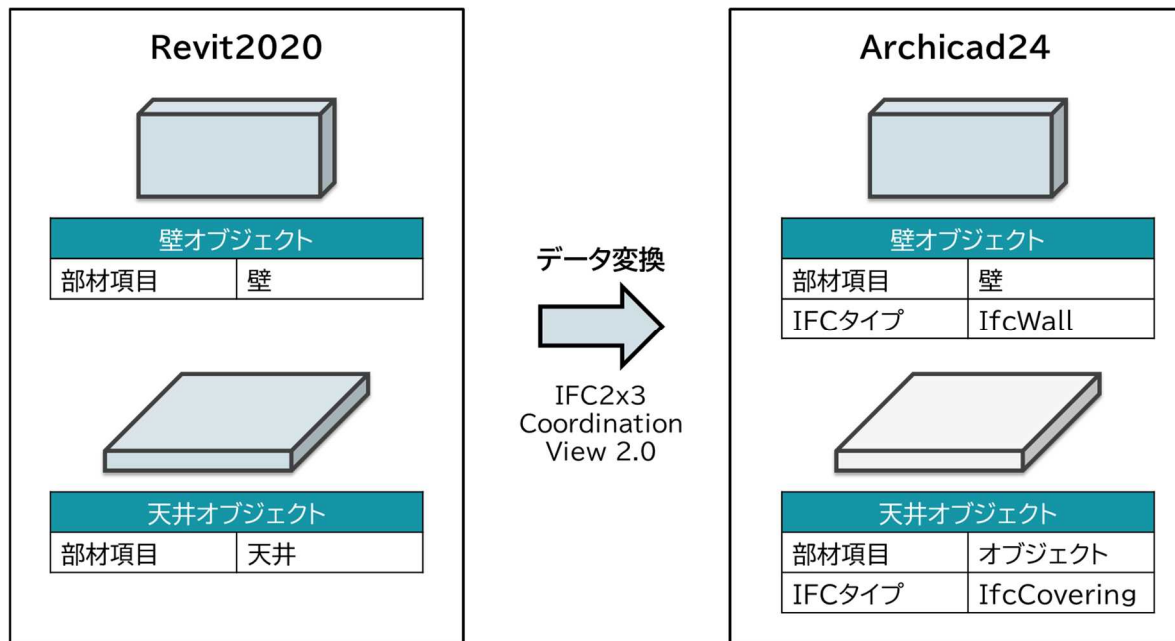


図 3-8. Revit2020 から Archicad24 に取り込んだ属性情報

(6) 専用アドインツール・コンポーネントの使用による連携精度への影響

本検証で外部データから取り込んだロード可能ファミリ(以下ファミリと呼ぶ)を使用して建具や一部部材を作成した。検証結果として、IFC4 Design Transfer の出力設定でのみファミリで作成した建具(扉)のモデル形状が変形していた。また、部屋(エリア)、インプレイスオブジェクトについてもモデル形状の変形及びオブジェクトの欠落が確認できた。

上記の結果に対し、IFC4 Reference の出力設定では、ファミリの欠落・変形等の取り込み前後での差異は確認されなかった。このことから、ファミリの欠落は一部の出力設定で発生する課題であり、IFC2X3 の出力設定で BIM データを連携する場合であればファミリの使用については問題ないと判断した。ただし、本検証では設備部材や鉄骨などのファミリの使用について検証ができていないため、今後の検証項目とする

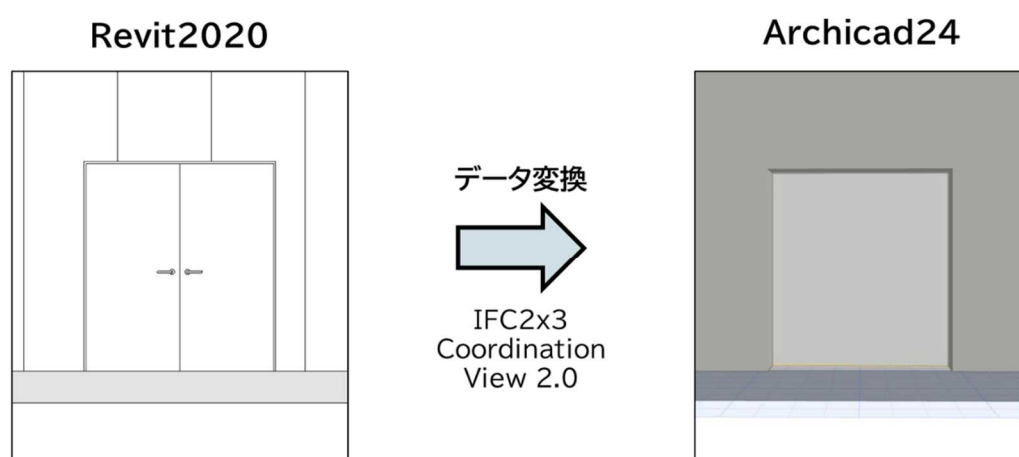


図 3-9. Revit2020 から Archicad24 に取り込んだ両開き戸のオブジェクト

4. アルゴリズムによる最適化とエビデンスの見える化手法に関する課題分析

(1) 検証背景

本プロジェクトは周辺に集合住宅が多く建つ特徴のある敷地であるため周辺環境に考慮した設計検討が重要となってくる。検討には周辺都市の 3D 都市モデルを作成する必要があるため BIM で都市モデルのボリュームを作成していくとなると負担の大きな作業となってくる。また設計検討においてシミュレーションを実施するためには建物形状と高さの精度も重要となる。そこで都市モデル作成の作業を軽減し生産性向上を目指すとともにシミュレーションによる設計検討結果（エビデンス資料）としての信頼性向上を目的として PLATEAU3D 都市モデルを活用する。

(2) 検証内容

国土交通省が推進する PLATUAE3D 都市モデルと設計 BIM モデルをアルゴリズム・デザインツールと連携させ最適解（設計案）をアルゴリズムにより複数案自動的に導き出された組み合わせの中から設計者が総合的に判断し採用できるシステムを構築し結果を見える化することでエビデンスに基づく合意形成プロセスにより得られる理解度・満足度について検証する。

(3) 検証する課題

課題① : 3D 都市モデル活用による作業の効率化

課題② : エビデンスを見える化することで得られる理解度・満足度

(4) 目標検証効果

課題① : 3D 都市モデル活用による作業の効率化

→作業時間 85%の削減

課題② : エビデンスをみる化することで得られる理解度・満足度

→理解度・満足度 75%以上

4.1 PLATEAU データ連携による作業の効率化

(1) 検証目的

都市モデルは風環境や日照・景観といったシミュレーションでの活用だけでなく企画時のプレゼンテーション資料として CG パースやアニメーションでも作成している。またサインの取り付け位置についての検討においても前面道路からの見え方や高速道路・電車からの見え方を検証するために都市モデルを活用している。しかし都市のボリュームを作成する作業は作業工数が多くそれぞれ負担が大きい。そのため PLATEAU で公開されている 3D 都市モデルを連携することで作業負担の軽減と精度の向上が期待できる。

本検証では PLATEAU の東京 3D 都市モデルを活用することで作業効率などの程度向上するのかを課題 1～3 で検証し今後の業務効率化を図る。

〔課題 1〕 PLATEAU3D 都市モデルの変換

PLATEAU の 3D 都市モデルを BIM 対応データ形式に変換して BIM に取り込むまでのワークフローを検証しその効果や課題の確認を行った。

〔課題 2〕 3D 都市モデルの属性を引き継ぐ変換

建物の使用目的等の情報も 3D 都市モデルに付属させて変換することができるかを確認する。

〔課題 3〕 ローカルサーバーにダウンロードして蓄積したデータの管理方法

BIM に携る関係者と共有することを前提にデータ管理の方法を規定した

(2) 検証方法と前提条件

業務効率化の検証にあたって、PLATEAU3D 都市モデルを連携させた手法（3D 都市モデルポータルサイトから都市モデルをダウンロードし BIM へ取り込むワークフロー[A パターン]）と BIM 内で周辺建物ボリュームを作成していく従来手法（地図アプリ等を利用し建物高さ情報を取得することで Revit のインプレイス作成によって周辺建物のボリュームを手作業で作成していくワークフロー[B パターン]）を比較し削減された作業時間から作業効率化効果を検証する。（表 1）作業効率化の検証で対象としたプロジェクトは連携手法[A パターン]の 4 件（東京 4 件、神奈川県 1 件の割合）と従来手法[B パターン]の 6 件（東京 3 件、神奈川県 1 件、岐阜県 1 件、愛知県 1 件の割合）となっている。（表 2）

表 1. 従来手法と連携手法のワークフロー



表 2. 従来手法と連携手法の対象プロジェクトの地域(従来手法：緑 連携手法：赤)

物件名	地域	取組人数	外構	作成時間	従来手法	連携手法
					都市モデル参考Web	3D都市モデル公開
	東京都江	3人	2人		Goggle Earth、ストリートビュー	○
	東京都	1人	1人		Goggle Earth、ストリートビュー	○
	東京都	1人	1人		Goggle Earth、ストリートビュー	○
	神奈川県	2人	1人		Goggle Earth、ストリートビュー	○
	岐阜県	1人	1人		Goggle Earth、ストリートビュー	×
	愛知県	1人	1人		Goggle Earth、ストリートビュー	×

従来手法と連携手法の比較検証の前提条件として連携手法でダウンロードする 3D 都市モデルは、3D 都市モデルポータルサイトで公開されている東京 23 区の CityGML データ形式とする。また変換するソフトウェアに関しては FME DEAKTOP を活用し IFC 形式に変換することで Revit (BIM) へ取り込むこととする。変換の方法については国土交通省が公開している 2 種類のサンプルデータ (CityGML を IFC に変換するデータと属性情報も変換する FME Desktop のデータ) をダウンロードし同じく公開されている「3D 都市モデルのデータ変換マニュアル」を参考に実施する。

(3) 検証の結果

[課題 1] PLATEAU3D 都市モデルの変換

① 従来手法 [B パターン]

地図アプリから高さ情報を読み取り Revit でボリウムを作成した作業時間は大まかに計測した 6 案件で平均 6.08 時間 (364 分) であった。

② 連携手法 [A パターン]

3D 都市ポータルサイトからダウンロードし Revit に取り込むまでの作業時間は計測した 4 案件で平均時間 0.79 時間 (47 分) であった。

① ②を比較すると作業時間は 5.58 時間短縮され 86.9%の省力化となった。

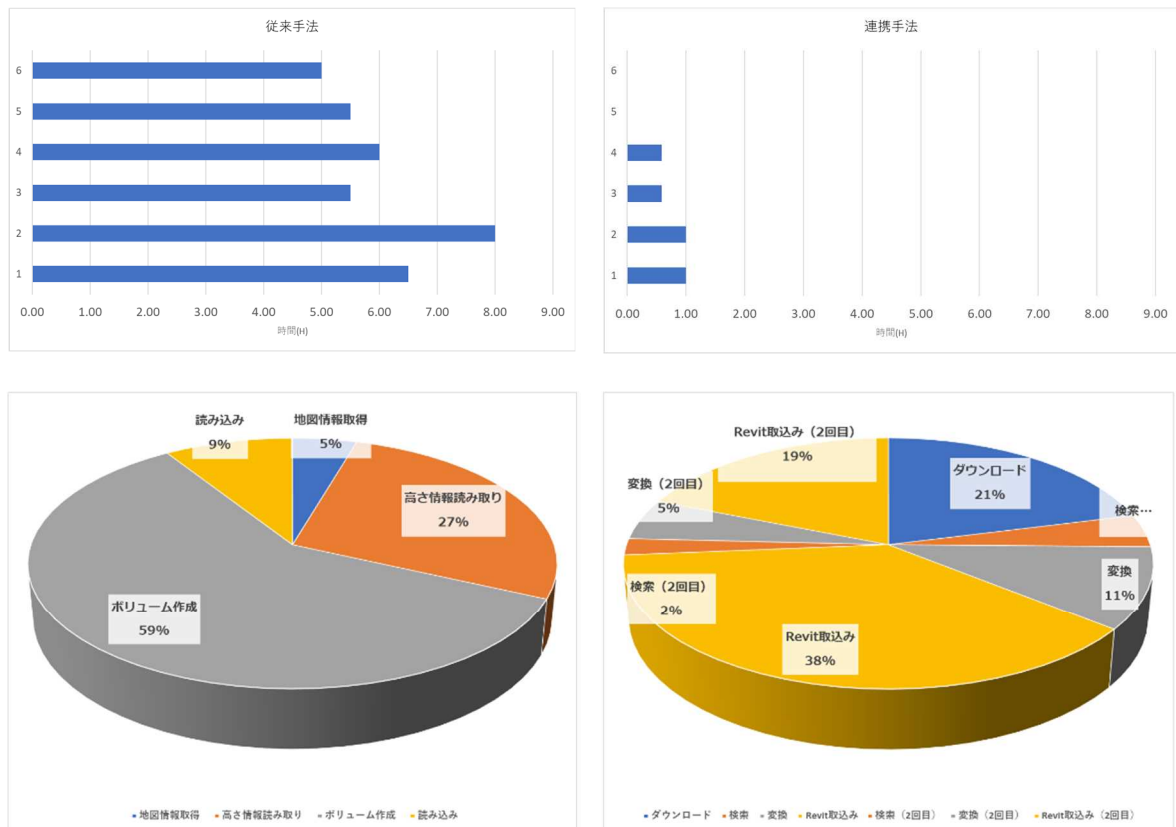


図 1. 従来手法(左)と連携手法(右)における作業時間

従来手法に対し連携手法で 86.9%省力化することができた要因としては、地図情報から高さを読みとりボリュームを作成する工程がなくなったことが非常に大きい。従来手法での高さ読み取りとボリューム作成に掛かる作業時間は 5.04 時間（302 分）で全体の 86%を占めている。ボリューム作成では高さ情報を入力する作業と線の重複等によるエラーの対処に時間を費やしていた。

[課題 2] 3D 都市モデルの属性を引き継ぐ変換

変換に使用したデータは、前提条件に記載している属性情報も変換する FME Desktop のデータを使用している。LOD1（建物形状に高さ情報を与えた箱型モデル）と LOD2（建物形状に高さや屋根形状や建物付属物等が再現されたモデル）の 3D 都市モデルの形状に関しては変換ができていた。しかし属性の引き継ぎは行われておらず Revit データの方には用途や高さといった情報は変換されていなかった。

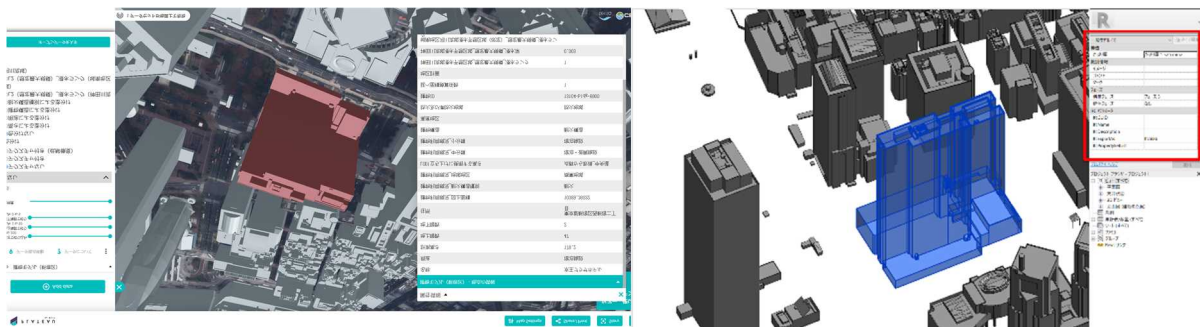


図 2. 属性引き継ぎ変換された 3D 都市モデル（左：PLATEAU 右 Revit）

[課題 3] ローカルサーバーにダウンロードして蓄積したデータの管理方法

変換した 3D 都市モデルを蓄積するために社内サーバーにフォルダを作成し BIM に携る関係者と共有することを前提にデータ管理の方法を規定した。CDE (BIM360) 上に保存し都市モデルを管理するという方法もあるが本検証では社内サーバーでの試行を試みる。本検証で規定した管理方法は BIM 関係者が計画地周辺の 3D 都市モデルを簡単に見つけ連携できるように以下の 4 つを前提にしている。

① データ検索はエクスプローラーの検索機能を活用

関係者が特別な機能を用いなくても社内サーバー上のデータ保存先を検出できるよう、「ウィンドウズ OS のエクスプローラーで名前を検索する機能」を使用することを前提とする。

② データの名前は国土地理院基盤地図情報のエリア番号で管理

周辺の道路や川等の地形を作成するには国土地理院基盤地図情報サイトから地図データを取得し CAD データに変換して BIM へ取り込んでいるため地域を検索するうえで同じエリア番号の方が利用しやすい。

③ 都市モデル(東京モデル 3 区)の範囲は 4 区画を 1 区画として整理

公開されている 3D 都市モデルは②におけるエリア範囲を更に 100 分割したエリアに分けている。その分管理する分岐データ数も多くなってしまったため 4 区画を 1 区画に整理し 1 エリアの分割数を 25 に整理する。

④ 保管のデータ形式は IFC

保存するデータ形式は IFC とし今後都市モデルが更新された場合はデータを置き換えていくことで都市モデルを最新の状態に保つことを想定する。

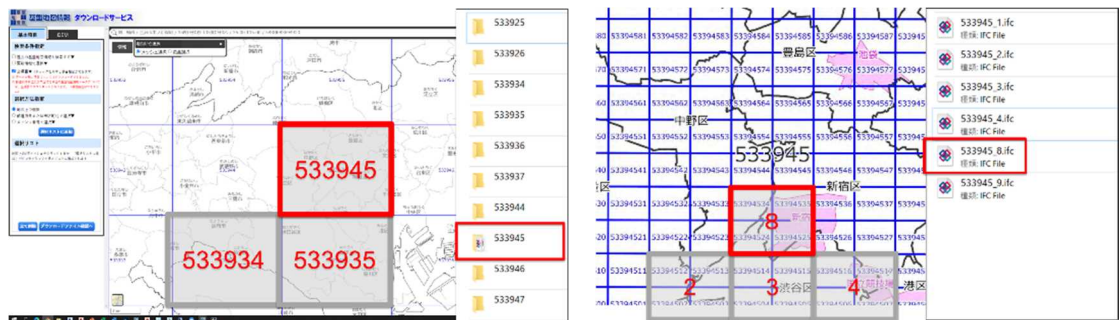


図 3. ②: エリア番号での管理 (左) ③: 4 区画を 1 区画として整理

(4) 試行錯誤した点や当初の目論見から外れた点とそこから解決に至った過程

当初 3D 都市モデルを変換し BIM に連携することはサンプルデータや変換マニュアルが配布されていたため、簡単に行えると考えていた。結果的には都市モデルの形状に関しては変換することができるようになっているが検証過程で以下の問題が起きた。

① 3D 都市モデル変換のエラー

サンプルデータと変換マニュアルを用いて変換を行ったが、最初は正常に変換することができなかった。原因は CityGML を変換する際に設定されている「i-UR1.4」が名前空間及び XMLSchema ファイ

ルの所在が変更されたことに伴い、「i-UR1.5」に改定されていたことが原因であった。そのため、サンプルデータでリンクされていた URL のリンク切れ変換エラーが発生した。



```
48 FME Configuration: Current working folder is 'C:\Users\123040\AppData\Local\Temp\wb_template_163971893476_5668'
49 FME Configuration: Temporary folder is 'C:\Users\123040\AppData\Local\Temp\wbrun_163971796546_5668\fmtemp_3', set from environment variable 'FME_TEMP'
50 FME Configuration: Cache folder is 'C:\Users\123040\AppData\Local\Temp'
51 FME Configuration: FME_HOME is 'C:\Program Files\FME'
52 FME Configuration: Start freeing memory when the process exceeds 95.13 GB
53 FME Configuration: Stop freeing memory when the process is below 71.34 GB
54 Creating writer for format:
55 Creating reader for format:
56 MULTI_READER (MULTI_READER): Will fail with first member reader failure
57 MULTI_READER (MULTI_READER): Adding CITYGM: Reader with keyword CITYGM_1
58 MULTI_READER (MULTI_READER): Adding CITYGM: Reader with keyword CITYGM_2
59 Using Multi Reader with keyword 'MULTI_READER' to read multiple datasets
60 Creating reader for format: COC CityGM
61 Trying to find a DDMRT plugin for reader named 'CITYGM'
62 Loaded module 'CITYGM' from file 'C:\Program Files\FME\plugins\CITYGM.dll'
63 FME 32F version of module 'CITYGM' matches current internal version (3.2 20210302)
64 Opening the CITYGM reader with source datasets 'S:\07_02_研究開発\委員会\11_国土交通省BIM連携事業\2021年度V1-10_事業\国土交通省_提出\最終\各種証資料\北\PLATEAU3D変換\CityGM\533925_2 (1)\bldg\53392546_bldg_6697_op2.gml'
65 Parsing XML document 'S:\07_02_研究開発\委員会\11_国土交通省BIM連携事業\2021年度V1-10_事業\国土交通省_提出\最終\各種証資料\北\PLATEAU3D変換\CityGM\533925_2 (1)\bldg\53392546_bldg_6697_op2.gml'
66 The uri-map document 'C:\Program Files\FME\uri\urimap\uri_map.xml' is being used to map from URI to URI
67 The uri-map document 'C:\Program Files\FME\uri\urimap\uri_inspire.xml' is being used to map from URI to URI
68 The uri-map document 'C:\Program Files\FME\uri\urimap\uri_jal.xml' is being used to map from URI to URI
69 The uri-map document 'C:\Program Files\FME\uri\urimap\uri_inspire.xml' is being used to map from URI to URI
70 The uri-map document 'C:\Program Files\FME\uri\urimap\uri_citygm.xml' is being used to map from URI to URI
71 URI 'http://www.kantei.go.jp/jp/singi/siki/tochikaisai/tochikaisai/ur/achemas/uro/1.4/urban03ect.xsd' mapped to 'http://www.kantei.go.jp/jp/singi/siki/tochikaisai/tochikaisai/ur/achemas/uro/1.4/urban03ect.xsd'
72 [!]: HTTP transfer error: Timeout was reached
73 [!] Please ensure that your network connection is properly set up
74 [!]: No proxy settings have been entered. If you require a proxy to access external URIs, please ensure the appropriate information has been entered
75 A fatal error has occurred. Check the logfile above for details
76 Translation FAILED with 4 error(s) and 0 warning(s) (0 feature(s) output)
77 FME Session Duration: 59.2 seconds. (CPU: 0.2s user, 2.2s system)
78 END * ProcessID: 13928, peak process memory usage: 4218 KB, current process memory usage: 60888 KB
79 A fatal error has occurred. Check the logfile above for details
80 Program Terminating
81 Translation FAILED.
```

図 4. 変換エラーが起きた際の画面キャプチャ

変換エラーの原因を探ったがどのように変換されているのかサンプルデータを調べても自社独自では分からなかった。そのためサンプルデータの配布先に変換エラーが起きる原因について問い合わせをしたところ原因と解決方法が判明した。

② 建物情報の引き継ぎの未変換

属性情報を変換するサンプルデータと変換マニュアルを用いて実施したが形状のみ変換され属性情報についてはどのような形で変換されているのか不明であった。当初は階数や用途などの情報が図 2 (前頁) の IFC パラメータの中に情報が組み込まれてくるのかと考えていた。原因を調査したが①の変換エラー同様原因については現時点でも特定できていない。原因については現在問い合わせ中である。

(5) 当初期待した効果の目標と結果が異なった場合や検証過程で支障が生じた場合その要因の分析結果と解決策

当初サンプルデータや変換マニュアルが配布されていたため、簡単に変換が可能だと考えていた。しかしエラーが発生した際の対応や属性情報の変換の応用など自社独自で行っていくとなると専門的な知識が必要となると考えられるため PLATEAU3D 都市モデルとのデータ連携を一般に普及させていくには変換するためのマニュアルの充実やサポート体制等を整備していく必要があると考えられる。

4.2 エビデンスを見える化することで得られる理解度・満足度

(1) 検証目的

設計者は設計意図やコスト・環境配慮などについて多角的に分析しその結果を発注者等に説明する必要があるため自社設計案件では全てのプロジェクトで BIM モデルを作成し検証等を実施している。発注者等と協議する際には BIM モデルや CG パース・パノラマ等を合意形成ツールとしても活用している。特に意匠等を詳細に協議していく場合はタイムリーに BIM モデルを更新しながら CG パース・アニメーション

ンなどで見える化し発注者との合意形成を行っている。また建物形態などの設計検討においてシミュレーションした結果とその過程を見える化し発注者等と情報共有することでより効率的な合意形成手法となることが期待できる。

そこで国土交通省が推進する PLATUAE3D 都市モデルと設計 BIM モデルをアルゴリズムック・デザインツール (Rhinceros+Grasshopper) と連携させ、アルゴリズムにより自動的に導き出された組み合わせの中から設計者が総合的に判断し最適解 (設計案) を採用できるシステムを構築しシミュレーション結果を見える化することでエビデンスに基づく合意形成プロセスにより得られる理解度・満足度について検証し設計プロセスの中での合意形成の向上を図る。

[課題 1] Revit (BIM) と Rhinceros & Grasshopper の連携方法

今後の活用も踏まえて BIM モデルとダイレクトに連携させ分析対象の要素を容易に取得できるように BIM モデル作成におけるルールを設定する。

[課題 2] エビデンスを見える化する手法

アルゴリズムック・デザインツール (Grasshopper) によって視線や太陽光の反射・日照のシミュレーションシステムを構築しビジュアル化する。

[課題 3] 理解度・満足度のアンケート/ヒアリングによる意見

エビデンスを見える化することによってどの程度理解できたのか又満足できたのかを発注者にアンケートとヒアリングを実施する。

(2) 検証方法と前提条件

エビデンスの見える化による理解度・満足度の検証にあたって設計 BIM モデルは Revit で作成する。アルゴリズムック・デザインツール (Grasshopper) との連携では Rhino inside Revit (Revit のプラグインツール: Revit 上で Rhinceros と Grasshopper を起動する) を使用し Grasshopper のプラグインツールとして LB+HB (Ladybug+Honeybee) を活用する。またシミュレーションを実施する項目と方法については以下の項目に記す。

シミュレーションを実施する前提として本プロジェクトの敷地周辺には集合住宅が点在しておりプライバシーの確保や景観への配慮・環境への配慮などを考慮する必要があり PLATEAU3D 都市モデルを活用してシミュレーションを実施する。

① 風解析

計画敷地周辺の一区画において PLATEAU3D 都市モデルを利用して風解析を実施し計画建物建築前と後で風環境に大きな影響が生じるのかを検証する。検証で使用する風環境解析ソフトウェアは「WindPerfect」を使用した。

② 太陽光パネルの反射光シミュレーション

屋上に太陽光パネルを設置した場合において太陽光パネルに反射した太陽光がどのように反

射していくのかを検証する。検証する時期は春分（秋分）・夏至・冬至の日の出・入りから1時間おきの反射光をシミュレーションし、最も影響の大きい西日に関しては15分おきに実施した。これらの反射光のシミュレーションでは「Rhincerosse+Grasshopper」を使用し解析システムの構築を行った。また反射光の影響を受ける集合住宅から計画建物方向を見た際のアニメーションはLumionを使用し作成した。

③ 視線シミュレーション

外装ルーバーの「本数」「角度」「間隔」配置検討において検証する居室から窓に対しての視線を想定し窓に映る景観特性を数値化・グラフ化して向かい側にある集合住宅へ抜ける視線を可視化することでどの部分からの抜けが大きいのかを確認する。また向かい側にある集合住宅の人の出入りのある面（バルコニーや窓）に対して視線数が最小になる外装ルーバーの配置パターンを検討した。これらの視線シミュレーションは②と同様に「RThinocerosse+Grasshopper」を使用した。

④ 日照シミュレーション

外装ルーバーの「配置」「間隔」「本数」が概ね決定したところで角度によって西日の入り具合についての検証を行った。検証する時期については②と同様で春分（秋分）・夏至・冬至の日の出・入りと15時から日の入りまでをシミュレーションし意匠性と西日を最も遮ることのできる配置方法の検証を実施した。これらの日照シミュレーションも前項目と同等に「RThinocerosse+Grasshopper」を使用した。

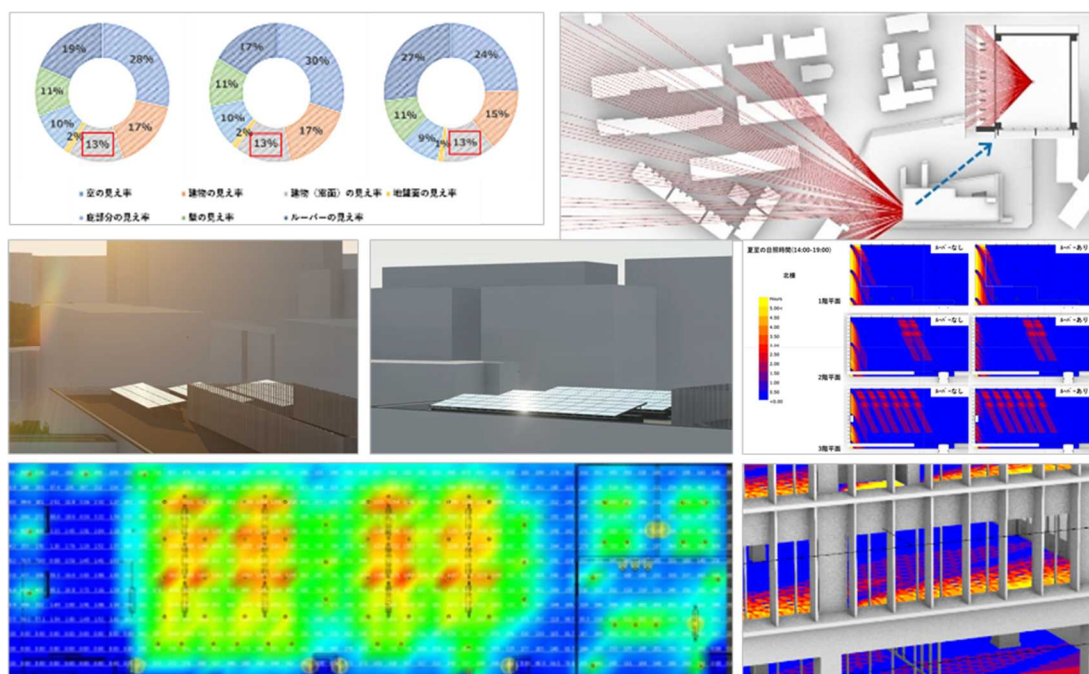


図 5. WindPerfect Rhincerosse+Grasshopper Lumion での見える化

以上のシミュレーション項目を見える化し発注者との協議で活用していく。

本プロジェクトが着工した段階で発注者に対してアンケート/ヒアリングを実施する。アンケートは

CDE (BIM360) にアップロードし関係者と共有し集計する。

(3) 検証の結果

「課題 1」 Revit (BIM) と Rhinoceros & Grasshopper の連携方法

今後の Revit と Grasshopper の連携によるシミュレーションや意匠デザインへの展開を目的として BIM モデルの作成方法について社内におけるルールを検討した。モデル作成方法を統一することで BIM モデルと連携することでシームレスに解析システムの構築とシミュレーションができるよう Grasshopper を起動すると対象の床・壁・天井等の BIM モデルを自動的に検出する仕組みを作成した。

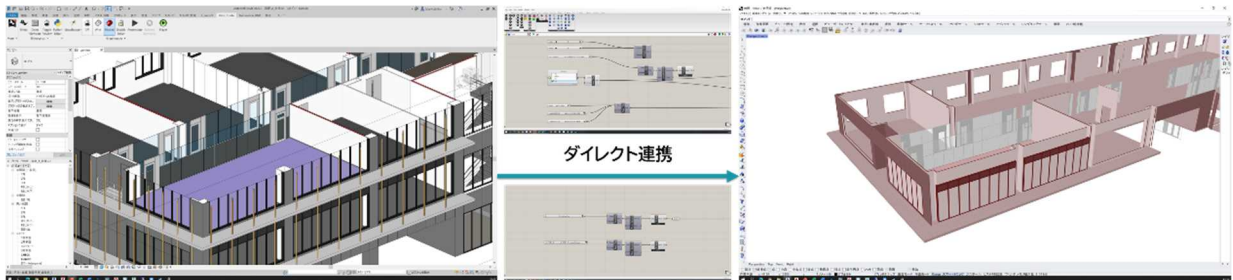


図 6. Grasshopper で対象のモデルをダイレクトに検出

本検証では床・壁・窓についての連携のためのルールを検討している。Revit と Grasshopper のダイレクト連携ではファミリーの名前で連携させる方式を採用している。ファミリーの名前については以下の様に仮で規定した。

- ・ 解析対象の床（検証する床[対象エリア]の範囲）： AnaylsisFloor
- ・ 解析対象の窓（視線の抜けを検証する窓）： AnaylsisWindow

解析する窓についてはカーテンウォールを代用する。

窓ファミリーではなくカーテンウォールファミリーを用いることで Grasshopper と連携し高さや幅のパラメータを変数にし、コンピューターによる配置や大きさの自動化へと発展させることを目的に規定している。

- ・ 解析対象の壁（今回の検証では全ての壁を対象としている）： AnaylWall

「課題 2」 エビデンスを見える化する手法

本検証で解析・シミュレーションした結果については以下の通りとなった。

① 風解析

都市モデルは PLATEAU3D 都市モデルを活用し地盤については国土地理院基盤地図情報数値標高モデルを取り込み解析した。16 方向の気流シミュレーションを建築前後のモデルに対して行い得られた地点ごとの風速比にワイブル係数を考慮した統計的処理を加え、ランク評価を行った。

評価では現在最も一般的に用いられている村上評価方式を採用している。ランク評価は計画建築物敷地周辺道路部分に 12 か所に評価点を設定して行っている。

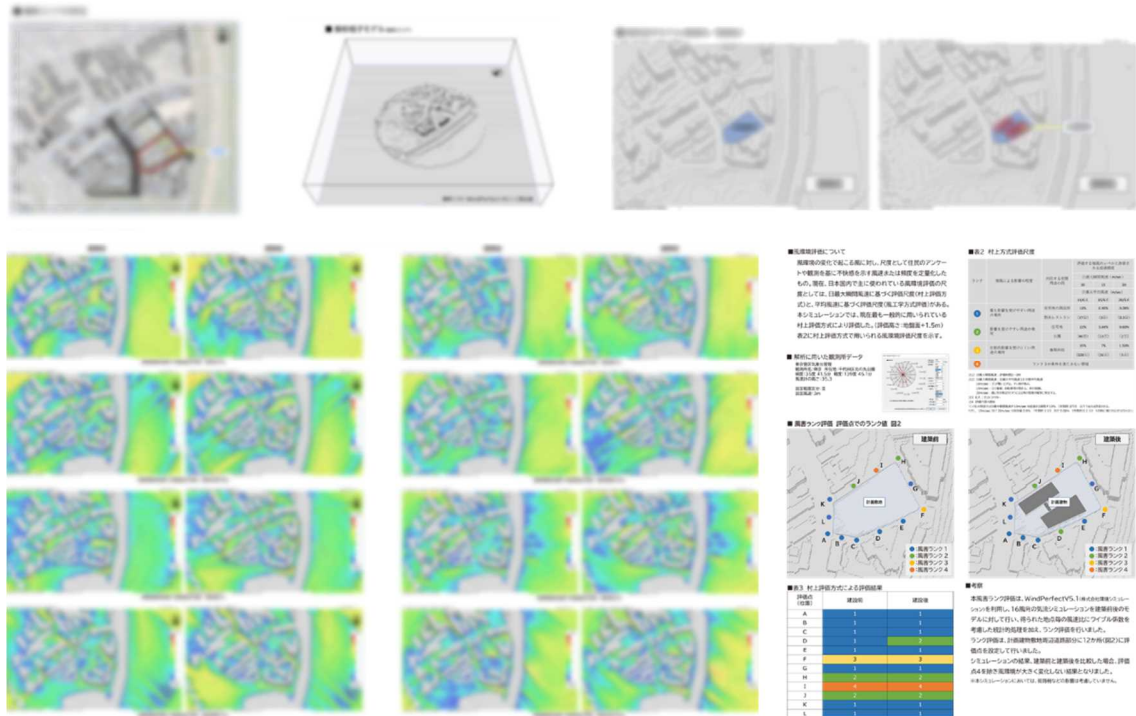


図 7. 都市モデルと WindPerfect を利用した風解析シミュレーション

② 太陽光パネルの反射光シミュレーション

都市モデルには PLATEAU3D 都市モデルを取り込み屋上に設置した太陽光発電パネルに反射する太陽光の反射シミュレーションを春分（秋分）・夏至・冬至の日の出・入りからの 1 時間おきの反射光と部分的に 15 分おきに実施した。

シミュレーションの結果夕方 15 時頃から年間を通して計画建築物の東側に建つ集合住宅に対して反射光の影響があることがわかった。また何時頃から影響が出始めどの程度の範囲に影響があるのかを説明するために反射光軌跡のコマ送り動画を作成し、反射光の影響を受ける集合住宅から計画建物方向を見た際のアニメーションも作成した。太陽光パネルの設置については今回見送られたが将来的に設置を検討する場合は周辺の集合住宅への光害問題を検討しなければならないことが今回の検証で発注者と共有することができた。

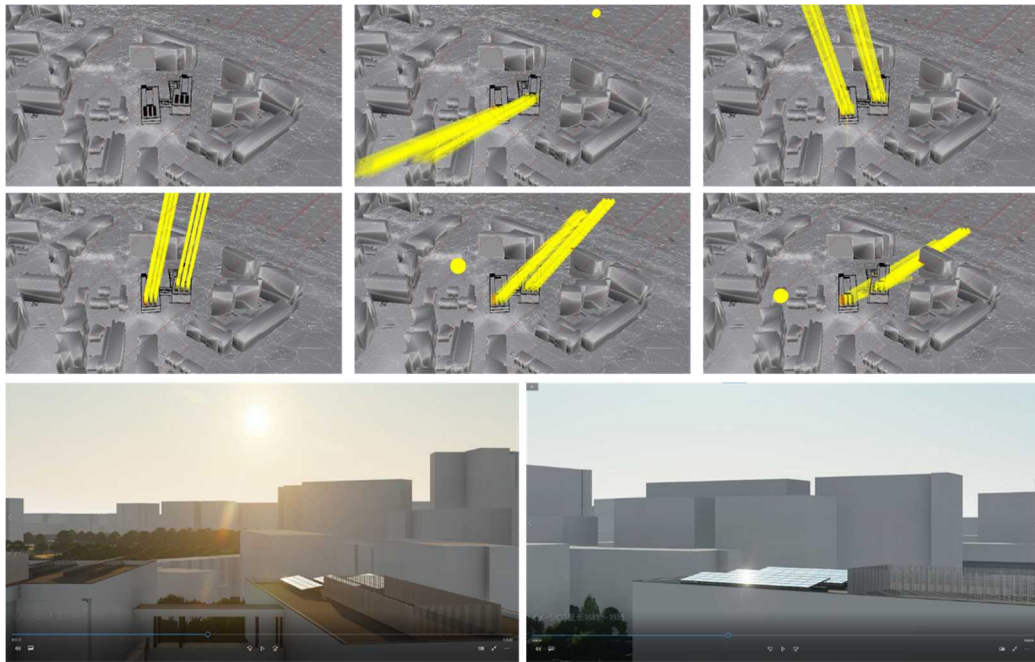


図 8. 太陽光の反射光シミュレーションとアニメーション

③ 視線シミュレーション

視線シミュレーションでは検証する居室で数カ所ポイントを算定し目線高さ (FL+1600mm) から放射状に線ベクトル (仮想の視線) を再現した。その中でも窓面を通過する視線のみを抽出し線ベクトルの衝突先の要素毎に分別・数値化することで割合を算定した。また分別した要素と割合をエクセルに出力する。これら一連の流れのシステムは Grasshopper を用いて構築した。

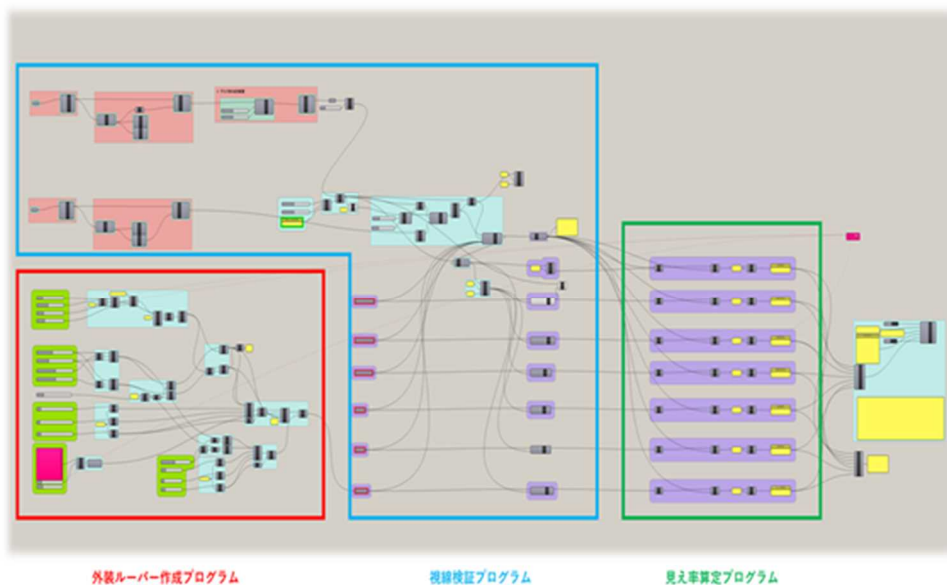
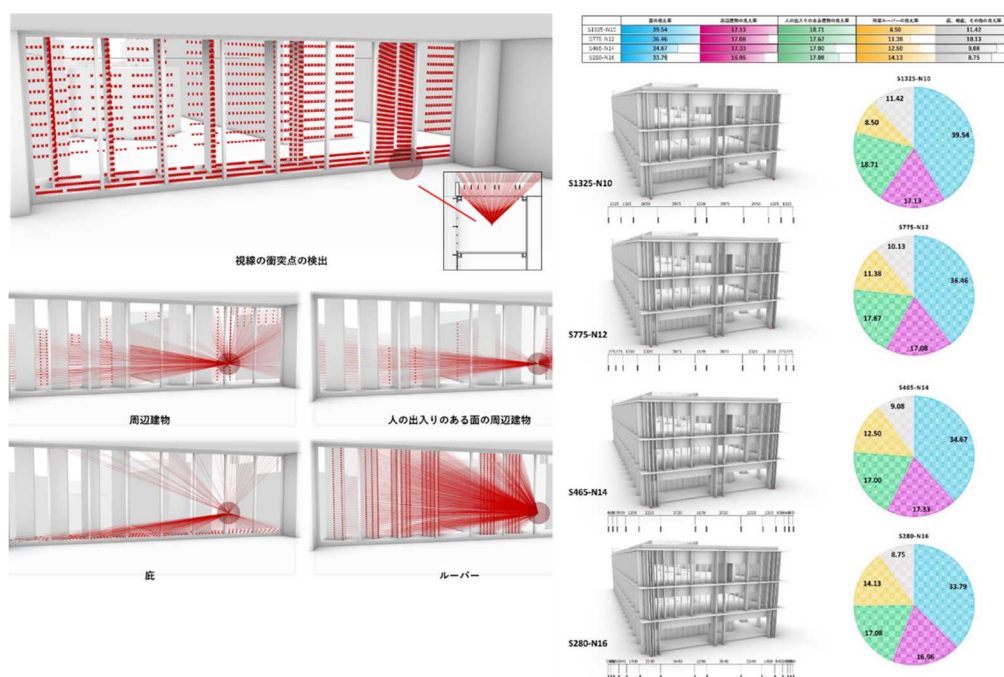


図 9. Grasshopper を用いた視線シミュレーションのノード

本プロジェクトでの検証では意匠設計者と外装ルーバーの配置方法について協議し、「本数」

「角度」「間隔」のパターンを変化させたアルゴリズムを作成している。このシステムにより外装ルーバーの配置検討における作業負担については大幅に軽減され、配置パターン毎の特性もビジュアル的・定量的にも検討することができるようになった。定量的な検証は実施していないが「パターン検討→BIMに反映→ビジュアル化」の一連の流れでは数パターンから数十パターンの検証にとどまり期間的にも限界があった。それに対しアルゴリズムにより導き出される組み合わせでは数十パターンから数百パターン検証できパラメータの条件によっては数千パターンを短期間で検証することができる。本プロジェクトではアルゴリズムによるパターン検証を実施したが最終的な配置案は意匠設計者と発注者との総合的な判断により決定された。



④ 日照シミュレーション

外装ルーバーの配置間隔と本数が決定した後、西日の入り具合について春分（秋分）・夏至・冬至の日の出・入りと 15 時から日の入りまでをシミュレーションし意匠性と西日を最も遮ることができる配置角度の検討を実施した。検討した角度は壁面に対して垂直（角度 0 度）から壁面に対して並行（角度 90 度）まで 5 度単位で検証を行った。また 0 度に対して時計回り（+）と反時計回り（-）の 2 パターンも検証している。シミュレーションを実施した結果西日の入り具合と意匠性を考慮し、意匠設計者と発注者の総合的な判断により外装ルーバーの角度 45 度（-）に決定された。

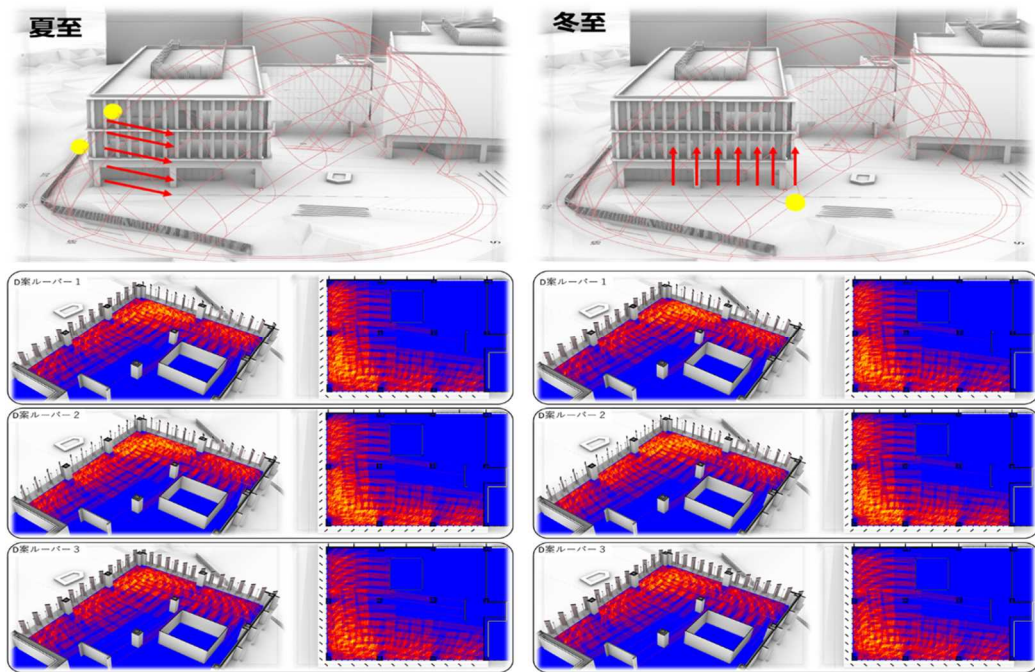


図 11. Grasshopper を用いた日照シミュレーション

「課題 3」理解度・満足度のアンケート/ヒアリングによる意見

工事が着工した段階において発注者に対して理解度・満足度についてのアンケート/ヒアリングを実施した。アンケート項目と結果を下記に記す。

[1] 理解度

- ① 太陽光パネル設置による近隣住宅への影響についての理解度
- ② 外装ルーバーによる外の見え方や日照についての理解度
- ③ 計画建物建築後における敷地周辺風環境への影響について理解度

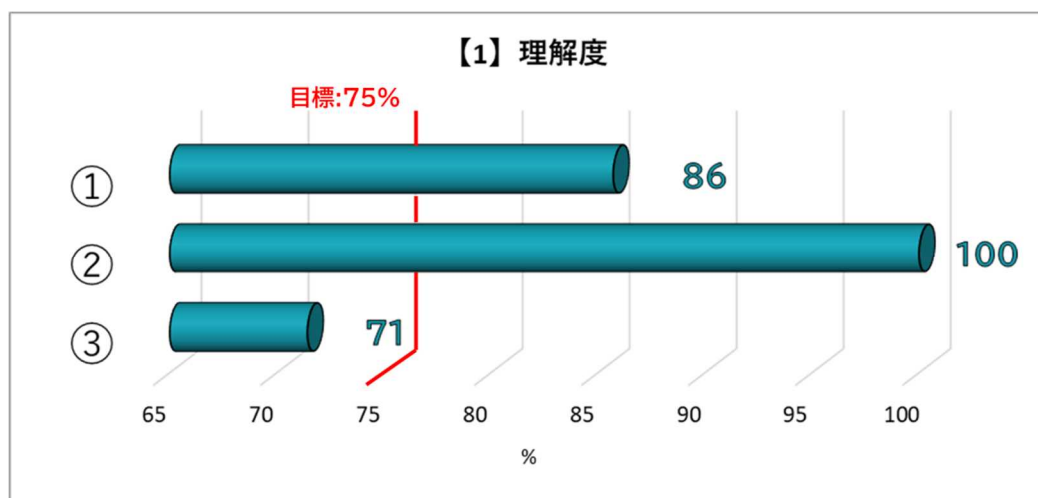


図 12. [1] 理解度についてのアンケート結果

[2] 満足度（評価）

- ① 太陽光パネルによる反射光シミュレーションによる配置検討への評価
- ② プライバシーや景観の見え方、日照シミュレーションによる設計検討への評価
- ③ 近隣住民や関係者への説明材料への評価

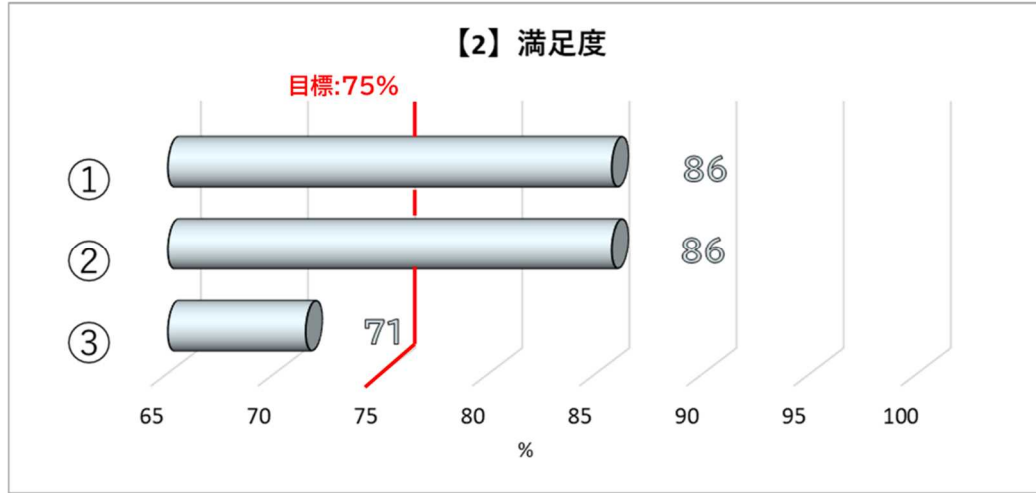


図 13. 【2】満足度についてのアンケート結果

[3] その他（意見や改良点[理解度/満足度についてのヒアリング含む]）

【1】理解度	
1	季節ごとの反射光軌跡を見える化し、アニメーションでどのように見えるのかを閲覧することでどの 範囲 に影響が出てくるのかを 把握 することが出来た。
2	西日の入り具合 が非常にわかりやすかった。特に、西面においては集中して学習する場を設置しているため、ロールカーテンやブラインド等の 検討も必要 になってくることが分かった。
【2】満足度	
1	近隣住民への説明が必要となってくるため、太陽光パネルの反射光の影響のあるお宅からどのような見え方になるのかアニメーションとして見せる必要があると感じた。
2	本案件が始まった 初期よりデザインと機能性を同時に検討 しながら進めることが出来ると良かったと思う。
3	建築について詳しくない人や仕様によってどのような影響が考えられるのかイメージの難しい内容を視覚的に検討することが出来ることは分かりやすく良かった。
【3】その他	
1	ルーバー等を配置した場合の室内から見える割合だけではなく、どのように見えるかを CG や パノラマ 、 VR など映像と一緒に検討できればより分かりやすくなると思う。
2	日照シミュレーションだけではなく、内部検討を行うにあたり 照明についても連動 せることで、照度など部屋の明るさを確認したり検証出来たりすると、今後の計画がしやすくなるのではないかと。

図 14. アンケート/ヒアリングで回答のあった所感と意見（理解度・満足度含む）

アンケート/ヒアリングから全体的に評価を得ることができ目標数値も概ね達成できている。しかし

理解度・満足度ともに③風解析についての項目については目標 75%を達成できていない。理解度・満足度ともに 71% (5/7 段階中)にとどまった。

またヒアリングではこのような取り組みを計画初期段階から取り組むことができれば効果が大きいのではないかという意見があがった。本プロジェクトでのアルゴリズム・デザインツールを活用した検討は基本・実施設計段階で行ったため、コストや他の関連会社との兼ね合いもあり最終的には総合的な判断からデザインを決めることとなった。そのため計画初期から取り組むことができればそれらを前提として基本・実施設計段階に入っていくことができるのではないかと考えられる。

(4) 試行錯誤した点や当初の想定から外れた点とそこから解決に至った過程

① 設計者が簡潔にシミュレーションを実施できることを前提に改良

設計施工案件については企画から BIM モデルを作成するプロジェクトは多い。そのためプロジェクトごとにシステムを構築させていくのではなく幅広く対応することを前提とし、基礎システムを基にプロジェクトごとに適応した応用システムへと発展させていく方針でいる。そのため基礎システムで完結するような検討であればシステム構築者の手を借りずに検討できるようにシステム構築に取り組んでいる。

Revit では[課題 1]で指定したファミリーで作成し Rhino inside Revit で所定のデータを読みこむことで指定ファミリーを自動で読み取りシミュレーションする範囲を割り当てられるよう改良した。

(5) 当初期待した効果の目標と結果が異なった場合や検証過程で支障が生じた場合の要因分析結果と解決策

① アンケートでの理解度・満足度（風環境シミュレーション）について

理解度・満足度共に③風解析についての項目については目標に届かなかった。71% (5/7 段階中)にとどまった要因としては反射光の軌跡のビジュアル化・視線のビジュアル化・日照分布のビジュアル化等の変化がわかりやすいのに対して風分布の変化というのは何がどのように変化しているのかビジュアル的に読み取りにくいのではないかと考えられる。特に今回の風解析のシミュレーションでは風環境が大きく変化しない結果であったため理解度・満足度共に想定していた効果に届かなかったのではないかと考えられる。

今回のように風環境の変化が見られない場合による理解度・満足度の低下については対応が困難であるがビジュアル化に要因がある場合は「WindPerfect」に備わっている VR 機能やアニメーション表示機能によりわかりやすさを改善していくことができるのではないかと考えている。近隣説明での使用目的であれば VR による風解析シミュレーションは不向きではあるがアニメーション表示であればビジュアル的にも適しているのではないかと考える。

② アルゴリズム・デザインツールによる外装ルーバーの配置検討について

最終的な配置案は意匠設計者と発注者との総合的な判断により決定された。アルゴリズム・デザインツールを用いて検討した案をベースとしてデザイン推敲が行われたが結果としてシミュ

レーションで得られたデザイン案をすべて採用することはできなかった。その要因としてはデザイン性やコストなど様々な要因が挙げられる。アルゴリズム・デザインツールを活用した検討は基本・実施設計段階で行ったため関連会社の参画やコスト等の縛りによる制限も厳しかった。

そのためコストや関連会社が決定する前の計画初期（＜S0 企画＞～＜S1 基本計画＞）段階からアルゴリズム・デザインツール等を活用した質の高いデザイン検討を数多く実施することによる合意形成が効果的ではないかと考えられる。ヒアリングによる意見の中にも計画初期よりデザイン性と機能性を同時に検討していけると良かったという意見があり発注者目線から考えても初期段階からの検討は効果的なものであると考えられる。

5. 本検証結果から導き出されるたより発展的に BIM を活用するための今後の課題

デジタルトランスフォーメーションの浸透とともに CDE を活用した指摘事項等の協議はメールを使用しない新たなコミュニケーションプロセスとして有効でありその普及と発展が期待される。

また B 工事 C 工事を見据えた BIM モデル仕様を定義することで次工程の企業に対する BIM データの提供（共有）をシームレスに行うことが可能となり業界全体の生産性向上につながる。

アンケート/ヒアリング結果からアルゴリズム・デザインツールを活用した発注者との合意形成による手法は初期段階（＜S0 企画＞～＜S1 基本計画＞）から実施していくことが望ましい。そのために基本的なシステムの整備や企画・基本計画から実施していくための設計プロセスの検討が必要である。またシステムを整備するための技術者の育成も必要である。その他に CG パースやアニメーション・パノラマ・xR といった映像による検討も同時に行えれば合意形成に大きく寄与するのではないかという意見があった。映像による検討は BIM モデルよりもビジュアル的に検討しやすい。そのため BIM モデルと連携できるリアルタイムレンダリングソフト等の活用は非常に大きな効果があると考えられる。発注者と同じ映像を見ながら BIM モデルを操作し合意形成を図っていくことやクラウドを活用しリアルタイムに BIM モデルを共有し合意形成を図る方法は非常に有効な活用法であると考えられる。そのためには初期段階＜S0 企画＞から発注者が積極的に設計に参加するプロセスを発注者や関係者に提案していく必要がある。

6. 参考資料

閲覧資料

3D 都市モデルのデータ変換マニュアル：

https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau_doc_0007_ver01.pdf

使用データ：

PLATEAU3D 都市モデル：<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/plateau-tokyo23ku-citygml-2020>

FME サンプルワークスペースファイル：

<https://github.com/Project-PLATEAU/Data-Conversion-Manual-for-3D-City-Model>

令和3年度

クラウドコンピューティングを活用したプロジェクト関係者間におけるB、C工事も想定したBIM
データ連携およびコンピューテーショナルデザインとスペースマネージメントに関する取り組み

課題検証項目(中間時)

(検証A) プロジェクト関係者によるBIMモデルの共有手法の検証

Page:3~10

(検証B) PLATEAU3D都市データ連携による生産性向上に向けた検証

Page:11~26

最終報告書 令和4年3月4日

東洋建設株式会社

Autodesk® Revit®
Autodesk® AutoCAD®
Autodesk® 3DSMAX®
Rhinoceros®
FME: Safe Software Inc. (カナダ) 登録商標
A&A® Vectorworks2020®
Graphisoft社® Archicad24®

検証・課題分析等の全体概要

【目的】

・情報共有/連携による生産性向上、正確なエビデンスによる説明、竣工後の部屋運用が見える化することによる効果と課題を検証する。

【実施概要】

- ・発注者を含むさまざまなプロジェクト関係者とのタイムリーな情報共有および利活用のためのワークフローについて検証する。
- ・アルゴリズム・デザイン、PLATEAUデータ活用による作業工数削減とアカウントビリティの向上効果について検証する。
- ・竣工後の各部屋の運用を効率的に実施できるスペースマネージメント手法について発注者とともに検証する。

検証の対象

標準ワークフローのパターン：④

【業務内容】

※青色部分が検証対象



【データ受渡】

※青色部分が検証対象

※記載文字は実施主体を示す



検証する定量的な効果とその目標

- 検証A) クラウドサーバー上で発注者を含むプロジェクト関係者が効率的にBIMデータを共有するワークフロー/アクセス権限等の整備⇒効率化による時間の削減20%
- 検証B) コンピューショナルデザインを活用し、結果が見える化、発注者および近隣住民の理解度、満足度向上⇒満足度75%以上（ヒアリング/アンケート）
- 検証C) 竣工後の施設利用段階における各部屋のスペースマネージメントの見える化⇒満足度75%以上（ヒアリング/アンケート）

プロジェクト概要

プロジェクト区分：新築
 検証区分：新規
 発注者の役割：所有者
 用途：大学
 階数：地上4階
 延床面積：約10,000㎡
 構造種別：鉄骨造、一部RC造

分析する課題

- 課題A) 設計段階におけるプロジェクト関係者によるBIMモデルの効率的な共有・統合プロセスの検証および指摘事項を伴う最新BIMモデル維持更新ワークフロー構築に関する課題分析
- 検証B) アルゴリズムによる最適化とエビデンスの見える化手法に関する課題分析
- 検証C) BIMモデルを活用したスペースマネージメント手法に関する課題分析

応募者の概要

代表応募者：東洋建設株式会社
 共同応募者：-
 提案者の役割：設計者・施工者

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（パートナー事業者型）

(検証A)

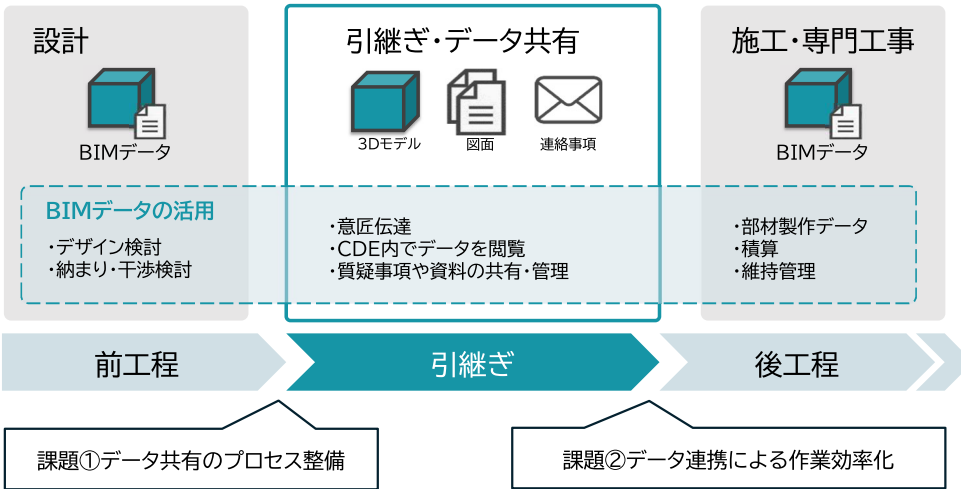
プロジェクト関係者によるBIMモデルの共有手法の検証

課題①CDE(共通データ環境)を活用したBIMデータ共有のワークフロー

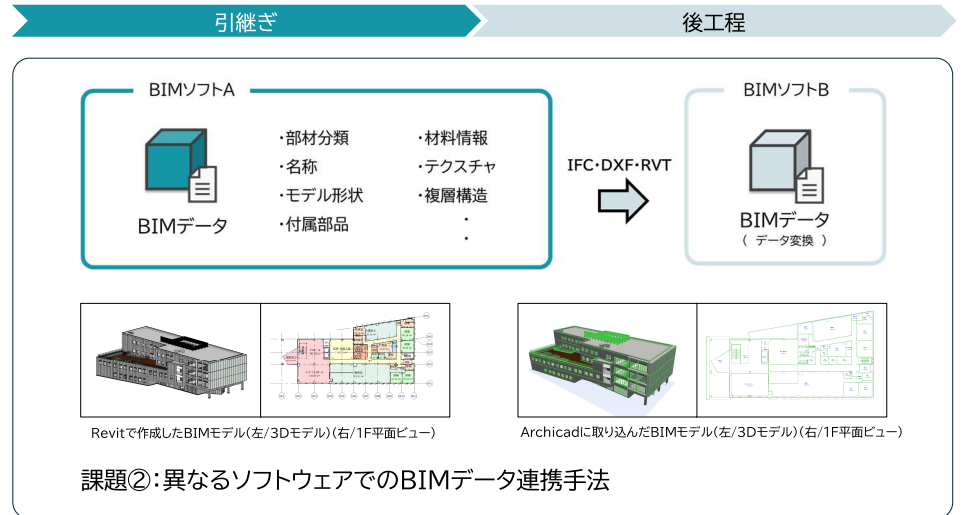
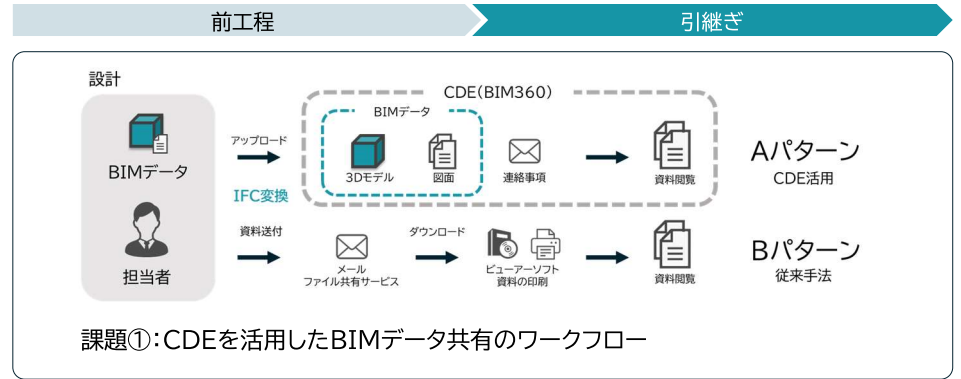
課題②異なるソフトウェアでのBIMデータ連携手法

検証A: B・C工事も想定したBIMデータ連携に関する検証課題

想定するBIMデータの運用

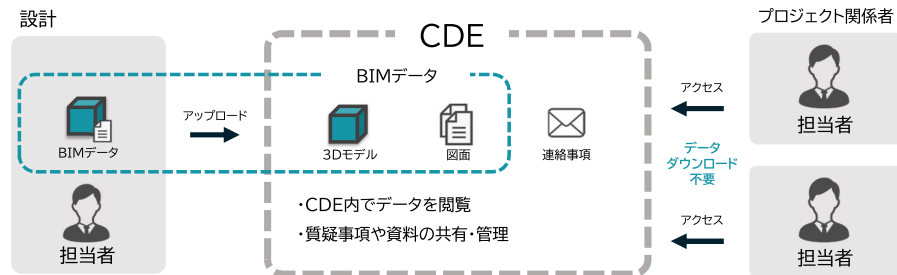


各工程における検証課題

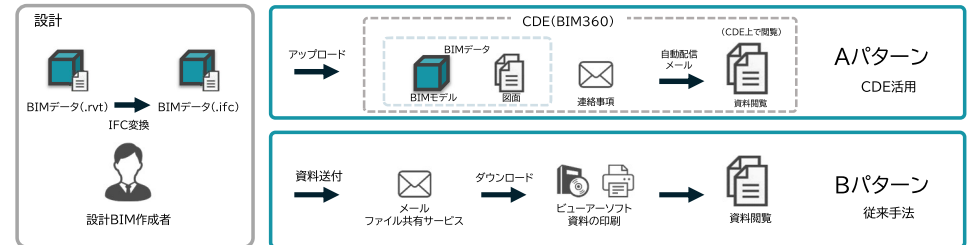


検証A:課題① CDE(共通データ環境)を活用したBIMデータ共有のワークフロー

想定するBIMデータの運用



検証するワークフロー



検討する課題

内容 :CDEを活用したBIMデータ共有ワークフローの検証とそれによる効率化効果についての分析

【課題1-1】アクセス権限の管理・整備

図面や質疑事項を共有フォルダで管理するにあたり、閲覧者の把握やダウンロードの制限など、情報管理に関するCDE上の権限を整備した。

【課題1-2】CDE内での質疑応答のワークフロー

CDE(BIM 360[®])にはアップロードされたデータについてコメントや記録を保存する様々な機能がある。CDE上で情報共有を完結させるため、使用する連絡ツールの検討と共通ルールを規定した。

検証に当たっての前提条件

- ・設計が作成したBIMデータをプロジェクト関係者と共有するワークフローのみ検証
- ・CDEはBIM 360[®]使用。BIMデータは、Autodesk[®] Revit[®] 2020で作成し、IFCファイル形式に変換したものを使用する。

検証する効果と前提条件を踏まえた、検証の実施方法、体制

送付されたBIMデータ(IFCファイル形式)を受領し閲覧するまでの作業時間をメールによる従来手法(Bパターン)とCDE上での共有手法(Aパターン)で比較し、削減時間から効率化効果と課題を考察する。

【Aパターン】CDEを活用した情報共有手法

BIMデータをCDE(BIM 360[®])にアップロードし、サーバー内のビューアー機能で3Dモデルを閲覧するまでの作業時間を計測する。

【Bパターン】メール・ファイル共有サービスによる従来手法

メール(Gmail 及び データ転送システム)を使用してBIMデータを送付し、受領したデータをビューアーソフトで展開する作業時間を計測する。

検証A:課題① CDEを活用したデータ共有のワークフロー

検証結果

	Aパターン	Bパターン
検証した実績数値	27.6% 削減	
作業内容	①BIMデータをCDE(BIM360)にアップロード ②アップロード先を連絡 ③CDEのビューアー機能でBIMデータを閲覧	①BIMデータをメール及びデータ転送システムで送付 ②BIMデータをダウンロード ③ビューアーソフトを起動してBIMデータを閲覧
作業内容(概要)	設計で作成したBIMデータをプロジェクト関係者と共有するプロセスとして、①～③の作業を想定し検証を行った。 検証結果としてAパターンでは合計192s、Bパターンでは合計265sであり、73sの作業時間が削減できた。	

検証結果の分析と課題

本検証では、CDEを活用したBIMデータ共有手法の効率化効果の検証として、従来手法との作業時間を比較した。検証結果として作業時間を27.6%の削減できた。また、本検証では設計BIMモデルのみを対象としたが、設計段階から後工程にBIMデータを引き継ぐ場合、構造・設備BIMデータも引継ぎをすることが想定されるため、CDEを活用することで更なる効率化が期待できる。

CDE活用によりBIMデータ共有の効果分析

CDEを活用したBIMデータ共有手法のメリットとして、ビューアーソフトや閲覧環境の整備といった引き継ぐ側の事前準備の解消が挙げられる。

設計段階で作成されたBIMデータを専門業者と共有する際、専門業者が使用するソフトではBIMデータを取り込むことができず、ビューアーソフトなどを使用してデータを参照また変換などする必要があった。そこで、BIMデータをダウンロードすることなくCDE上のビューアー機能で参照することで業務効率化が期待できる。

本検証からCDE上でBIMデータを参照する場合、ビューアー機能として必要となる機能を下記に記載する。

- ① BIMソフトのネイティブデータ及びIFCファイルの閲覧
- ② 3Dモデル及び2D図面の閲覧
- ③ ビューアーソフトの基本的な機能の活用
- ④ アップロードされたデータに対しコメント及び図形の添付
- ⑤ 指摘事項のワークフロー化による検証・確認業務
- ⑥ 複数のBIMモデルの自動干渉チェック

検証A:課題① CDEを活用したデータ共有のワークフロー

各課題について

【課題1-1】アクセス権限の管理・整備

CDEを活用してBIMデータを共有するにあたり、各アカウントの権限を整理する必要がある。そこで、設計BIMワークフローガイドラインに記載されている各ステージの業務内容と成果物を参考にCDEのフォルダ閲覧権限を整理した。

	S0	S1-2	S3-4	S5			S6-7		
	プロジェクト開設時	DR/設計検証	実施設計開始時	工事引継	BIM調整会議	竣工	維持管理	×	権限なし
CDE管理者	4	4	4	4	4	4	4	×	権限なし
設計責任者	4	4	4	4	4	4	4	1-1	表示のみ
設計部	3	3	3	3	3	3	3	1-2	表示+ダウンロード
建築部	×	3	3	3	3	3	3	2-1	アップロード
営業部	×	3	3	3	3	3	3	2-2	表示+ダウンロード アップロード
見積部	×	3	3	3	3	3	3		
作業所	×	×	×	3	3	3	3		
施主	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1	契約図のみ 1-1	3	表示+ダウンロード +アップロード+編集
設計事務所(外注含む)	×	×	契約図⇒1-1 自社⇒3	契約図⇒1-1 自社⇒3	契約図⇒1-1 自社⇒3	×	×	4	フォルダコントロール (すべての操作)
専門工事業者	×	×	×	契約図⇒1-1 自社⇒3	契約図⇒1-1 自社⇒3	契約図⇒1-1 自社⇒3	×		

プロジェクトごとにクラウドスペースを作成し建設業務の進捗に応じて閲覧権限を付与・制限することで、建設業務に関するデータ管理を改善することができた。また、クラウドスペースでデータを共有することをプロジェクト関係者との統一ルールとすることで、データの紛失や管理体制の複雑化を防止することができる。

今後の提案として、ローカルファイルから作業データにアクセスするのではなく、CDE上のデータにアクセスして編集・更新を行うことで更なる業務効率化が期待できる。しかし、現状ではソフトウェアに上記の機能がない・対応していない、又は物件ごとにフォルダ構成が異なる為、作業データの管理に適していないなど等の課題が挙げられたため、今後の検証課題とする。

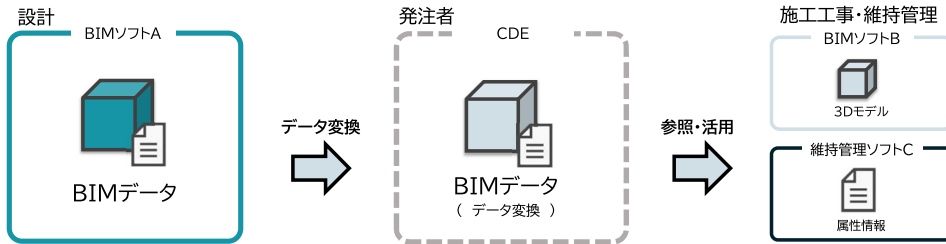
【課題1-2】CDE内での質疑応答のワークフロー

CDEのビューアー機能には、指摘事項という3Dモデル及び図面データにコメントを記録する機能がある(以下、指摘事項と呼ぶ)。図面検討会やプロジェクト会議で図面を確認する際、従来では図面を印刷し確認項目や質疑を書き込んでいた。そこで、確認・連絡等を指摘事項で共有・管理することで業務効率化を図る。次に検証を行った図面の部内確認ワークフローを記載する

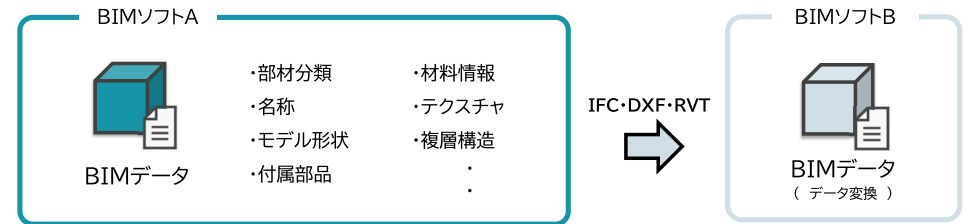


検証A:課題② 異なるソフトウェアでのBIMデータ連携手法

想定するBIMデータの運用



検証するデータ連携手法



検討する課題

内容：データの取り込み前後でBIMデータの情報に差異がなく、様々なソフトウェアでの受け渡しを想定したワークフローを検討

【課題1-1】異なるソフトウェア間での受け渡しに適したファイル形式の選定

BIMデータの連携精度が高いファイル形式を選定する

また前項課題①を踏まえ、CDEで閲覧できるファイル形式であるか、ビューアーへの対応についても確認した。

【課題1-2】前工程(設計)で入力すべき属性情報の項目

連携精度の高いファイル形式と対応している属性情報を整理した。

【課題1-3】専用アドインツール・コンポーネントの使用による連携精度への影響

専用ツール(Revit Famil等)で作成されたオブジェクトは連携されないことが多い。専用ツールの使用による連携精度の影響について考察する

検証に当たっての前提条件

- ・検証用のBIMデータをAutodesk® Revit® 2020で作成。検証対象とする各ファイル形式で出力しArchicad24に取り込んだ際の属性情報を確認する
- ・連携検証するファイル形式・出力設定

DXF	Revit DXF-3d
RVT	Revit FBX-3d
IFC2x2	IFC 2x2 Coordination View
	IFC 2x2 Singapore BCA e-Plan Check
IFC2x3	IFC 2x3 Coordination View
	IFC 2x3 GSA Concept Design BIM 2010
	IFC2x3 Basic FM Handover View
	IFC2x3 COBie 2.4 Design Deliverable View
IFC4	IFC2x3 Coordination View 2.0
	IFC4 Design Transfer
	IFC4 Reference

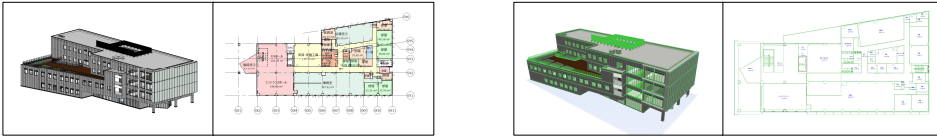
・各検証対象項目

図面	平面図、立面図、断面図
対象部材	壁、床、天井、建具、階段、手すり、汎用3Dモデル、部屋(エリア)
属性情報	部材分類、名称、形状、部品、材料情報、テクスチャ、複層構造

検証A:課題② 検証結果と考察

BIMモデル概要

オブジェクト総数	7056
使用部材ツール	壁(CW含む)、床、天井、建具(ファミリ、一部CWツールによる代用)、階段、手すり、コンポーネント(インプレイス・ファミリ)、部屋(エリア)



Revitで作成したBIMモデル(左/3Dモデル) (右/1F平面ビュー)

Archicadに取り込んだBIMモデル(左/3Dモデル) (右/1F平面ビュー)

BIMモデル

本検証では設計段階で作成されたBIMデータを使用して連携検証を実施した。

平面図

2D線分データ・CADによる加算を行わない状態の平面図、立面図、断面図を検証対象とし、連携検証を実施した。

連携結果

各ファイル形式でRevit2020からArchicad24に取り込み、対象部材ごとに属性情報の取込状況を確認。

連携前後での属性情報の内容と連携結果に対する評価を各ファイル形式ごとに整理した。

Revit -> Archicad	取込対象	属性情報	名前	形状	位置	材料	色	その他	備考
Archicad Import	壁	○	壁(構造)	○	○	○	○	○	壁の厚さ、開口部などの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Revit Export	壁	○	壁(構造)	○	○	○	○	○	壁の厚さ、開口部などの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Archicad Import	床	○	床	○	○	○	○	○	床の高さ、開口部などの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Revit Export	床	○	床	○	○	○	○	○	床の高さ、開口部などの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Archicad Import	天井	○	天井	○	○	○	○	○	天井の高さ、開口部などの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Revit Export	天井	○	天井	○	○	○	○	○	天井の高さ、開口部などの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Archicad Import	階段	○	階段	○	○	○	○	○	階段の幅、開口部などの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Revit Export	階段	○	階段	○	○	○	○	○	階段の幅、開口部などの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Archicad Import	手すり	○	手すり	○	○	○	○	○	手すりの高さ、開口部などの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Revit Export	手すり	○	手すり	○	○	○	○	○	手すりの高さ、開口部などの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Archicad Import	コンポーネント	○	コンポーネント	○	○	○	○	○	コンポーネントの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Revit Export	コンポーネント	○	コンポーネント	○	○	○	○	○	コンポーネントの属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Archicad Import	部屋	○	部屋	○	○	○	○	○	部屋の属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。
Revit Export	部屋	○	部屋	○	○	○	○	○	部屋の属性情報は取込されない。1F平面図のレイアウトはArchicadの標準レイアウトに準拠している。

連携結果表(IFC4 Design Transfer)

連携結果まとめ

ファイル形式	各種図面	3D形状	属性情報	課題
IFC 2x2 Coordination View	-	-	-	Archicad24ではIFC2X2は連携対象外
IFC 2x2 Singapore BCA e-Plan Check	-	-	-	Archicad24ではIFC2X2は連携対象外
IFC 2x3 Coordination View	▲	○	▲	・平面図のみ取り込めた。断面線や通り芯は取り込めなかった ・適切なカテゴリが無い場合、汎用カテゴリに割り当てられる 例)Revit:天井 → Archicad:オブジェクト ・天井について、複層構造の仕上材料のみ取り込めた ・天井、建具、階段、手すり、インプレイスの名称が欠落していた
IFC 2x3 GSA Concept Design BIM 2010	▲	○	▲	同上
IFC2x3 Basic FM Handover View	▲	○	▲	同上
IFC2x3 COBie 2.4 Design Deliverable View	▲	○	▲	同上
IFC2x3 Coordination View 2.0	▲	○	▲	同上
IFC4 Design Transfer	▲	▲	▲	・建具(ファミリ)が欠落、部屋と一部のインプレイスの形状が変化していた
IFC4 Reference	▲	○	▲	・平面図のみ取り込めた。断面線や通り芯は取り込めなかった ・適切なカテゴリが無い場合、汎用カテゴリに割り当てられる ・壁、床、天井の材料情報が取り込めなかった ・インプレイス以外のオブジェクトのテキスト情報が欠落していた ・建具(ファミリ)が欠落、部屋と一部のインプレイスの形状が変化していた
Revit DXF-3d	▲	-	-	・3Dビューを対象として出力したが、1F平面図として取り込まれた ・図面は全て線分モデルで取り込まれ、3Dモデルは連携できなかった ・部材・ファミリ毎に線分モデルがグループ化されている
Revit FBX-3d	-	-	-	Archicad24では、FBXは連携対象外

- … ファイル形式が対応していないため取り込み不可
 ○ … 対象となる部材・情報が全て正確に取り込めていた
 ▲ … 取り込んだ情報に一部欠落又は変換が確認された

検証A:課題② 検証結果と考察

検証結果の分析

連携結果の分析と課題

本検証では、前工程から後工程にBIMデータを引き継ぐワークフローの基礎検証として、各ファイル形式の出力結果を整理した。検証結果として、IFC2X3のファイル形式が最も正確にデータを引き継げると評価した。しかし、現状では受け取り後、目的に応じてデータを修正する必要があり、受け取ったBIMデータの情報だけでは修正対応が出来ない項目がある。つぎに、連携結果から見つかった課題を下記に記載する。

- ① 通り芯や断面線などの図面に記載のある記号・線分が取り込めない
- ② 立面図及び断面図が取り込めない。
- ③ 受け取り側のソフトウェアに適切な部材項目が無い場合、汎用カテゴリに分類される
- ④ 一部部材項目の名称情報が引き継げない。また、材料情報、テキストについても同様

上記の課題からBIMデータのみで専門業務に必要な建築情報を引き継ぐことは難しく、現状ではBIMデータとそれを補足する情報資料が必要である。また、検証を進める中でBIMデータを作成する際、形状の再現が難しい部材を異なる部材ツールで作成する代用入力をどのように引き継ぐべきかも課題となった。

これらのことから、前工程から後工程にBIMデータを引き継ぐ際に添付すべき項目を『設計BIMワークフローガイドライン』に記載されている設計から施工に引き継ぐBIMデータの連携手法を参考に整理した。

- ① BIMモデルと整合性が取れている基本図面
- ② BIMのモデリング・入力ルール
- ③ 代用入力で作成したオブジェクト(部材)

各課題について

【課題1-1】異なるソフトウェア間での受け渡しに適したファイル形式の選定

前述の通り、本検証ではIFC2X3のファイル形式が最も正確にデータを引き継げると評価した。しかし、IFC2X3は出力形式ごとにIFCプロパティの項目数が異なるため、受け取り後のBIM活用方法を規定しない異なるソフトウェア間での連携を想定した際にもっとの適切な出力形式の検討を今後の課題とする。

IFC2x3 Coordination View 2.0		IFC 2x3 GSA Concept Design BIM 2010	
IFCタイプ		ファミリ(その他)	上部の延長距離(拘束)
ARCHICAD IFC ID		ファミリとタイプ(その他)	上部レベル(拘束)
外部 IFC ID		構築フェーズ	上部レベル オフセット(拘束)
GlobalId(属性)		アタッチ下端(拘束)	基準配置(拘束)
Name(属性)		アタッチ上端(拘束)	部屋境界(拘束)
Tag(属性)		マス(拘束)	解析モデル 有効(構造)
PerdefinedType(属性)		基準レベル(拘束)	構造(構造)
Reference(Pset WallCommon)		カテゴリ(その他)	基準レベル オフセット(拘束)
Reference(Pset QuantityTakeOff)		タイプ(その他)	基準高さからのオフセット(拘束)
ExtendToStructure(Pset WallCommon)		タイプID(その他)	指定高さ(拘束)
Reference(Pset ReinforcementBarPitchOfWall)		Reference(Pset WallCommon)	ExtendToStructure(Pset WallCommon)
		Reference(Pset QuantityTakeOff)	Reference(Pset ReinforcementBarPitchOfWall)

…上記出力設定の両方で取り込んだパラメーターを青塗りで表記

RevitからArchicadに取り込んだ壁オブジェクトのIFCプロパティ

また、検証を行ったIFC2X3の出力形式はCDE(Autodesk BIM360)上で3Dモデル及びオブジェクトの属性情報の閲覧が可能であった。このことから、立体形状の把握や距離、サイズの確認等の作業であればデータのダウンロードやビューアーソフトが不要であるため、BIMデータ共有の簡易化と業務効率化が期待できる。しかし、CDEで閲覧できる情報は3Dモデルを基本としたBIMデータであり、2Dの図面データを閲覧することができない。そのため、CDEでの作業を想定した出力設定及びBIMのモデリング・入力ルールの検討を今後の課題とする。

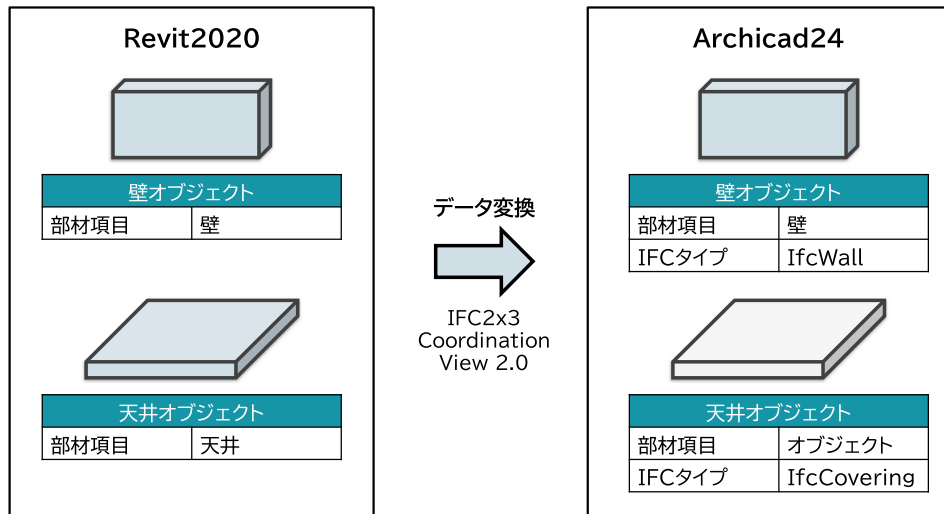
検証A:課題② 検証結果と考察

各課題について

【課題1-2】前工程(設計)で入力すべき属性情報の項目

前述した課題から前工程(設計)で入力すべき属性情報の項目は、異なるソフトウェア間での連携精度が高い項目であり、かつCDE上で閲覧することのできる項目である必要がある。

検証結果では、Revit2020の基本プロパティよりIFCプロパティの方が取り込み前後での情報の差異が少ないことが分かった。しかし、取り込み先のソフトによってはIFCプロパティを対象として数量集計が出来ない。そのため、BIM連携による効率化を図る為には、BIMデータを作成したソフトの基本プロパティの連携精度を高めるべきである。

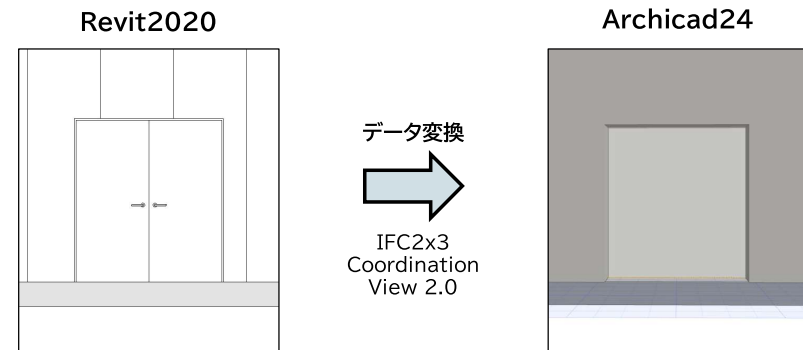


Revit2020からArchicad24に取り込んだ属性情報

【課題1-3】専用アドインツール・コンポーネントの使用による連携精度への影響

本検証で外部データから取り込んだロード可能ファミリー(以下ファミリーと呼ぶ)を使用して建具や一部部材を作成した。検証結果として、IFC4 Design Transferの出力設定でのみファミリーで作成した建具(扉)のモデル形状が変形していた。また、部屋(エリア)、インプレースオブジェクトについてもモデル形状の変形及びオブジェクトの欠落が確認できた。

上記の結果に対し、IFC4 Referenceの出力設定では、ファミリーの欠落・変形等の取り込み前後での差異は確認されなかった。このことから、ファミリーの欠落は一部の出力設定で発生する課題であり、IFC2X3の出力設定でBIMデータを連携する場合であればファミリーの使用については問題ないと判断した。ただし、本検証では設備部材や鉄骨などのファミリーの使用について検証が出来ていないため、今後の検証項目とする



Revit2020からArchicad24に取り込んだ両開き戸のオブジェクト

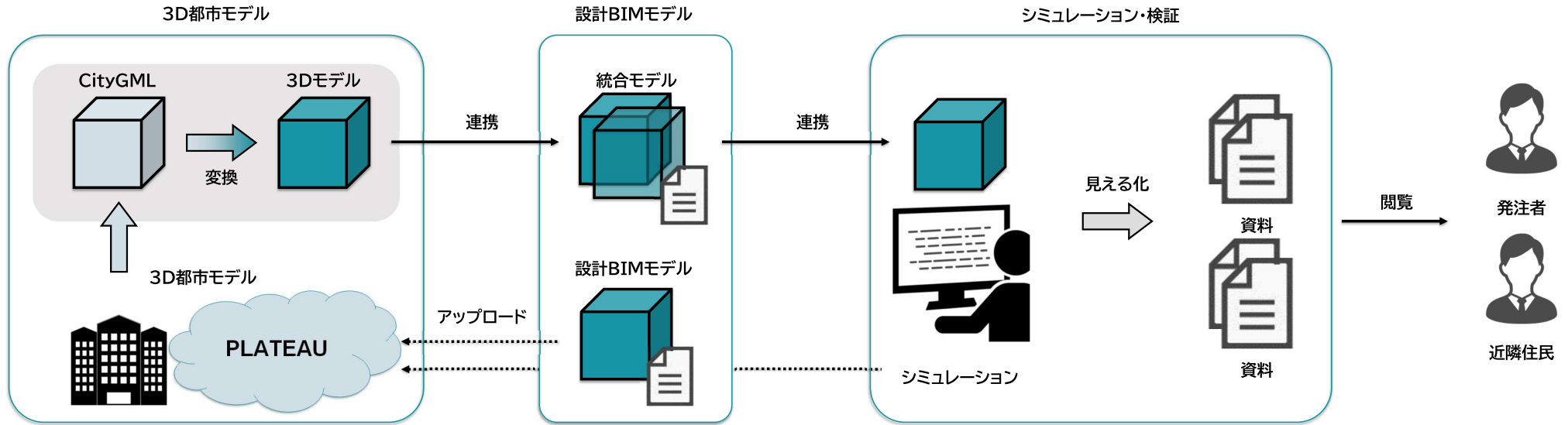
(検証B)

PLATEAU3D都市データ連携による生産性向上に向けた検証

課題①PLATEAU3Dデータ連携による作業の効率化

課題②エビデンスを見える化することで得られる理解度・満足度

検証B: PLATEAU3D都市データ連携による生産性向上に向けた検証



■ 検証背景

本建築プロジェクトは、周辺に**集合住宅**が多く建つ特徴のある敷地であるため周辺環境に考慮した設計検討が重要となってくる。検討には周辺都市の3D都市モデルを作成する必要があり、BIMで都市モデルのボリュームを作成していくとなると負担の大きな作業となってくる。また、設計検討においてシミュレーションを実施するためには形状と高さの精度もある程度は必要となってくる。そこで、都市モデル作成における**作業の軽減**やシミュレーションによる設計検討などの**生産性向上**を目的として**PLATEAU3D都市モデル**を活用する。

■ 検証内容

国土交通省が推進するPLATEAU3D都市モデルと設計BIMモデルを**アルゴリズムック・デザインツール**と連携させ、アルゴリズムにより自動的に導き出された組み合わせの中から設計者が総合的に判断し最適解(設計案)を採用できるシステムを構築し、**結果を見える化**することでエビデンスに基づく合意形成プロセスにより得られる**理解度・満足度**について検証する。

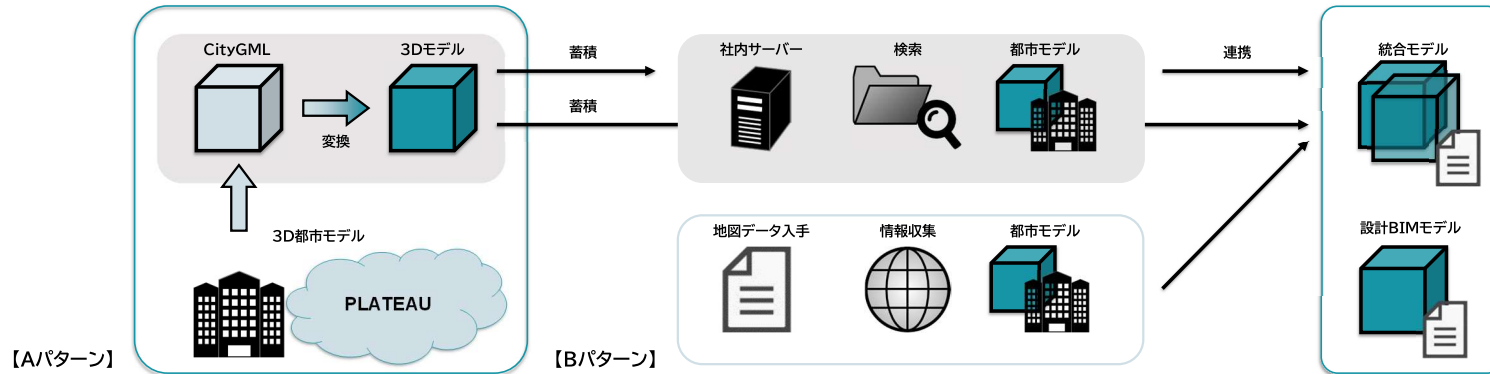
■ 検証する課題

- 課題①: 3D都市モデル活用による作業の効率化
- 課題②: エビデンスを見える化することで得られる理解度・満足度

■ 目標検証効果

- 課題①: 3D都市モデル活用による作業時間の効率化
→ **作業時間85%**の削減
- 課題②: エビデンスを見える化することで得られる理解度・満足度
→ **理解度・満足度 75%**以上

検証B:課題① 3D都市モデル活用による作業の効率化



■ 検討する課題

課題①: **PLATEAUの3D都市モデル**を連携することによって
作業効率^①はどの程度向上するのか

【課題1-1】 PLATEAU3D都市モデルの変換
PLATEAUの3D都市モデルをBIM対応データ形式に変換し、BIMに取込むまでのワークフローを検証し、効果や課題の確認を行った。

【課題1-2】 3D都市モデルの属性を引継ぐ変換
建物の使用目的等の情報も3D都市モデルに付属させて変換することが出来るのかを確認する。

【課題1-3】 蓄積したデータの管理方法
変換したデータを蓄積していく事で、変換の作業は将来的には少なくなっていく。しかし、蓄積したデータの中から目的のデータを見つけるまでに時間を費やすことになっていく。目的のデータを検索するためのルールと方法を規定する。

■ 検証に当たっての前提条件

- ・都市モデル活用による作業効率の検証は東京都でのプロジェクトでのみ検証した。
- ・PLATEAUの3D都市モデルについては**CityGML**形式のデータを使用する。

■ 検証の実施方法・体制

PLATEAU3D都市モデルを連携させ都市モデルを作成する手法と**GoogleEarth**等の地図アプリを利用した従来の手法を比較し、削減された作業時間から効率化効果と課題を考察する。

【Aパターン】3D地図アプリを利用した従来手法

【Bパターン】PLATEAU3D都市モデルを連携する手法

検証B:課題① 3D都市モデル活用による作業時間の効率化

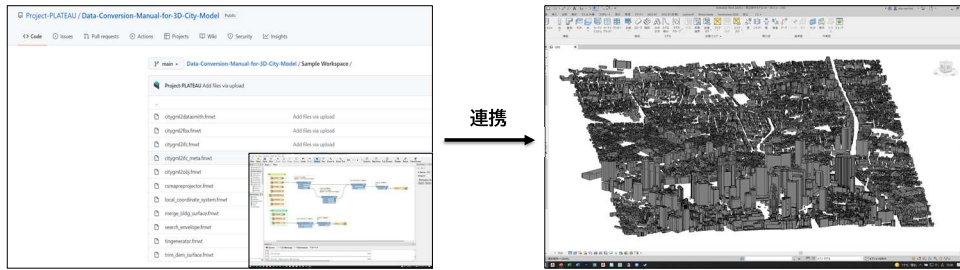
■ 従来の作成手法とPLATEAU連携による効果の検証方法



検証B:課題1-1 PLATEAU3D都市モデルの変換方法

■ FME Desktopを利用した変換

CityGMLをIFC形式に変換する方法としてFME Desktopを活用する。



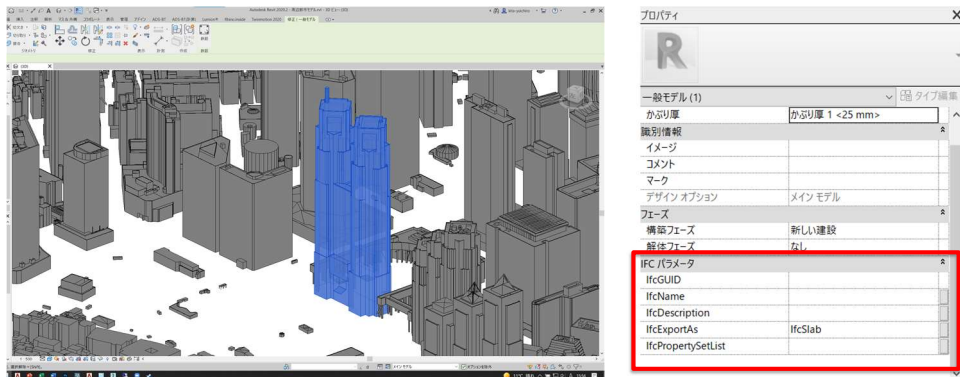
公開されているIFC変換データを参照

変換した新宿区の3D都市モデル

■ 変換した3D都市モデル

変換された3D都市モデルは個別に取込まれた。
使用目的や階数等の属性情報は付属させずに形状のみを変換している。

(属性情報をBIMに変換する検証については 課題1-2で検証)



■ 3D都市データの形状によって想定している活用法

LOD1	LOD2 - LOD3
<ul style="list-style-type: none"> 建物図形に高さを与えて構築するいわゆる「箱型」モデルであり、比較的安価・容易に構築可能な3D都市モデル。モデル自動生成システム^{※1}によっても整備可能。 精緻化モデル及び屋内モデルを整備する上でベースとなる。 地方公共団体が保有する既存の測量成果^{※2}と法定調査である都市計画基礎調査等を活用できる。 精緻な建物形状を必要とする場合やビジュアル面を重視する場合には不向き。 	<ul style="list-style-type: none"> 屋根形状、窓、開口部、建物付属物等の多様な地物を追加して建物形状を精緻に再現する3D都市モデル。 地物の追加に伴い保有する属性情報も豊富となり、都市スケールでの高度なシミュレーション、分析等に活用可能。 建物テクスチャを貼り付けることにより、ビジュアル面でもリアルな都市空間の再現が可能。 精緻なモデリングが必要であるため、航空写真測量や点群データ等が必要。一定のコスト、工数を要する。

② 想定される整備主体
<ul style="list-style-type: none"> 測量成果や法定調査結果等のデータを保有する地方自治体 スマートシティの先進的な取り組みを行う地方自治体、スマートシティ協議会等の官民連携組織、エリアマネジメント団体等

③ 想定される整備範囲
<ul style="list-style-type: none"> 都市全域、都市計画区域等の比較的広域の範囲 中心市街地、特定都市再生緊急整備地域、エリアマネジメントの対象範囲等の比較的狭い範囲

④ 整備・更新に必要なデータ例	
<ul style="list-style-type: none"> 都市計画基本図等の測量成果 家庭現況図、建築計画概要書等 国土情報DB^{※3}(数値高モデル)、カド、陰影 都市計画基礎調査、固定資産税台帳等 浸水想定ハザードマップ情報 等 	<ul style="list-style-type: none"> 航空測量 (LP) 航空測量写真 等

⑤ 想定されるユースケース	
<ul style="list-style-type: none"> 災害リスク情報の重ね合わせ 都市計画情報等の重ね合わせによる都市構造の可視化分析 人流データ等の重ね合わせによるスマート・プランニング (都市計画立案) 都市活動モニタリング、シミュレーション (SSR^{※4}、気象シミュレーション等) 	<ul style="list-style-type: none"> 歩道、ベドストリアンデッキ等の図面を用いた精緻な歩行者シミュレーション 建物の開口部、バルコニー等の情報を用いた配送・モビリティシミュレーション 開口部属性を用いた延焼シミュレーション 精緻なビジュアル表現が可能な景観・都市開発シミュレーション

LOD1

ガイドンスで想定されているユースケース:

- 人流データ等の重ね合わせ
- 都市活動モニタリング
- 気流シミュレーション等

設計において活用したい用途:

- 気流シミュレーション
- 太陽光パネル配置による周辺への影響
- 視線検討

LOD2-3

ガイドンスで想定されているユースケース:

- 延焼シミュレーション
- 景観・都市開発シミュレーション

設計において活用したい用途:

- 日照検討
- 太陽光パネルの配置検討
- 採光計画
- 視線検討
- 景観シミュレーション

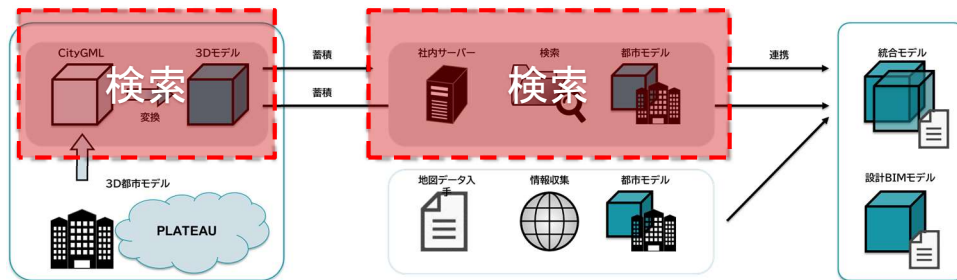
検証B:課題1-1 PLATEAU3D都市モデルの変換方法

■ 省力化できたワークフロー

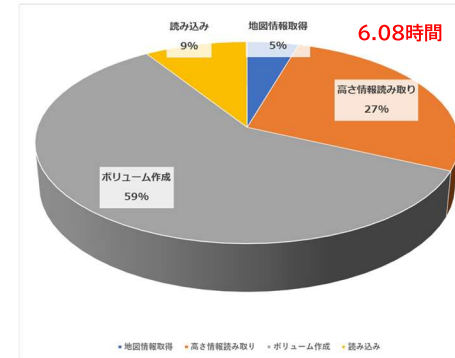
従来の作成手法とPLATEAU連携による効果の検証手順



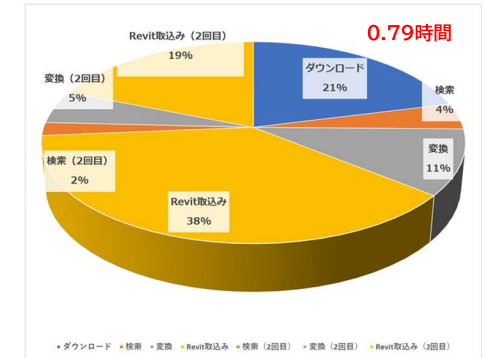
■ 時間を要したワークフロー



■ 検証結果



従来手法による作業時間の割合



連携による作業時間の割合

進行中のプロジェクト6案件で従来手法による周辺3D都市モデルの作成に要した時間を記録したところ、平均で6.08時間費やしていた。

要因:

Revitに取込んだ周辺地図データの建物形状に沿ってボリュームを立ち上げる事に加え、Google Earthで高さを計測し入力していく作業の他、線の重複やエラーの解決等で時間を非常に費やしている。

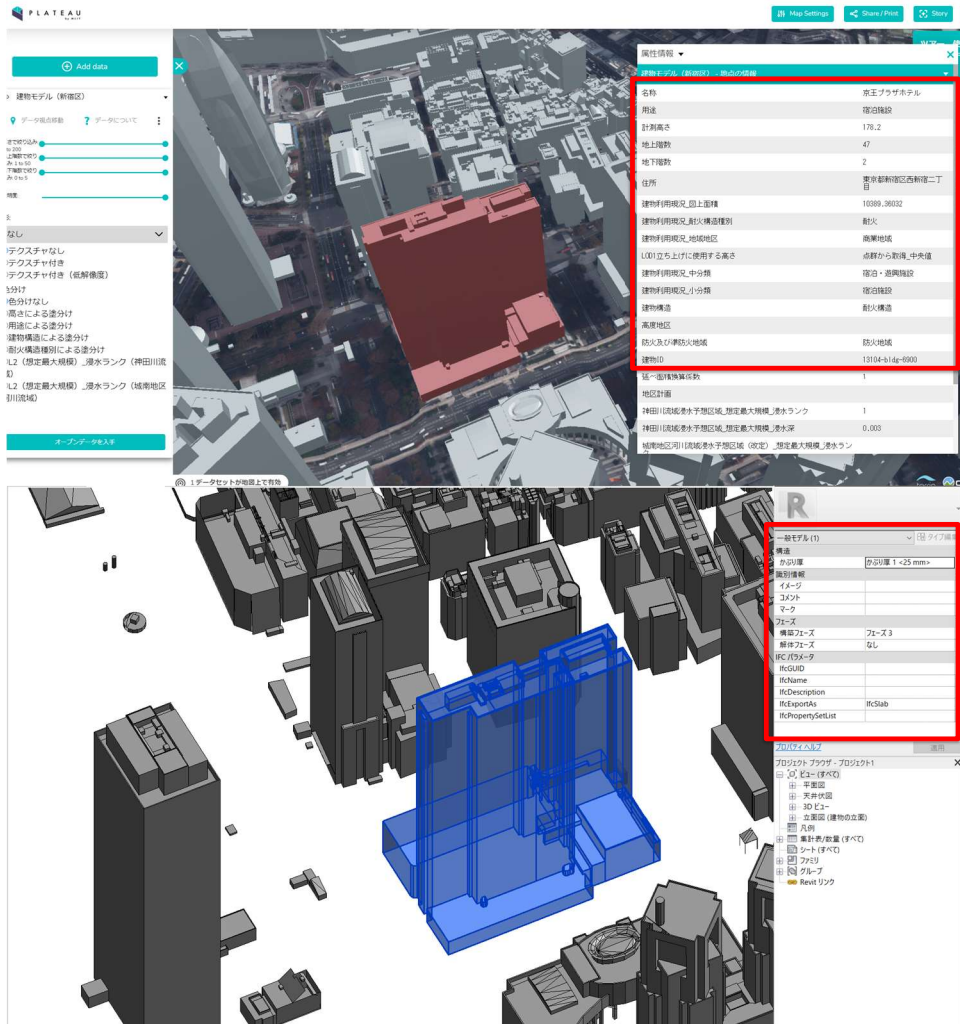
また、Google Earth等で高さ情報が組み込まれていないような地域に関しては、ストリートビューにより大体の高さを入力しているため、更に時間を要する要因となっている。

3D都市モデル連携による効果:

PLATEAUの3D都市モデルを連携することで、作成にかかる必要時間はダウンロードと変換に要する時間のみとなり、変換に要する時間は0.79時間程度であった。

従来手法では平均が6.08時間であったため、5.58時間の削減(86.9%の省力化)となった。

検証B:課題1-2 変換した3D都市モデルの属性情報の取り込み



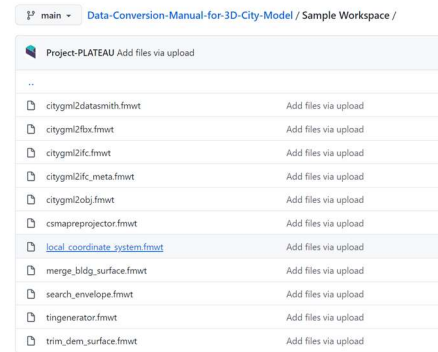
3Dモデルと属性情報の変換

LOD1,2の3D都市モデル形状データは変換する事が出来ている。
 LOD2の形状に関しても、緻密に再現されており、日照のシミュレーションをするうえで有効に活用し、また、LOD1の形状でも風解析や太陽光パネルの検討において有効に活用する事が出来た。

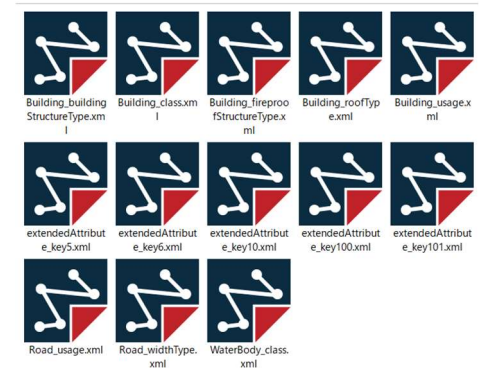
属性情報の変換については、マニュアルを基に変換を試みたがBIMモデルの方へは変換できていない。
 FME Desktopを利用し、CityGMLからIFCへ変換したものをRevitへ取り込む事例が少ないため、属性情報の引継ぎがどのように行われるのか調査できる情報が少ない。

そのため、公開されているサンプルデータを基にマニュアルを閲覧し、変換するというのが現状である。
 形状のみ変換についても初回変換時はエラーが発生していた。
 属性情報変換においても同様であるが、何を読み込むとどのような情報が変換されるのか、また、変換が正常にされているのかを確認し、判断する事が難しい。

変換サンプルデータ



属性情報の変換コード



検証B:課題1 PLATEAU3D都市モデルの変換における課題

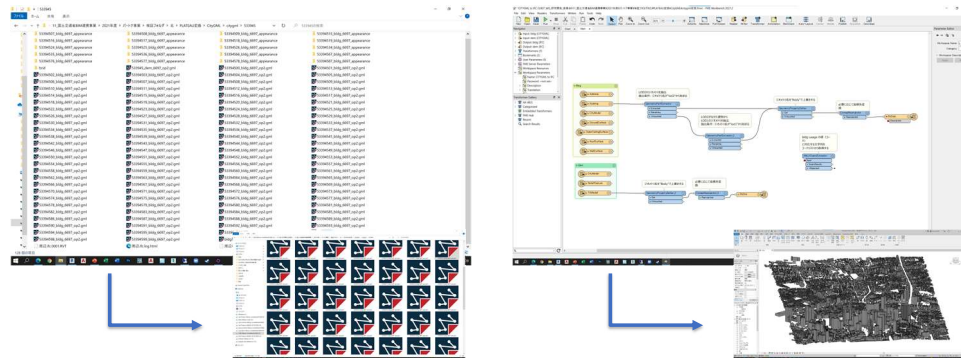
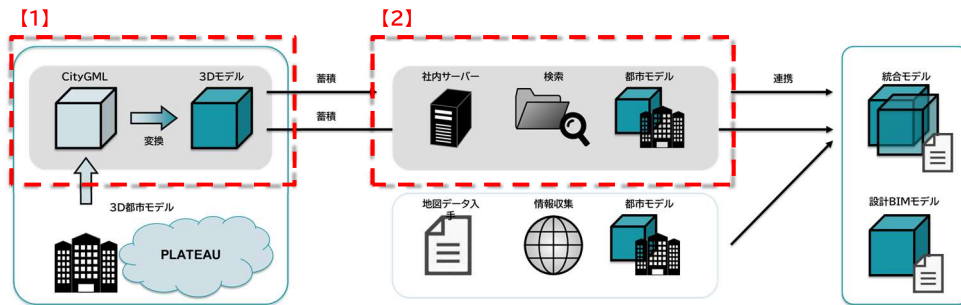
【1】対象エリアの3D都市モデルを見つけるまでに時間がかかる

対象エリアのCityGMLをIFCに変換しBIMに取込んだ時に対象エリアではなかったことが分かった。そのため、再度CityGMLを変換しBIMに取込むという悪循環が生じている。

【2】今後蓄積されたデータが増えると目的のデータを探す作業に時間が掛かる

変換したデータを蓄積することで今後変換作業が少なくなってくるが、社内サーバーに蓄積するデータ数が多くなるため、3D都市モデルの**管理方法**を規定又は整備しなければ目的の都市データを探すまでに無駄な時間を要してしまう。

(検証1-3でデータの管理体制について整備)



【3】CityGMLを変換し、目的の属性情報を引き出すための応用が難しく専門的な知識が必要になってくる

サンプルデータが配布されているためそれらを使用する事で3Dモデルの形状は変換することが出来るが、CityGMLに格納されている情報を変換する事が出来ない。自社独自で変換していくとなると、**専門的な知識**が必要になってくるのではないかと考えられる。

3D都市モデル (Project PLATEAU) 属性情報公開リスト

最終更新:2021/6/6
留意点:本表は、2020年度に国土交通省都市局が整備した全国56都市の3D都市モデルに付されている属性情報のうち、主要なものを一覧にしています。
各データの詳細については都市ごとに作成されている「データ商品仕様書」を参照してください。
データの整備範囲及び付与される属性情報は、当該地方公共団体の協議の上決定されています。

	1	1'	2	3	4	5
関東	関東	関東	北海道	東北	東北	東北
関東	関東	北海道	北海道	福島県	福島県	福島県
23区+南大沢 (LOD2内)	23区+南大沢 (LOD2内)	23区+南大沢 (LOD2外)	札幌市	都市市	いわゆる	白河市
LOD1作成範囲	634km	651km	78km	162km	267km	
LOD2作成範囲	33km	-	3km	6km	1km	2km
CityGML & I-UR						
地物属性・地物関連	テラスチャ	○	○	○	○	○
建築物	地物属性・地物関連	○	○	○	○	○
	gml-名称	57	○	○	○	○
	bdgp-分類 (普通建物、堅牢建物等の区分)	57	○	○	○	○
	bdgp-用途	20	○	○	○	○
	bdgp-調整率	37	○	○	○	○
	bdgp-計測高さ	12	○	○	○	○
	bdgp-地上階数	57	○	○	○	○
	bdgp-地下階数	36	○	○	○	○
	bdgp-住所					

Below the table, there are screenshots of software interfaces. One shows a list of attributes for 'urc-建築物用途' and 'urc-建築物用途'. Another shows a 3D model view of a city area.

検証B:課題1-3 蓄積したデータを効率的に活用するための管理方法

■蓄積したデータの管理体制 PLATEAU_3D都市データ → 533945 → 533945_8

【1】データの検索はエクスプローラーの検索機能を用いる

データの検索方法では、エクスプローラーのデータの名前を検索する機能を活用する。エクセルなどで保管場所を明記し探す方法もあるが、直接フォルダへアクセスできる方法の方が効率にデータ元へとアクセスできる。

【2】データの名前は国土地理院のエリア番号で管理する

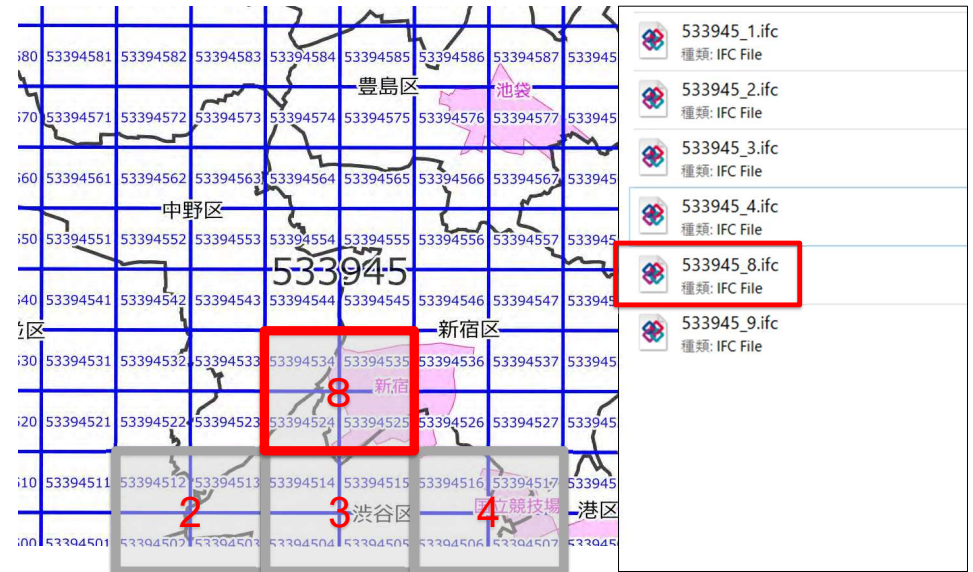
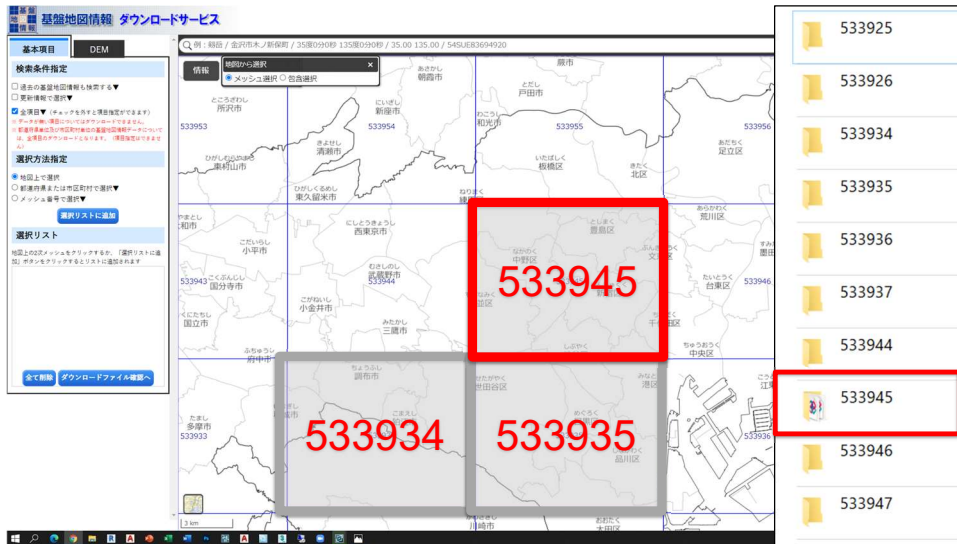
都市モデルのデータは国土地理院のエリアごとに管理することで、都市モデルのエリアを容易に区別できるようにする。

【3】都市モデルの範囲は4区画分を1区画として整理して管理する

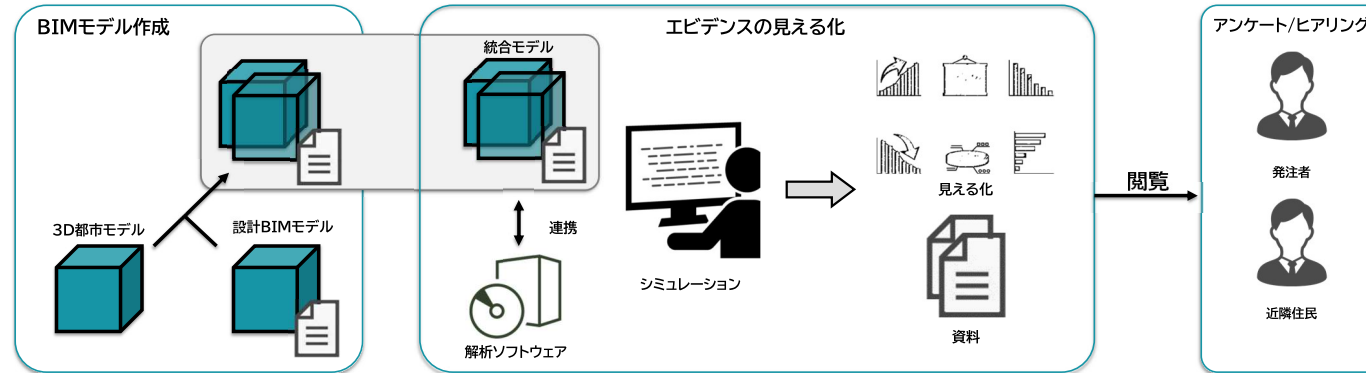
1エリアの中で更に100区画に区画分けされている。データ数を抑えるためにも、四方の4区画分を1区画として整理し管理する。

【4】保管データの形式はIFCとする

管理するデータ形式としてはIFCとし、都市データが更新された場合はデータを置き換えていく事で最新のデータ状態とすることとする。



検証B:課題② エビデンスを見える化することで得られる理解度・満足度



■ 検討する課題

課題②: コンピュータショナルデザインによって最適化された設計案を設計者が採択するシステムや**結果を見える化したエビデンス**に基づく合意形成プロセスによって得られる**理解度・満足度**はどのくらい得られるのか

【課題2-1】RevitとRhinceros&Grasshopperの連携方法

Revit上でGrasshopperを起動するRhino inside Revitのプラグインがある。相互を連携させるためにBIMモデル作成のルールを規定した。

【課題2-2】エビデンスを見える化する手法

Grasshopperによって視線や太陽光の反射、日照などのシミュレーションシステムを構築した。

【課題2-3】発注者の理解度・満足度のアンケート/ヒアリング

エビデンスを見える化することによってどの程度理解できたのか又満足できたのかを確認するアンケートとヒアリングを実施した。

■ 検証に当たっての前提条件

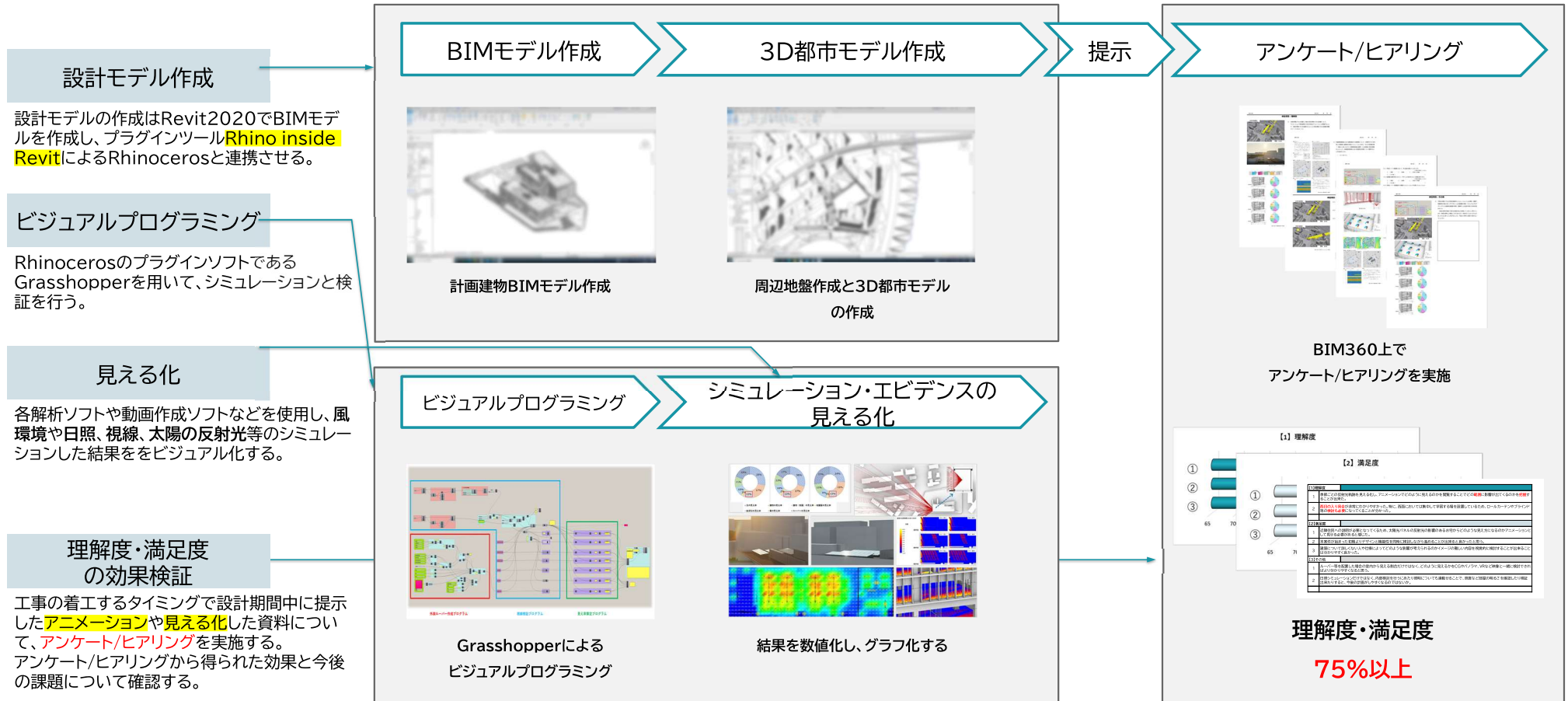
- ・設計が作成したBIMモデルとGrasshopperを連携させて視線、日照、太陽光反射の検証を行う。風解析に関してはWindperfectを使用して風解析を行う。
- ・日照シミュレーションではGrasshopperのプラグイン(Ladybug)を使用し、近隣住宅からどのように見えるのかを検証するのにLumionを活用する。

■ 検証の実施方法・体制

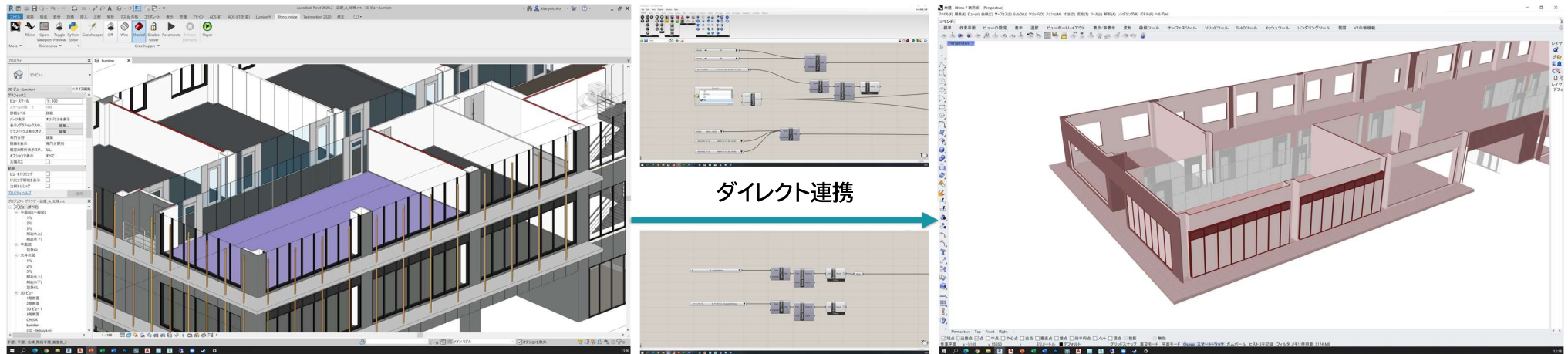
設計者が作成したBIMモデルと3D都市モデルを連携させ、風解析、日照、視線、太陽光パネルによる反射光シミュレーションを実施する。
シミュレーション結果を**アニメーション**や**グラフ化**し設計の進捗と共に発注者の方に閲覧してもらい、設計検討を行っていく。
実施設計が終了し、工事が着工した段階において、今まで提出してきた資料について**アンケート**を実施し発注者の方々に回答してもらう。
アンケートはBIM360上でアンケートを共有する。

検証B:課題② エビデンスを見える化することで得られる理解度・満足度

■結果の見える化による効果の検証方法



検証B:課題2-1 RevitとRhinceros & Grasshopperの連携



BIMモデル作成

Revitで作成したBIMモデルとRhincerosのGrasshopperをダイレクトに連携させるために **Rhino.inside.Revit** を使用する。

【課題2-1:エビデンスが見える化】でのシミュレーションを行うにあたってのBIMモデルの作成ルールを検討し、今後もGrasshopperとRevitを連携させ検証・シミュレーションを行っていく上で効率のよい連携方法を規定する。

本検証では、検証する床・窓について右の通りに規定し、検証を行った。

- ・解析対象の床
床ツールを使用:AnaylsisFloor
- ・解析対象の窓
壁のカーテンウォールを使用:AnaylsisWindow
窓のファミリに代わりにカーテンウォールで窓面を作成することで、Grasshopperと連携した際に高さや幅などを変更しやすく又、Grasshopperによって形状を操作できるように見越しで規定した
- ・壁:AnaylWall
本検証では使用していない
- ・その他の要素については今後検討し、規定していく

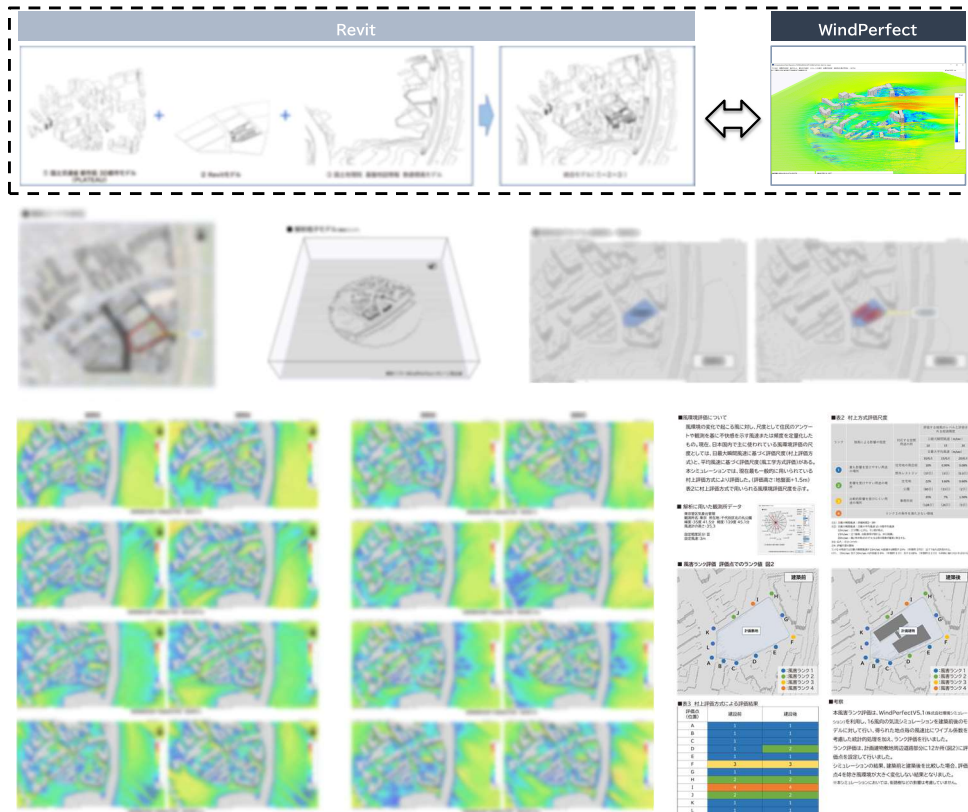
検証B:課題2-2 エビデンスを見える化

■ 風解析

風解析ではWindPerfectを使用する。

計画敷地周辺の一区画を3D都市モデルを利用し風解析を実施し計画建物建築前後で風環境に大きな影響が生じるのかを検証した。

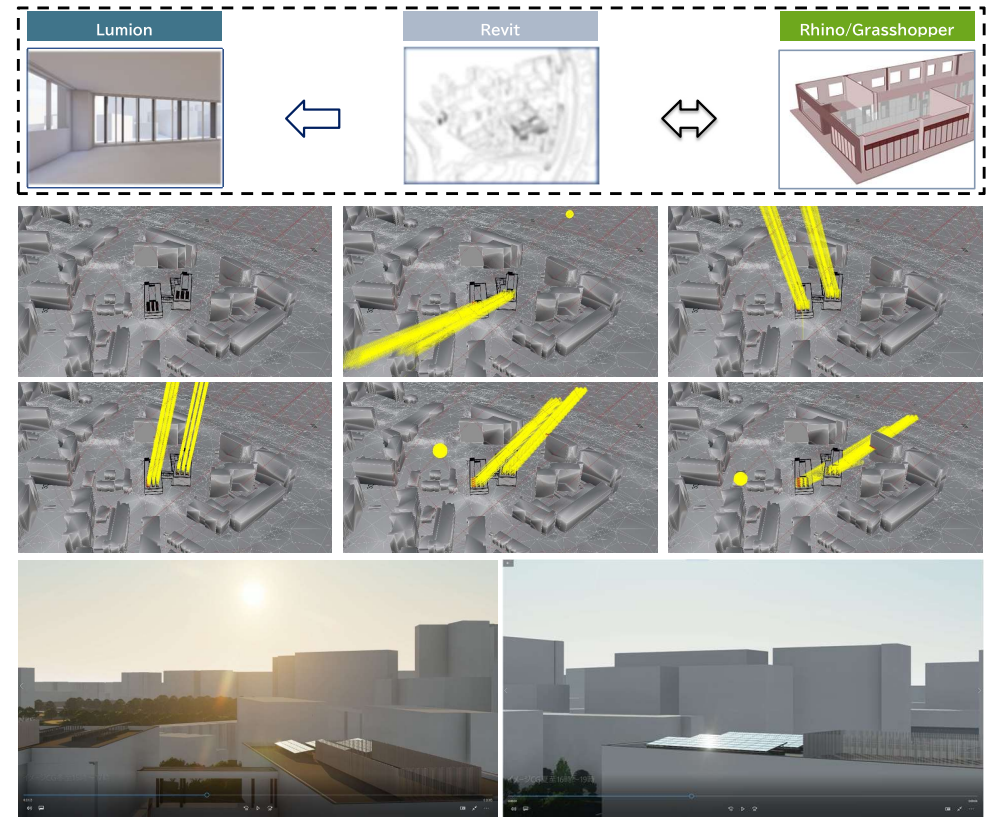
解析の結果、建築前後では大きな風環境の**変化はみられない**ことがわかった。



■ 太陽光パネルの反射光シミュレーション

太陽光パネルの反射光シミュレーションではGrasshopperを用いる。

太陽高度と位置を設定し、春秋分・夏至・冬至において太陽光パネルの反射光が周辺アパートのどの位置に影響するのかをシミュレーションした。その結果、夕方15時頃から年間を通して周辺アパートに反射光の**影響がある**ことがわかった。また、影響する位置から見た時のアニメーションを作成し、どのように見えるのかも検証した。



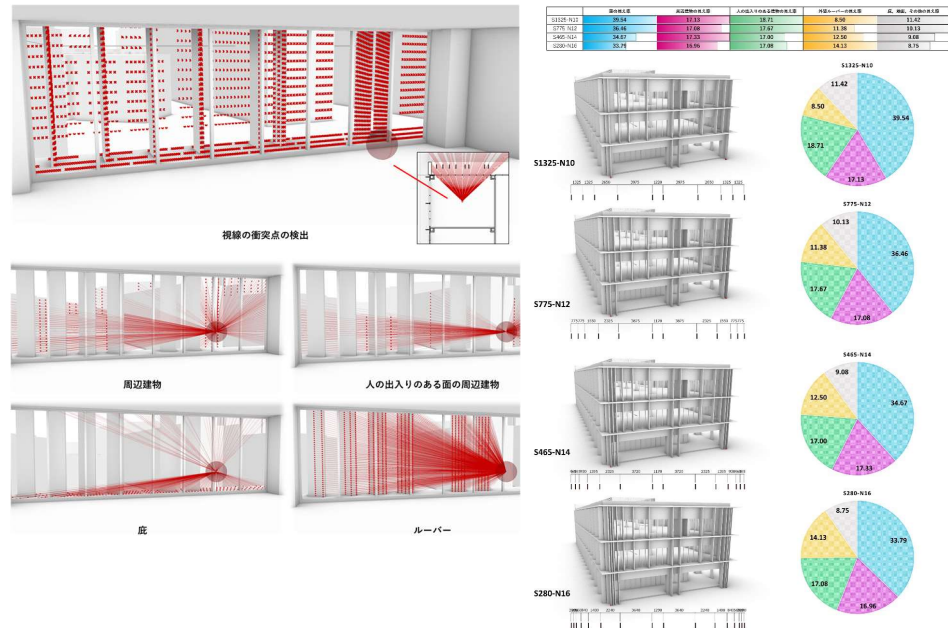
検証B:課題2-2 エビデンスを見える化

■ 視線シミュレーション

視線検証ではGrasshopperを用いる。

検証する居室で数カ所ポイントを取り、目線高さから放射状に仮定の視線を飛ばし窓面を透過する視線のみを抽出する。透過した視線が何にぶつかるのかを分別し、窓面に映る景観要素がどのような割合なのかをシミュレーションした。このシミュレーションを基に外装ルーバーの配置間隔や本数などを検討している。

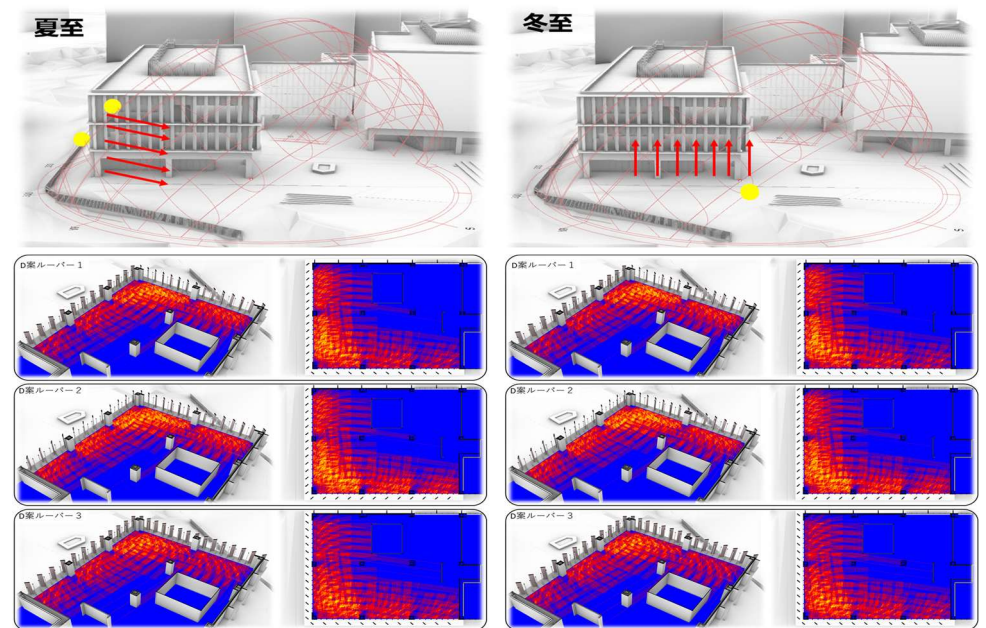
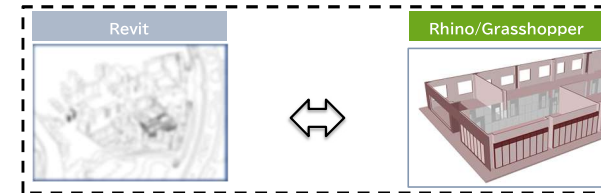
また、居室の向かいにある**プライバシー性のある建物**に対する視線も検証した。



■ 日照シミュレーション

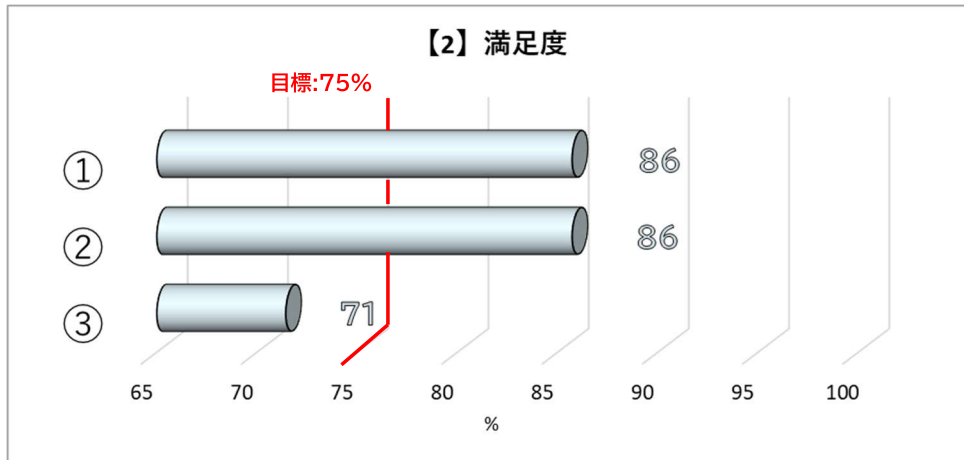
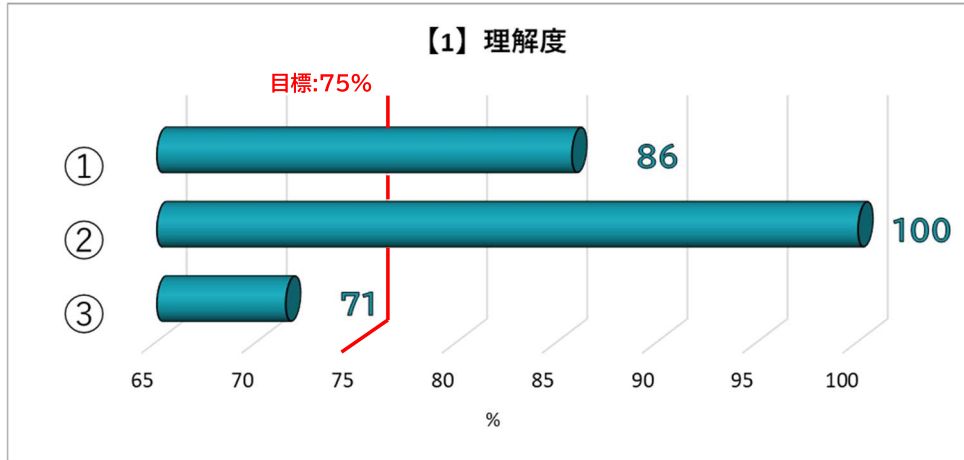
日照検証ではGrasshopperを用いる。

外装ルーバーの配置本数と間隔が決定したことで、角度の検討を行った。1日の日照範囲や西日の入り方などをシミュレーションし、西日を最も遮られる角度と意匠性の検討を行った。結果的に西面の外装ルーバーの角度は**45°が最も遮られる**結果となった。



検証B:課題2-3 エビデンスを見える化することで得られる理解度・満足度

■ 発注者へのアンケート/ヒアリング結果



アンケート実施日:2020年12月中旬

質問項目

【1】理解度

- ①太陽光パネル設置による近隣住宅への影響
- ②外装ルーバーによる外の見え方や日照
- ③計画建物建築後における敷地周辺風環境への影響

【2】満足度

- ①太陽光パネルによる反射光シミュレーションによる配置検討
- ②プライバシーや景観の見え方、日照シミュレーションによる設計検討
- ③近隣住民や関係者への説明材料

【3】その他

見える化による生産性向上に向けた取り組みで、視覚的に見えた方が理解しやすいと考える情報又は今回の取り組みにおける改良点

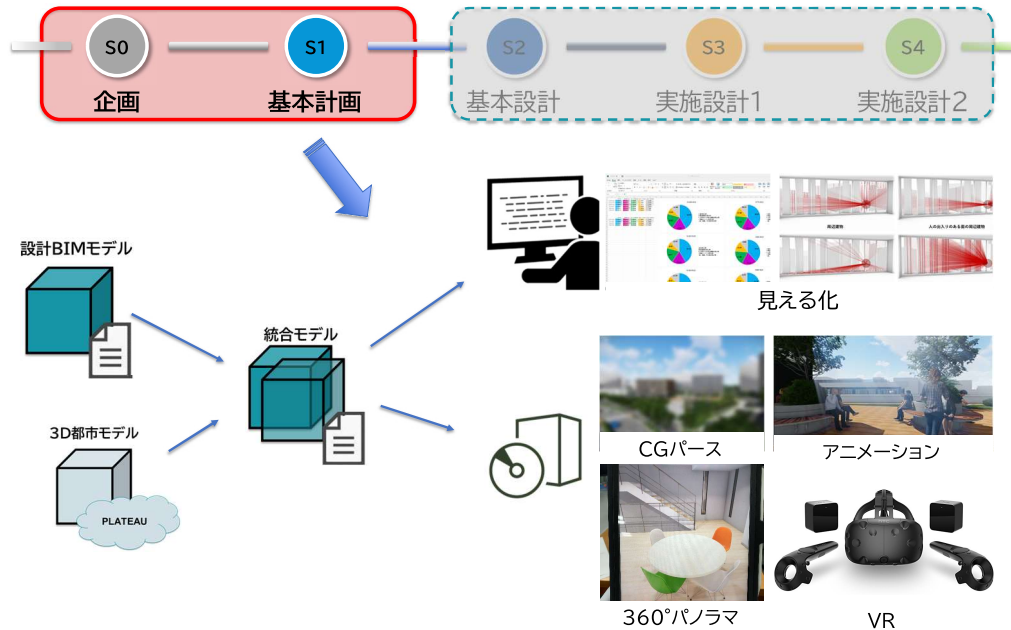
発注者の方々にアンケートを実施頂いた意見は以下の通りである。

頂いた意見では、企画(S0)、基本計画(S1)、基本設計の初期段階からデザイン性と機能性を同時に検討していく事やアニメーションやCG、VRといった映像と一緒に検討できると望ましいという意見があった。

【1】理解度	
1	季節ごとの反射光軌跡を見える化し、アニメーションでどのように見えるのかを閲覧することでどの範囲に影響が出てくるのかを把握することが出来た。
2	西日の入り具合が非常にわかりやすかった。特に、西面においては集中して学習する場を設置しているため、ロールカーテンやブラインド等の検討も必要になってくることが分かった。
【2】満足度	
1	近隣住民への説明が必要となってくるため、太陽光パネルの反射光の影響のあるお宅からどのような見え方になるのかアニメーションとして見せる必要があると感じた。
2	本案件が始まった初期よりデザインと機能性を同時に検討しながら進めることが出来ると良かったと思う。
3	建築について詳しくない人や仕様によってどのような影響が考えられるのかイメージの難しい内容を視覚的に検討することが出来ることは分かりやす良かった。
【3】その他	
1	ルーバー等を配置した場合の室内から見える割合だけではなく、どのように見えるかをCGやパノラマ、VRなど映像と一緒に検討できればより分かりやすくなると思う。
2	日照シミュレーションだけではなく、内部検討を行うにあたり照明についても連動させることで、照度など部屋の明るさを確認したり検証出来たりすると、今後の計画がしやすくなるのではないかと。

検証B: PLATEAU3D都市データ連携による生産性向上に向けた検証

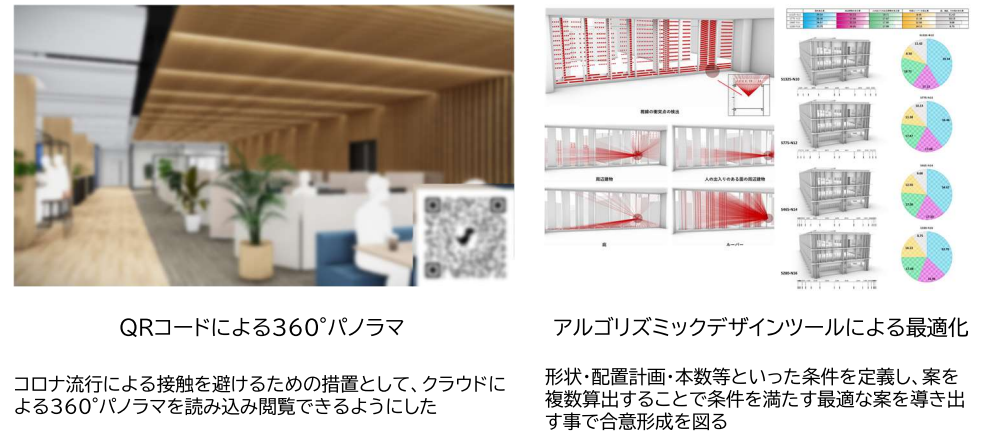
■ 企画・基本計画での合意形成プロセス



■ 今までの合意形成手法

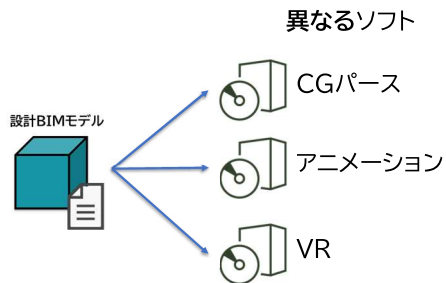


■ 新たな合意形成手法の取り組み



(基礎システムを構築中)

今までのフロー



2022年度から

