

国土交通省住宅局長 殿

## 令和 2 年度・3 年度総括

# 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

## 検証結果報告書

以下の内容により、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の検証結果を報告いたします。

応募提案名： BIM を活用した不動産プラットフォームの構築による既存オフィスビルの施設維持管理の高度化と生産性向上

---

応募者： 東京オペラシティビル株式会社  
プロパティデータバンク株式会社

---

代表者： 東京オペラシティビル株式会社  
代表取締役社長 三和千之

---

## 目次

(1) プロジェクトの情報	…3
(2) 本事業を経て目指すもの、目的	…9
(3) BIM データの活用・連携に伴う課題の分析等について	(令和2年度) …11
同	(令和3年度) …41
(4) BIM の活用による生産性向上、建築物・データの価値向上や様々なサービスの創出等を通じたメリットの検証等について	(令和2年度) …63
同	(令和3年度) …74
(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	…81
(6) BIM 発注者情報要件(EIR)、BIM 実行計画(BEP)の検証結果	…87
(7) 添付資料	

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 説明資料 資料 1

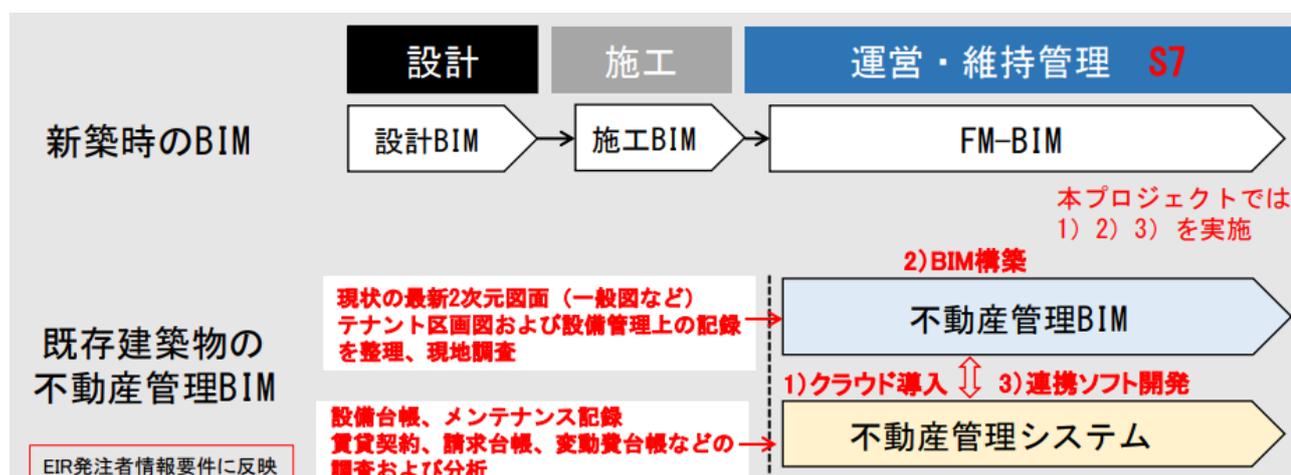
BIM モデルガイドライン 資料 2

既存大規模施設における BIM を活用した維持管理システムの構築に関する基礎調査 資料 3

## (1) プロジェクトの情報

### 1-1 はじめに

本プロジェクトでは1) 不動産管理システム 2) BIM 構築、構築および 3) BIM と不動産管理 DB の連携ソフトウェアを開発 の手順でプロジェクトを推進した。ガイドラインにおける業務区分においてはS7（維持管理・運用）段階を対象としている。



図表1 既存建築物のBIM構築と新築時BIMの相違イメージと検証対象

### 1-2 本事業の事業協力者

本事業には、以下の表中の役割を持つ事業構成員2社と、構成員からの委託により2社（1社は令和2年度）は以下の業務を実施した。これにより、検証に必要な情報や知見の取得、検討の熟度を高めることを期待した。

構成員名	効果検証・課題分析等における役割
株式会社東京オペラシティビル 統括管理会社（本プロジェクトではLCコンサルタント）	オペラシティビルにおけるBIMモデルを発注するとともに、プロパティマネジメント業務においてBIMモデルの導入および運用を行う。ライフサイクルコンサルタントとして運用面での課題を分析の上、総括的な活用方法を提案した。
プロパティデータバンク株式会社 不動産管理システム提供（本プロジェクトではBIMマネージャー）	オペラシティビルの不動産管理クラウドシステム上においてBIMと連携するオプションプログラムの設計・開発および実装を推進した。BIMマネージャーとしてBIM構築及び全体システムを統括した。

構成員からの委託により、受託者は以下の業務を実施した。

受託者名	効果検証・課題分析等における役割
早稲田大学	構成員からの委託により BIM モデルのデータ作成および入力業務を遂行した。必要に応じて 2 次元図面などの建築情報の収集作業や現地調査を実施した。
エクストリーム(令和 2 年度)	構成員からの委託により BIM と連携するオプションプログラムのプログラムコーディングおよびインターフェイス作成業務を実施した。

### 1-3 建物の概要

既存の大規模複合施設（BIM 無し）であるオペラシティビルにおいてクラウドによる維持管理を導入しつつあるがさらに、新たに BIM を導入し、検証を加えながら BIM の活用方法を取り纏める。

対象物件名称	東京オペラシティビル
規模	地上 54 階、地下 4 階、塔屋 2 階
延床面積	242,544 m <sup>2</sup>
竣工	1996 年 8 月（築 25 年）
用途	事務所、店舗、コンサートホール等
構造種別	鉄骨鉄筋コンクリート造

### 1-4 検証テーマと本事業の BIM 活用方針

すでに建っている建物では、不動産所有者が自らの意思で BIM データの作成や導入を進める必要がある。本プロジェクトは設計・施工段階を経ずに既存建物において BIM を導入するものである。

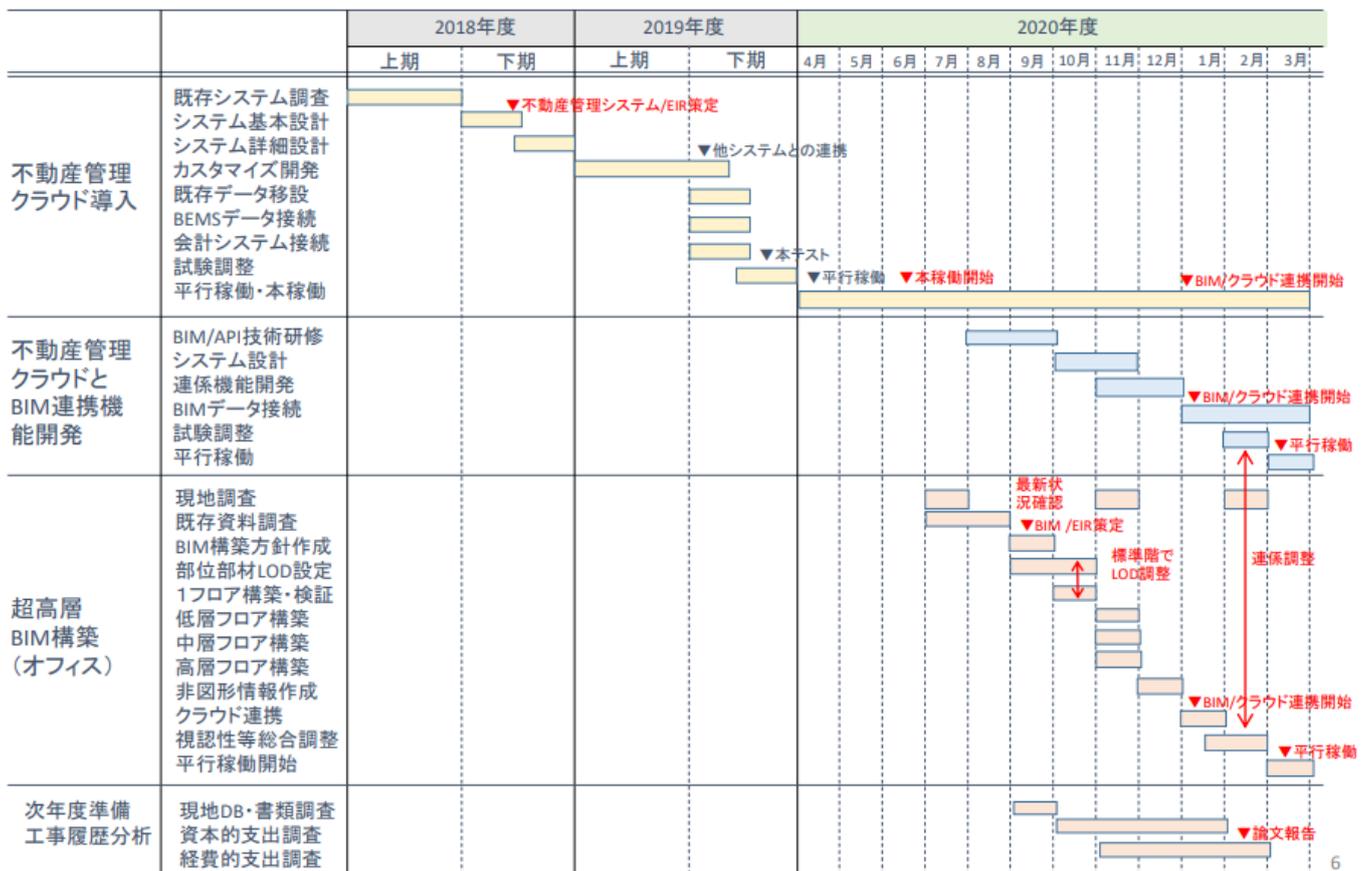
- ・ 設計 BIM、施工 BIM は存在していないため、現状の最新図面（2 次元 CAD）に加え、管理上作成しているテナントの区画図などの運営情報などから BIM を構築する。必要に応じた現地調査なども実施した。
- ・ 不動産管理業務や施設維持管理業務の実態を調査し、業務内容、業務量に加え、過去の工事やメンテナンスの履歴等も分析し、BIM 導入の範囲や不動産管理システムとの連携機能の参考とした。
- ・ 同時に、BIM と連携する不動産管理システムを導入、主要機能における BIM との連携をはかった。

## 1-5 スケジュールと検証の流れ

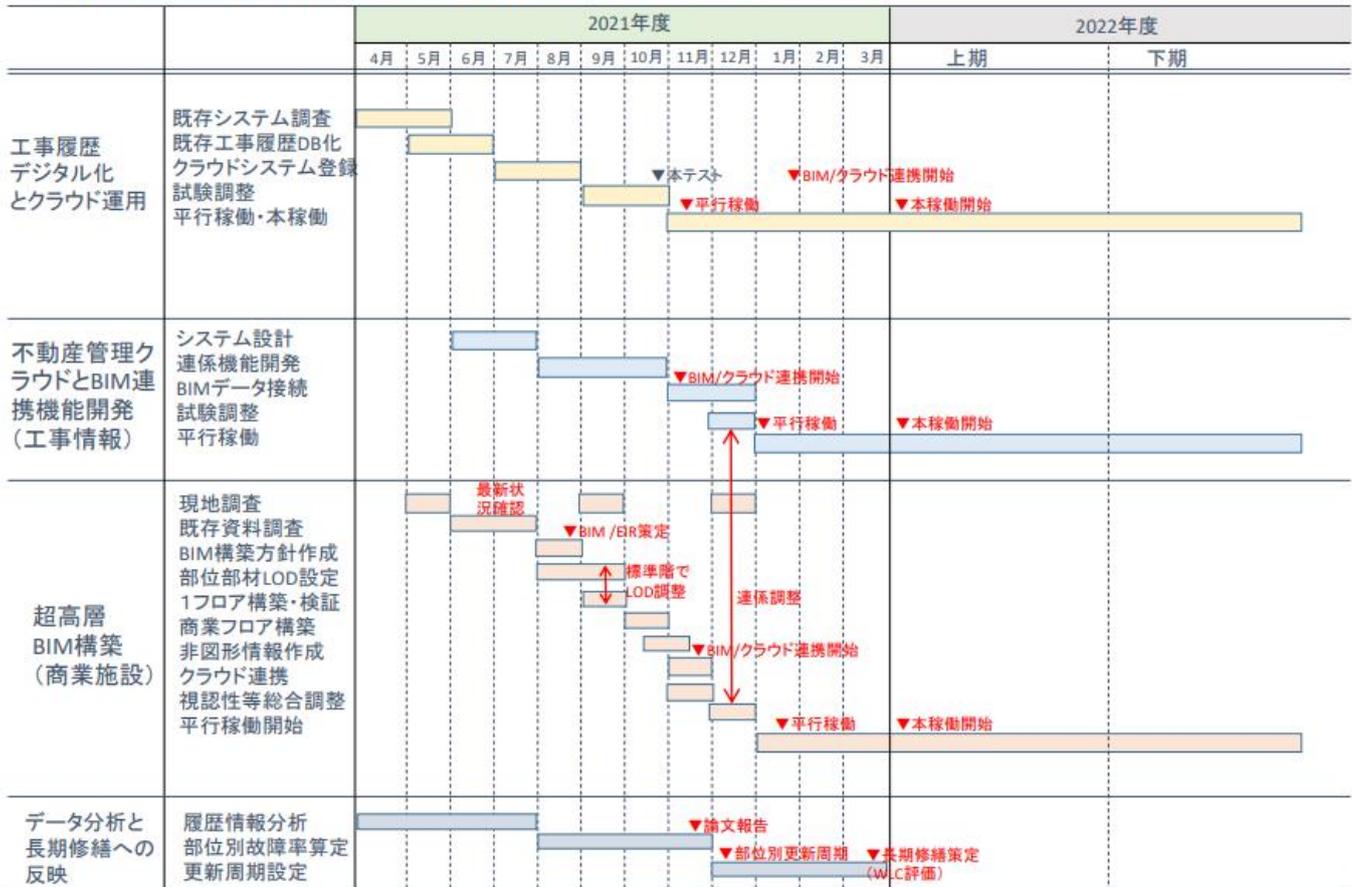
BIM情報を導入することにより次の事業に取り組む

- ① 入居者（テナント）管理、エネルギー管理情報をBIMと連携させることにより、テナント情報、エネルギー使用量等をBIM上での可視化し、テナントサービスの高度化を図りつつ、より正確性の高いエネルギー管理を行い、施設運営力の向上をはかる（令和2年度取組）。
- ② 修繕工事の企画・実施・完了から固定資産計上までのワークフローとBIM情報を連携させDB化することで企画・計画段階の情報集約の手間、工事完了後の資産管理台帳への仕分けの簡素化・効率化等を行う（令和3年度取組）。
- ③ 上記修繕履歴DBを活用し、中長期修繕計画の計画、実施、履歴管理、将来計画等の情報をBIM上での可視化をすることにより、関係者連携強化を図り、正確性・信頼性の向上に取り組む（令和3年度取組）。

### 不動産管理クラウド導入およびBIM導入プロセス



## 不動産管理クラウド導入およびBIM導入プロセス



図表2 不動産管理クラウド導入およびBIM導入プロセス

### 1-6 試行・検証対象の概要

不動産管理情報は、期間や日時などの情報を包含するとともに、長期間にわたって管理される経営情報であり不動産管理ソフトウェアを利用する領域。BIMは、一定期間変化することのない構造・躯体や主要設備の3次元情報、基本的な性能や仕様の情報を管理することができる。双方の連携により業務効率化や管理品質の向上をねらう。

分野	不動産 管理業務	連携		連携効果 効率 品質
		不動産管理情報 過去から将来にわたり常に変化	連携するBIMの内容 一定期間変化しない静的情報	
評価・鑑定	PML算定	構造躯体、主要設備・内装、周辺地盤	被害想定領域や価格	○ ○
	想定CAPEX算定	工事内容、場所、工事金額、修繕周期、前回実施時期	更新部位、設備の抽出および推計価格	○ ○
	鑑定評価額	不動産収益、再調達価格、周辺取引事例、地価・市況	規模及び仕様の確認、再調達価格	○ ○
プロパティ	空間・面積管理	階別面積情報、区画情報、共有部分面積	対象区画の確認及び面積	○ ○
マネジメント	賃貸契約管理	区画、面積、個別契約条件、契約者情報、債権情報	〃	◎ ◎
ファシリティ	賃借契約管理	契約区画、区画面積、個別契約条件、契約者情報	〃	◎ ◎
マネジメント	自社利用管理	利用区画、区画面積、期間、利用条件、利用部門	区画の確認及び面積、レイアウト	◎ ◎
	預託金管理	預り金情報（テナント毎）、償却情報、期日情報	対象区画の確認、退去時の原状回復費	○ ○
	予算収支管理	予算収益・費用、実績収益・費用、予算CF、実績CF	連携なし	
	請求・入金管理	債権情報（テナント毎）、請求情報、入金情報、残債権	連携なし	
	資金計画	長期収入計画、長期支出計画、資金調達計画、長期修繕計画	連携なし	
	工事計画（LCC）	内容、区画・設備、工事金額、修繕周期、実施時期、劣化度	区画、部位、設備の確認およびCAPEX	○ ○
	工事管理	内容、理由、部位、予算・決定額、発注先、資本的支出額	構造躯体・設備、固定資産部位	◎ ◎
ビル	日常業務管理	メンテナンス作業名称、業務内容、日時、対象区画・部位	作業対象区画、部位、設備	○ ○
メンテナンス		クレーム内容、発生・解消日時、箇所、原因・対応・費用	〃	○ ○
		不具合内容、内容、発生・解消日時、箇所、原因・対応・費用	〃	○ ○
	機器・部材管理	区画・位置、設置時期、劣化・危険度、耐用年数、運転時間	構造躯体・設備、固定資産部位	◎ ◎
	エネルギー管理	管理対象、月次消費、日次消費、5分トレンド	対象区画及び系統	○ ○
固定資産管理	固定資産管理	対象資産、区画・位置、償却年数、簿価、開始時期	設置場所、サイズ、仕様、現況	○ ○
	IFRS対応	リーシング情報、原状回復費条件	〃	○ ○

令和  
2年度  
実施

令和  
3年度  
実施

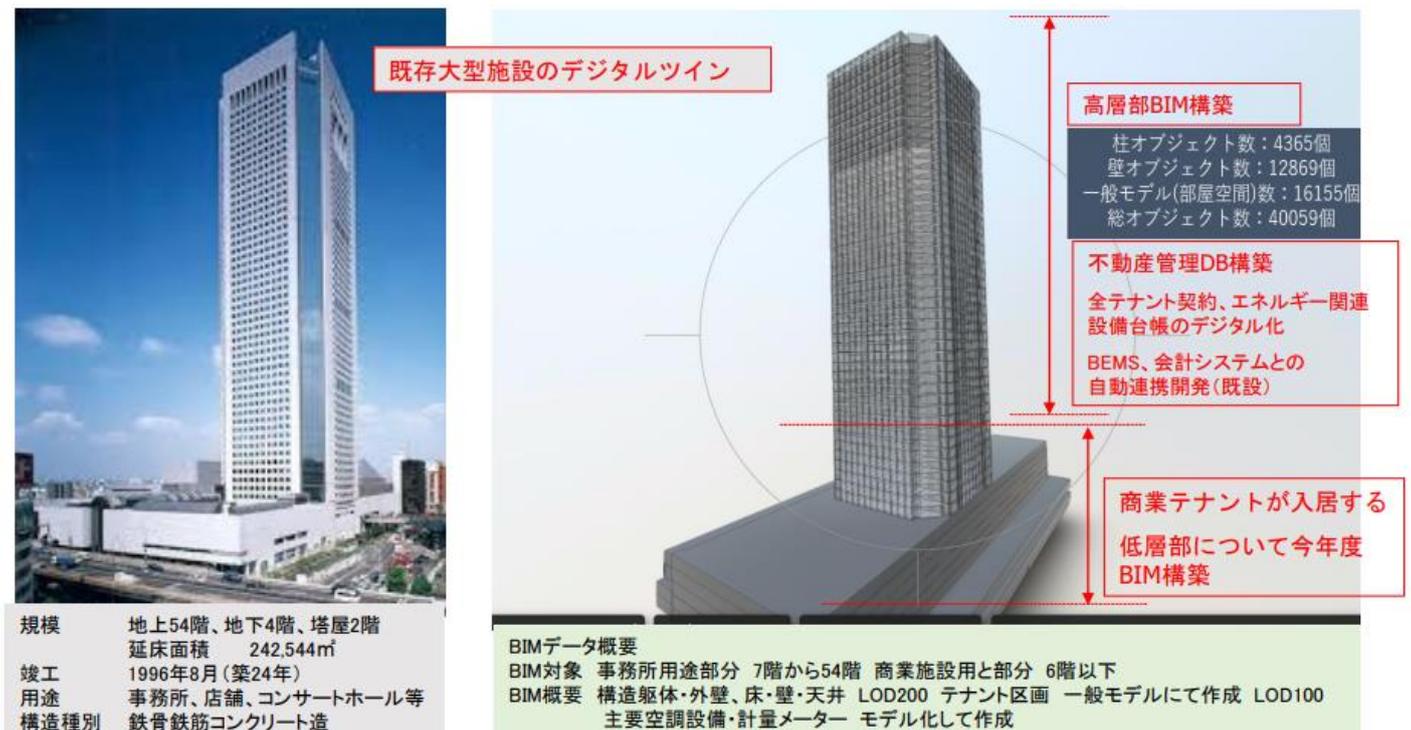
令和  
3年度  
実施

令和  
2年度  
実施

図表3 試行・検証対象の概要と年度毎の実施状況図

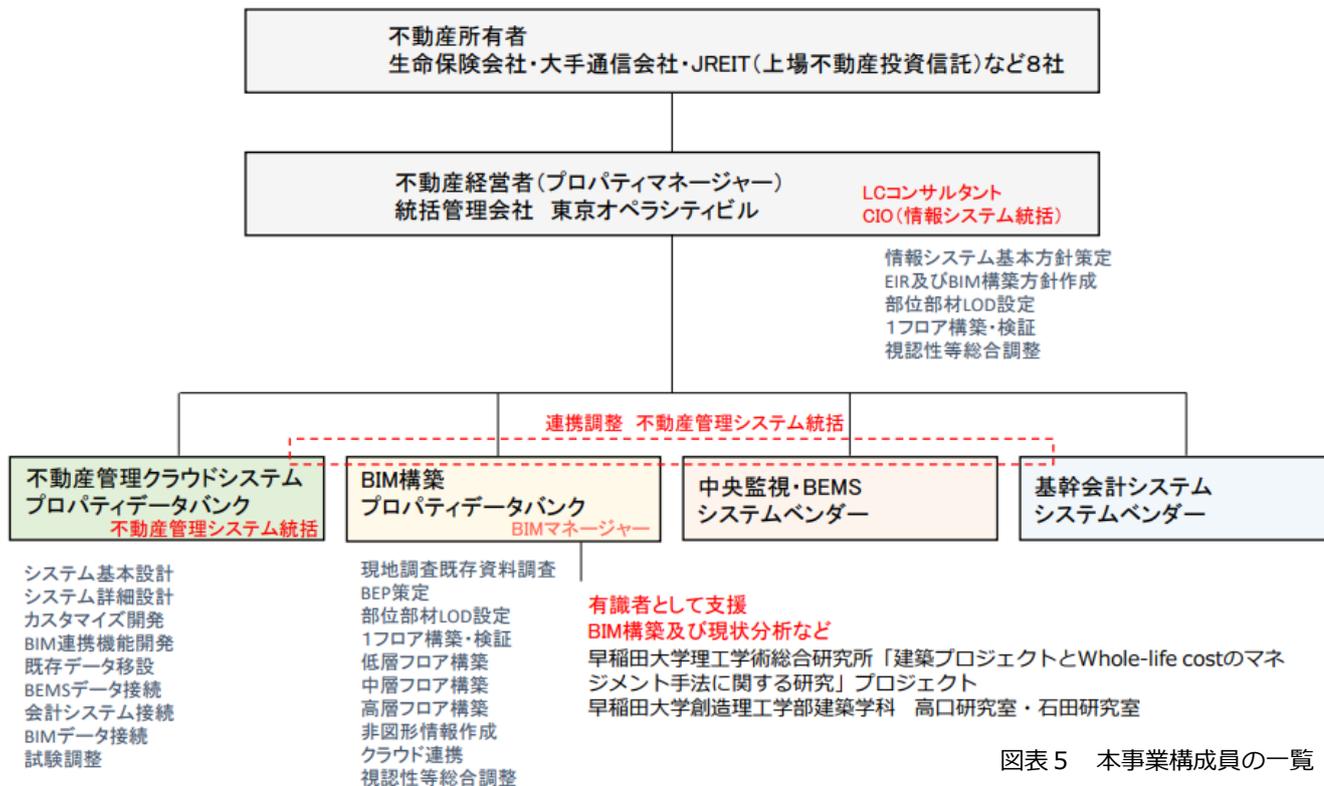
主に事務用途である7階から54階については令和2年度事業にてBIMを構築。

その際に策定したBEPおよびEIRを活用し、令和3年度では主に商業施設が入居する低層部のBIMを構築する。全テナント契約データのデジタル化、計量メーターを含む主要設備の設備台帳のデジタル化などは導入済みの不動産DBを活用する。

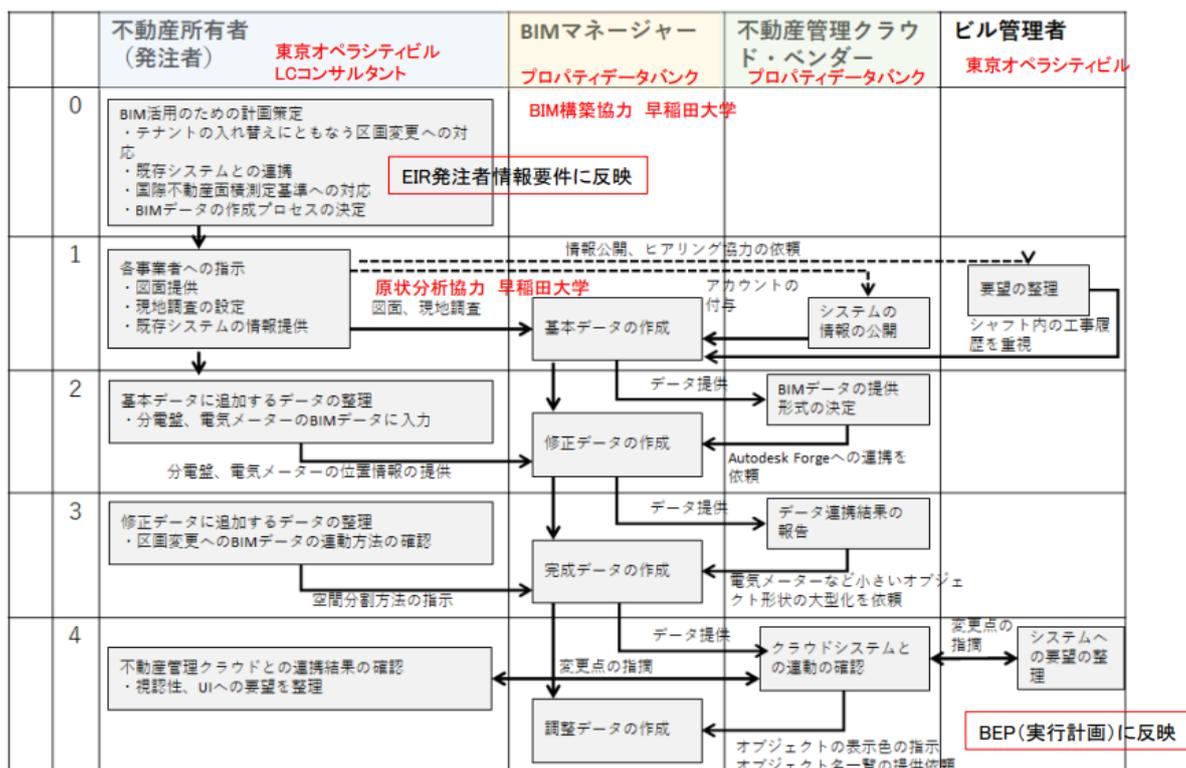


図表4 東京オペラシティビル

不動産経営者（東京オペラシティビル）がライフサイクルコンサルタントおよび全体の IT を統括。不動産管理システム統括（プロパティデータバンク）が BIM マネージャーとして BIM を構築するとともに BEMS や基幹会計システムとの連携調整などを推進する。



不動産所有者（東京オペラシティビル）であるライフサイクルコンサルタントおよび BIM マネージャー・不動産管理クラウドベンダーが連携して BIM および不動産 DB を構築させる。



図表6 本事業構成員の関係図

## (2) 本事業を経て目指すもの、目的

### 2-1 提案内容の概要

対象業務のそれぞれの業務フローに関し、BIM 情報活用前後で、業務量（人・日）の 2 割削減を目標とする。主に以下 1)2)3)について BIM 情報活用前後における業務量（人・日）を導入前後で定量的に比較。令和 2 年度は 1) 2) を実施、令和 3 年度は 3) について実施した。

### 2-2 設定した「定量的に検証する効果と比較基準、目標」

- 1) 修繕工事の企画・実施・完了から固定資産計上までのワークフローの各段階において、情報集約・作成にかかわる業務量（人・日）の削減を検証する。例として図面情報検索や現地調査業務の軽減、劣化予兆把握の迅速化、工事内訳書の数量精度の向上等の効果等が期待できる。
- 2) 上記修繕履歴 DB を活用し、中長期修繕計画の立案の業務フローの効率化をはかる上で業務フローの改善による付加価値の向上と業務量（人・日）の削減を検証する。
- 3) 入居者（テナント）管理、エネルギー管理情報を BIM と連携させることによるワークフローの改善をはかる。既存のワークフローと導入後のワークフローを比較することにより削減される業務量（人・日）を検証する。

### 2-3 本事業を経て目指すもの、目標

既存の大規模複合施設であるオペラシティビルにおいて施設維持管理の高度化と生産性向上を目的に BIM を導入し、検証を加えながら BIM の活用方法及び効果等について取り纏める。

#### ① Whole Life cost の最適化

BIM と BEMS 及び不動産運用管理システムを統合したプラットフォームを構築することで、工事管理、エネルギー管理、入居者（テナント）管理、設備管理業務等の生産性と品質を向上させる。一連の取組により、施設全体の長寿命化と Whole Life cost の最適化をはかる。

#### ②不動産管理業務における高度化と生産性向上の実現

BIM 活用を実施する業務において、維持・運營業務の品質向上と業務量（時間数）削減をはかる。

### 2-4 解決する課題、成果等

竣工後の維持管理を長期に担う者の立場から BIM の必要性を検証する取り組みである。特に、維持管理者のみならず、オーナーの資産管理業務に対しての効率化も念頭に BIM を活用することから、不動産投資市場の大部分を占める既存ビルのオーナーへの訴求効果が高い取り組みである。

## ①解決する課題

BIM情報を持たない既存の大型ビルにおいてどのようにBIMを構築するかという課題について検討する。また構築したBIMを維持・運營業務においてどのように効果的に活用するかという課題も検討する。

## ②成果等

新築・既存を問わず、BIMを活用できる可能性があることや、BIM活用により「Whole life costの最適化」などの効果があることを検証し、提案する。一連の取り組みが、不動産を所有する多くの法人やオーナーの資産価値向上につながることを期待したい。

### (3) BIMデータの活用・連携に伴う課題の分析等について（令和2年度）

#### 3-1 本プロジェクトの目的

本プロジェクトの目的は以下の2点とする。

- 施設維持管理の高度化と生産性向上の両面を改善
- 施設全体の長寿命化と Whole Life cost 最適化

#### 3-2 設定した課題-検討課題（令和2年度実施）

今年度実施する入居者（テナント）管理とエネルギー管理と BIM との連携において、入居者（テナント）情報、エネルギー情報と BIM を連携させることにより、一元化する情報の量と質をどのように設定するかという課題に注力した。

#### 3-3 プロジェクト推進上設定した課題

既存・超高層施設である点や実業務が遂行されている点などを踏まえ、実際にプロジェクトを推進するにあたっては、以下の3点の課題に分解し検討した。

##### 課題① 大規模既存施設の BIM 構築手法検討

- 対象部位、構造物、設備および空間の特性や利用目的に合わせてオブジェクトを分類
- 1フロアで反復検討後、全フロアに展開

##### 課題② 実際の業務フローへの対応

- テナント管理、エネルギー管理、設備・メーターの管理を対象に実業務検証
- IT ツール活用について確認するとともに BIM 導入効果を評価（定量化）

##### 課題③ 不動産管理に対応した BIM 構築

- 実際のテナント区画などを参考に現状あるいは将来の変更にも対応できる空間オブジェクトを設定。大きさや BIM 上の仕様などを検討

課題③の不動産管理に対応した BIM 構築を検討する段階で以下の4課題に分類して検討。それぞれに以下の手法で解決することとした。

課題	対応方法
テナントの入れ替えにともなう区画変更への対応 課題③-1	7階～54階における現状の貸出状況がわかる図面を作成し、区画形状の分析を行った。基本的にテナントへの貸出区画の境界線は通り芯に合わせて設定されるので、通り芯で区切った空間オブジェクトの設置を行った EIR 発注者情報要件      BEP（実行計画）に反映
既存の情報システムとの連携 課題③-2	利用されているシステムの現地調査を行うとともに、各システムを提供するベンダーに BIM データ作成の初期段階からヒアリングを行い、入力すべき建物形状や情報、データ形式の整理を行った EIR 発注者情報要件に反映
国際不動産面積測定基準への対応 課題③-3	柱や構造壁などの構造躯体、エレベータシャフト、機械室などは形状を正確に入力し、貸出す可能性のある区画には空間を示すオブジェクトを設置した EIR 発注者情報要件に反映

<p>オーダーメイド管理に対応したBIMデータの作成プロセス</p> <p>課題③-4</p>	<p>オフィス・ビルの FM-BIM データとして一般的に必要な情報を入力した「基礎データ」を作成し、そのあと、不動産所有者、不動産管理クラウドのベンダー、ビル管理士にヒアリングを2度行い「修正データ」「完成データ」を作成した。最後に不動産管理クラウドとの連携を行い、BIM データの表示情報などビル管理業務に従事する利用者の利便性を考慮したモデルの修正を行う、4 回のイテレーションを想定する計画とした</p>
---	--

BEP（実行計画）に反映

### 3-4 課題① 既存大規模施設の BIM 構築手法検討

<検討の方向性（検討の前提条件）>

当該施設は超高層大規模施設（延床面積 242,544 m<sup>2</sup>）となるため、全体の BIM 構築には多大な労力と期間が予想された。本プロジェクトでは対象部位、構造物、設備および空間の特性に合わせてオブジェクトを分類。BIM として正確に構築するオブジェクトとモデル化するオブジェクトに分類し効率の良い BIM 構築手法を選択。また、1フロアで反復検討後、全フロア（54 階）に展開した。

<実施方法、体制（オブジェクトの分類）>

BIM 構築にあたっては各オブジェクトの空間特性や活用目的に対応して以下の 3 分類を設定した。

不変オブジェクト

→BIM としてある程度正確に入力（LOD200 程度）

主に構造躯体などがこれに該当する。運営上必要となる面積の算定や大規模な設備更新などに活用する観点から正確に寸法および位置を反映する。また、建物内では EV シャフトやパイプスペース・耐力壁・共有部内壁なども、これに該当する。

可変オブジェクト

→モデル化するか空間として入力（モデル化するが寸法や位置は正確に入力する）日常の運営管理において変化するものをこれに分類する。主に賃貸スペースの間仕切壁、専有面積がこれに該当する。

半不変オブジェクト

→モデル化して入力定期的に更新する設備や共用部の壁など

表 各建築部材とオブジェクト指向対応表

BEP（実行計画）に反映

部材名称	部材詳細	オブジェクト指向	備考
柱	柱	不変オブジェクト	
梁	梁	不変オブジェクト	
外壁	外壁	不変オブジェクト	
内壁	耐力壁	不変オブジェクト	
	シャフト壁	不変オブジェクト	
	共有部壁	半不変オブジェクト	
	間仕切壁	可変オブジェクト	賃貸部間仕切りのみ対象
	ZONE壁	可変オブジェクト	実在しない。不可視
間取り・部屋	PS	不変オブジェクト	
	シャフト	不変オブジェクト	
	共有部	半不変オブジェクト	
	賃貸面積部	可変オブジェクト	

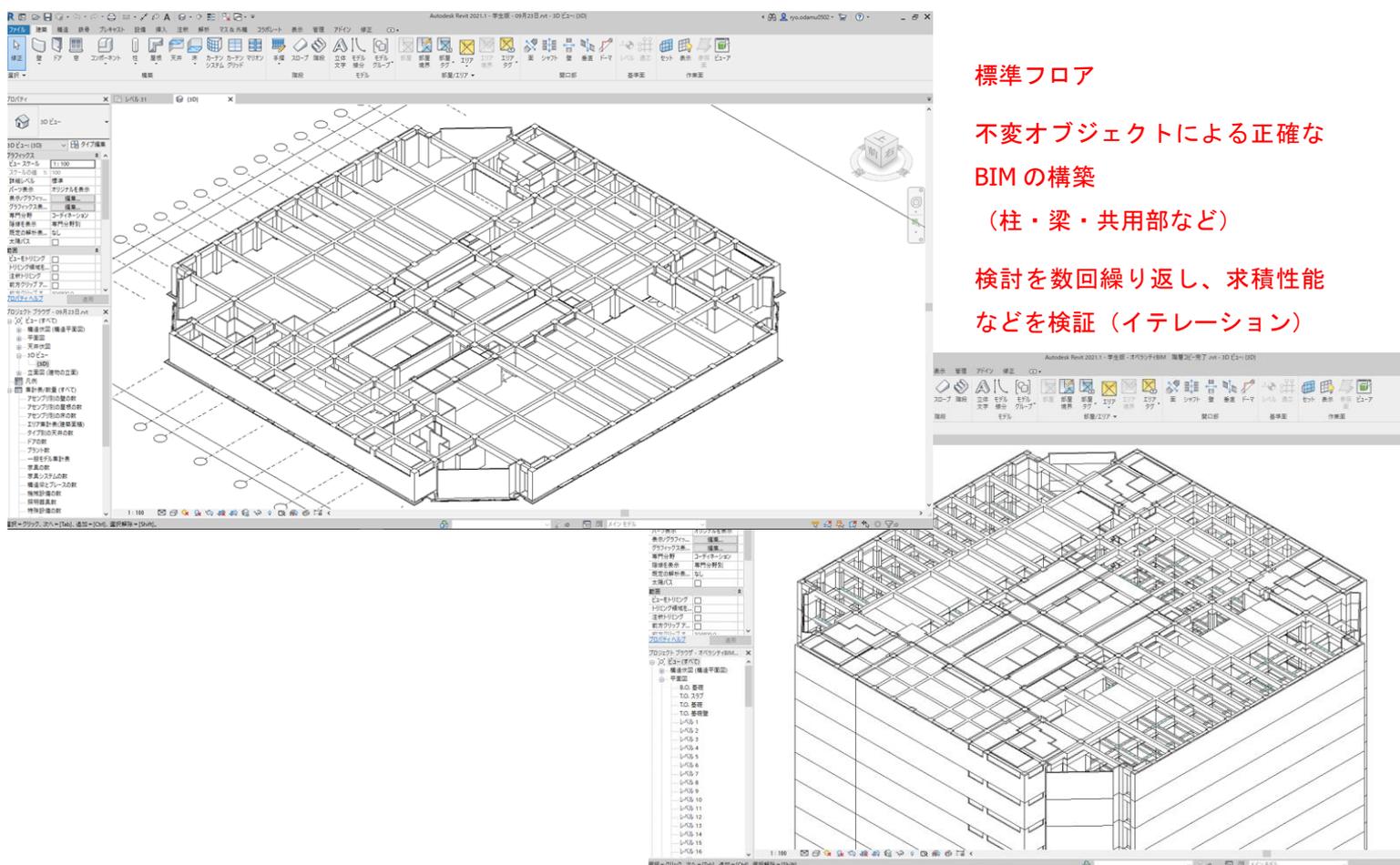
図表7 各建築部材とオブジェクト指向対応表

### <実施方法、体制（超高層 BIM の構築手順）>

最新の図面及び CAD を活用し、不変オブジェクトに相当する柱・梁・外壁および共用部諸室について BIM を構築。標準階で反復調整（イテレーション）を実施し不変オブジェクトの正確性や求積性能などを確認の上、標準フロアの不変オブジェクトを活用し施設全体（55 階分）に展開した。

コアの位置、形状の変化、貸室スペースのフロアによる変化などを検証し正確に BIM に反映。結果として、事務用途である 7 階から 54 階について当該手法を活用して BIM を構築。2 から 3 人のチームで準備作業および標準階事前検証に 1 か月、全フロア展開に同様のチームで 1 か月程度の作業で構築を完了することができた。

**BEP (実行計画) に反映**



標準フロア

不変オブジェクトによる正確な BIM の構築

（柱・梁・共用部など）

検討を数回繰り返し、求積性能などを検証（イテレーション）

協力：早稲田大学理工学術総合研究所「建築プロジェクトと Whole-life cost のマネジメント手法に関する研究」プロジェクト

図表 8 超高層 BIM の構築手順

### <課題分析等の結果>

主に事務用途である 7 階から 54 階について前述の手法を活用して BIM を構築。既往の取り組みにより、BIM 構築と同時に全テナント契約データのデジタル化、計量メーターを含む主要設備の設備台帳のデジタル化なども実施することができた。

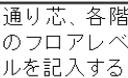
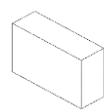
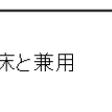


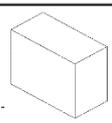
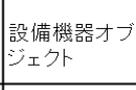
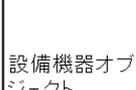
図表 9 東京オペラシティビル

### <今後の課題>

今回はテナント管理、エネルギー管理などの業務に活用する基礎的な統合 BIM の構築となった。修繕工事や設備改修工事などの管理に BIM を適用するにはさらに各オブジェクトの詳細度 (LOD) や配管やその他設備の BIM 化の可否などを検討する必要がある。今後工事管理の BIM プロセスの過程で検討することとした。

以上の結果を踏まえ本プロジェクトで活用した BIM 構築の際の LOD 一覧は以下となる。

分類	部位名	LOD/用途	作成例	そのほか情報
図面	通り芯、FL	LOD:200		
部位	柱	LOD:200 居室の面積、体積を求められるよう外形を正確に描く。 Revit上でのモデル: 柱オブジェクト		
部位	壁	LOD:200 居室の面積、体積を求められるよう外形を正確に描く。 Revit上でのモデル: 壁オブジェクト		壁の厚みを表現し、壁種類がわかることが望ましい。
部位	梁	LOD:200 居室の体積を求められるよう外形を正確に描く。 Revit上でのモデル: 梁オブジェクト		
部位	床	LOD:200 内部を閲覧する際に歩行者のオブジェクトが歩行できるようにする。 Revit上でのモデル: 一般モデル使用		ウォークスルー時に歩行が可能なモデルとする。
空間	居室 (床下)	LOD:200 床下の空間の厚みがわかるようにする		床と兼用
空間	居室	LOD:200 内法天井高さで表現する。 Revit上でのモデル: 部屋機能で作成		ウォークスルーで閲覧するため、非表示。
空間	居室 (天井裏)	LOD:200 天井裏の空間の厚みがわかるようにする。 Revit上でのモデル: エリア機能で作成		ウォークスルーで閲覧するため、非表示。

分類	部位名	LOD/用途	作成例	そのほか情報
空間	共用部	LOD:200 Revit上でのモデル: 一般モデル		
空間	共用部	LOD:200 Revit上でのモデル: 一般モデル		共用部にある居室を表現する。
空間	EV	LOD:100 各階で分割して作成する。 Revit上でのモデル: 一般モデル		一般モデルでエレベータ空間の形状を描く。
空間	階段室	LOD:100 階段室の大きさがわかるように作成する。 Revit上でのモデル: 一般モデル		一般モデルで描く。
設備	電気メーター	LOD:100 ビューワーで電気メーターの位置が把握できるように実大ではなく大きめに表現する。 モデルの寸法は400×800×4000とする。 Revit上でのモデル: 設備機器オブジェクト		入力サイズについては、関係者で協議して決める。設備機器オブジェクトを用いる。
設備	上水メーター	LOD100 モデルの寸法は400×800×4000 Revit上でのモデル: 設備機器オブジェクト		入力サイズについては、関係者で協議して決める。
設備	冷水メーター	モデルの寸法は400×800×4000 Revit上でのモデル: 設備機器オブジェクト		設備機器オブジェクト
設備	空調機	モデルの寸法は1000×4000×4000 Revit上でのモデル: 設備機器オブジェクト		設備機器オブジェクト

協力：早稲田大学理工学術総合研究所「建築プロジェクトと Whole-life cost のマネジメント手法に関する研究」プロジェクト

図表 10 BIM 構築の際の LOD 一覧

本プロジェクトで構築した BIM の図面、アウトライン、分類別の BIM データは以下となる。

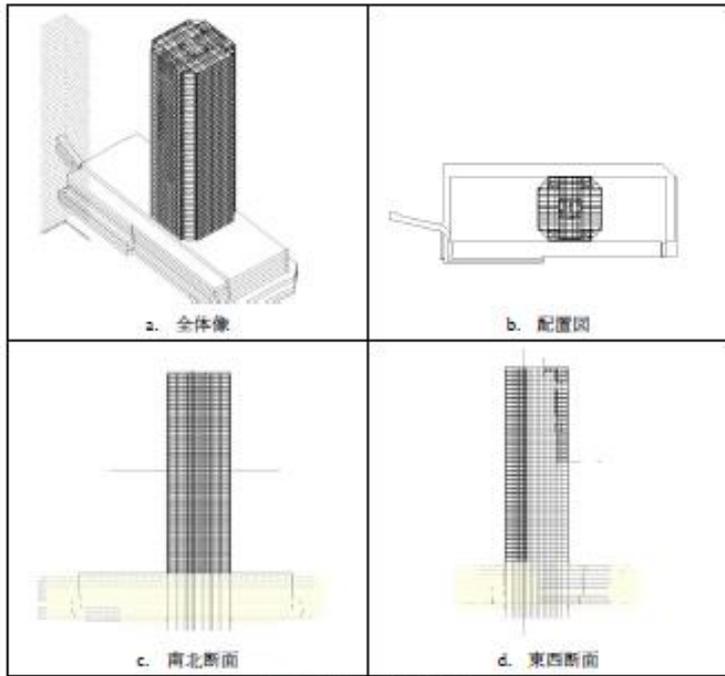


図 10 BIM データの全体像

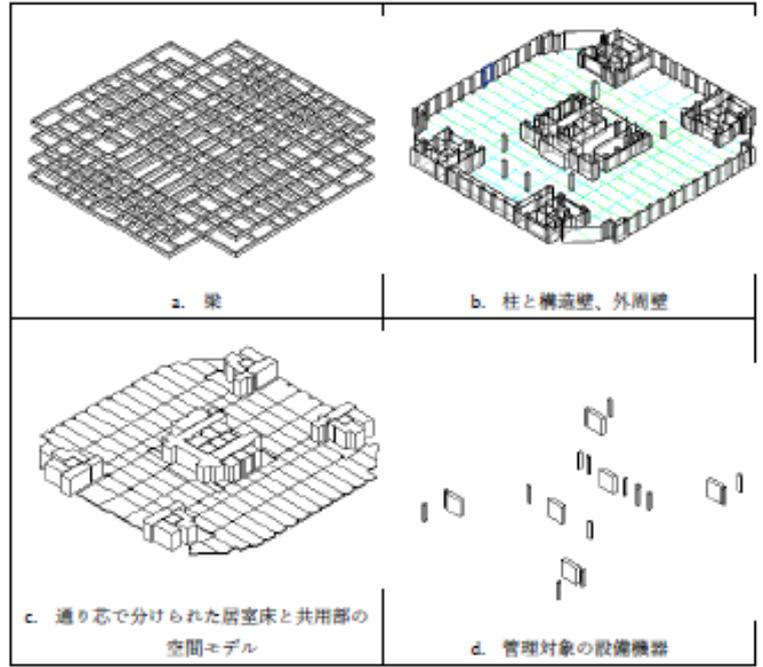
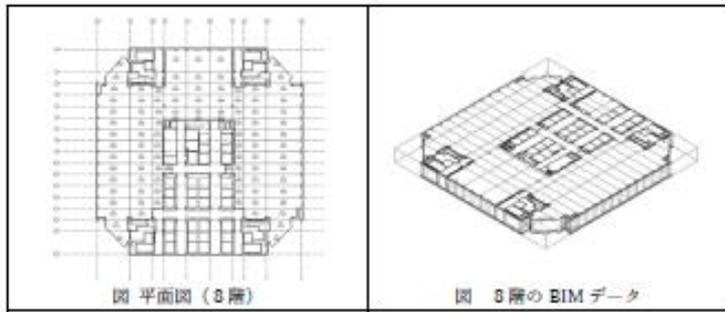


図 11 分類別で表示した BIM データ



協力：早稲田大学理工学術総合研究所「建築プロジェクトと Whole-life cost のマネジメント手法に関する研究」プロジェクト

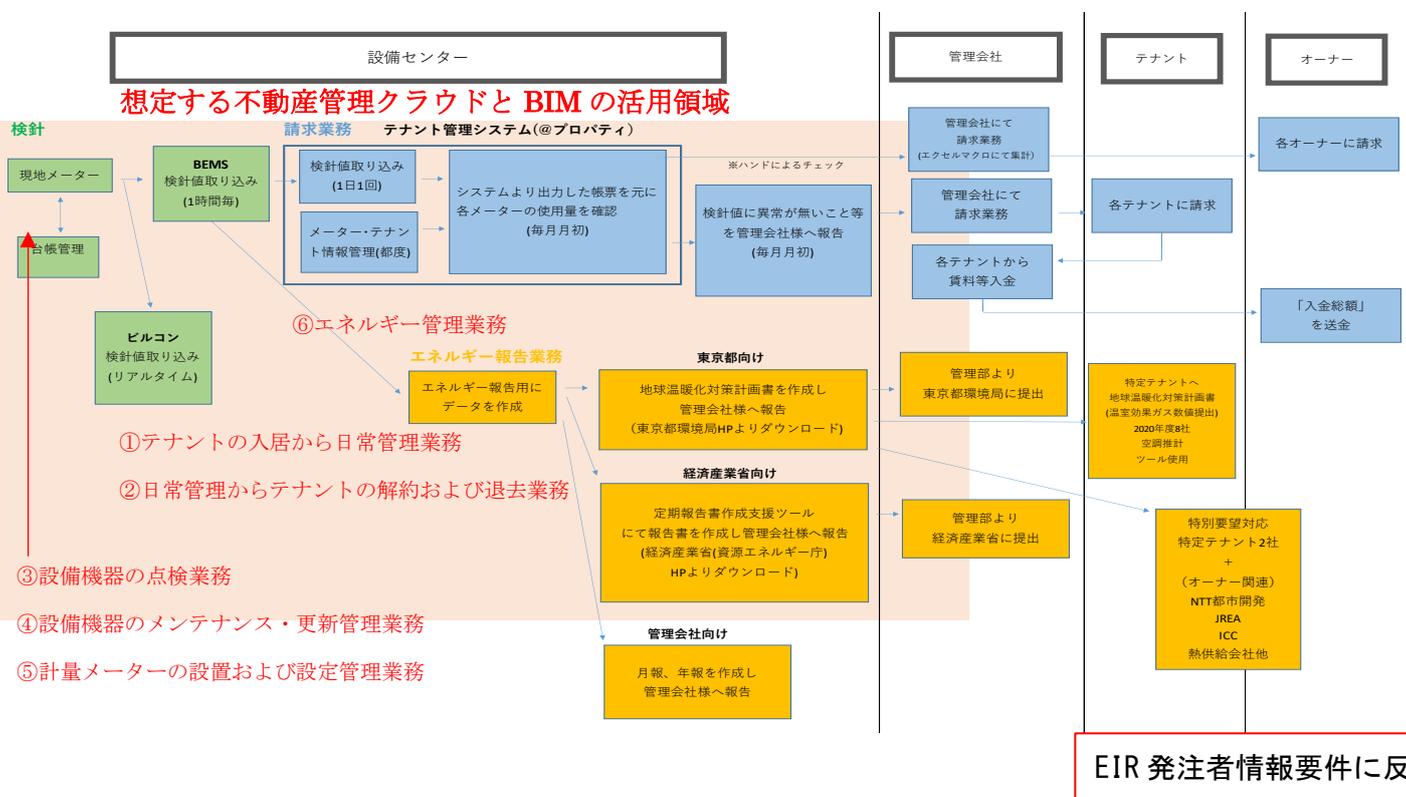
図表 11 BIM の図面、アウトライン、分類別の BIM データ

### 3-5 課題② 実際の業務フローへの対応

< 検討の方向性（検討の前提条件） >

テナント管理、エネルギー管理、設備・メーターの管理を対象に実業務検証、BIM と不動産管理システムを一元化させた IT ツール活用について確認するとともに BIM 導入効果进行评估（定量化）する。

既存施設においてすでに管理業務が日常遂行されている。BIM やクラウドの導入により日常業務に支障をきたすことがないように、また効果的に BIM やクラウドを活用するために現状の業務フローへの対応が必要である。以下に示すように実際の業務フローと既存の不動産管理システムを活用している領域を確認した。



図表 12 想定する不動産管理クラウドと BIM の活用領域

### <実施方法、体制>

実際の業務フローを再確認し BIM との連携が効果的であり業務効率化のニーズの高い以下の①から⑥の業務を対象に選択。最終的には BIM と不動産管理システムが連携した一体システムを構築し、業務フローへの対応が可能かどうかの検証や、BIM 導入の効果などを検証した。

- ①テナントの入居から日常管理
- ②日常管理からテナントの解約および退去
- ③設備機器の点検
- ④設備機器のメンテナンス・更新管理
- ⑤計量メーターの設置及び設定管理 ⑥エネルギー管理

選定した理由は以下となる。

#### ■テナント管理 ①②

以下のマニュアルに基づき業務を行っている中で、新規契約及び解約が中核マニュアルであることから、新規契約と解約を対象とした。その中で、図面情報を活用するフェーズを抽出し、効果を検証した。

新規契約マニュアル／解約マニュアル／増床マニュアル  
契約変更マニュアル／定期借家再契約マニュアル

#### ■エネルギー機器点検メンテナンス管理 ③④

日常の維持管理に係わる業務が BM(ビルマネジメント) 業務量の太宗を占めること、また位置情報が必要な業務であることとその中でも「点検」及び、「更新・メンテナンス」がメイン業務であることから、この 2 項目を対象とした。その中で、図面情報を活用するフェーズを抽出し効果を検証した。

#### ■エネルギー使用量管理 ⑤⑥

計量(使用料把握・請求)業務が PM(プロパティマネジメント)業務のうちテナント管理に係わる定型業務であること、また誤作動・ご請求があってはならない重要な業務であることから「メーターの設定・管理」及び、「使用料請求に係わる業務」を対象とした。これらの中で、図面情報を活用する フェーズを抽出し、効果を検証した。

EIR 発注者情報要件に反映

# テナント管理業務における BIM 活用

<課題分析等の結果 BIM と不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フローにおける効果を確認>

## ①新規契約～日常契約管理・会計処理ワークフローへの活用

テナントの賃貸契約の管理、請求入金管理、予算・収支管理まで一連の業務は賃貸事業の根幹業務。BIM 活用により区画の確認や面積情報の管理を円滑に遂行可能であることを確認した。



図表 13 日常契約管理・会計処理ワークフロー

<課題分析等の結果 BIM と不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フローにおける効果を確認>

## ②解約予約～営業展開～新規契約ワークフローへの活用

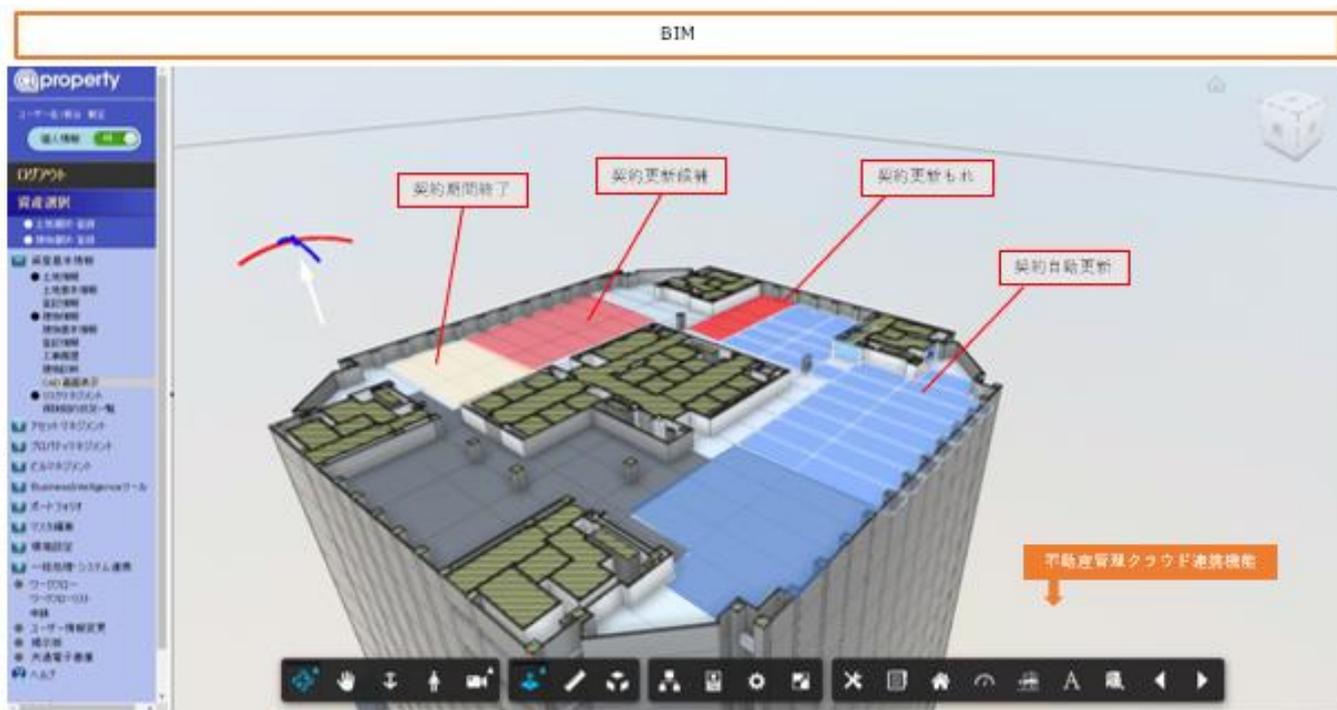
テナントのリーシングおよび営業は賃貸事業において非常に重要な業務。契約更新、賃料交渉に加え解約予告などの初期情報を効率よく営業につなげる必要がある。随所で BIM の区画情報を活用可能であることを確認した。



### <試行錯誤した点>

確認したい区画や設備を表示させる場合には当該フロアを優先させる必要がある。ビューワーの標準機能においては超高層建物全体がデフォルトで表示されるため、不動産管理システムとの連携により区画や設備を抽出しても埋没してしまい確認することができないことが発覚した。ビューワーが保有する断面表示機能などで補完することはできるがある程度操作に習熟する必要があることと操作の手間が発生した。本プロジェクトではビューワーの API 機能を活用しプログラムを追加し当該フロアが優先表示される機能を追加した。詳細は課題③-4 に記述する。

### <テナント管理における BIM 画面イメージ>



協力：早稲田大学理工学術総合研究所「建築プロジェクトと Whole-life cost のマネジメント手法に関する研究」プロジェクト  
図表 16 テナント管理における BIM 画面イメージ

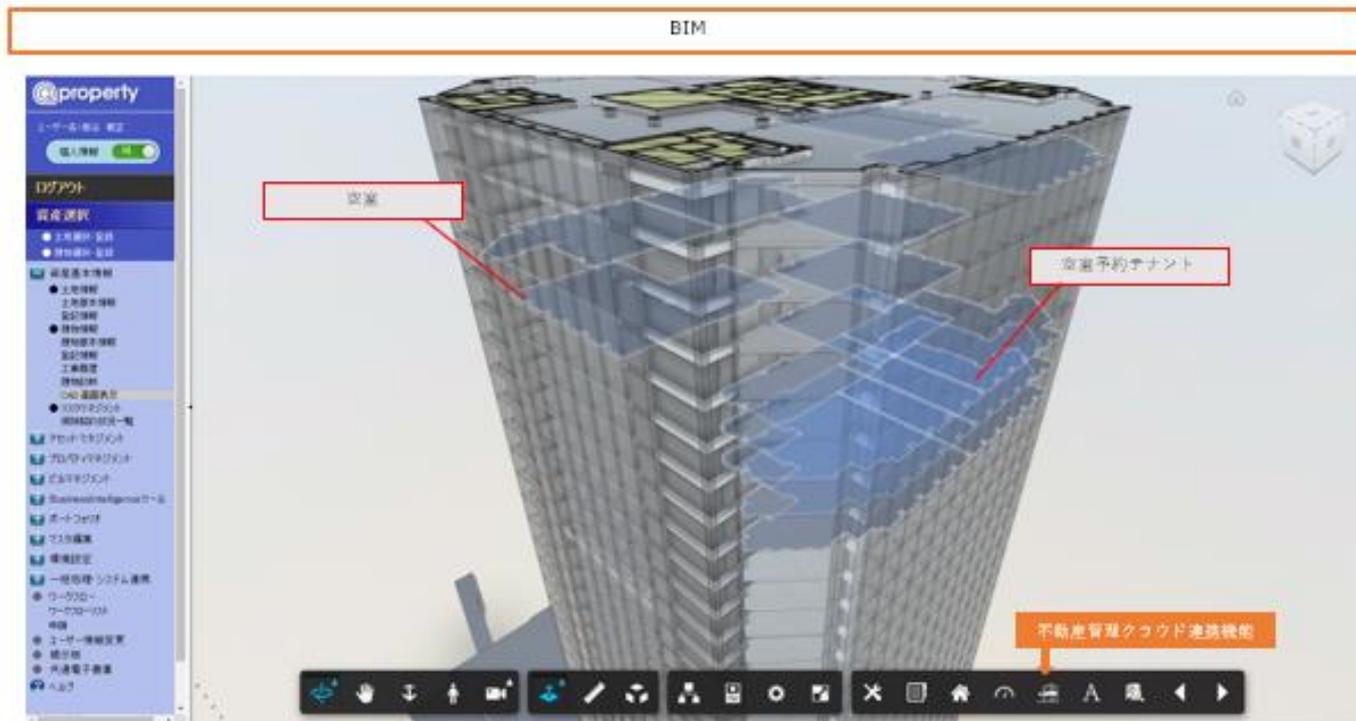
### <試行錯誤した点>

超高層ビルであり、複数フロアにまたがる区画や設備の表示方法や BIM の視認性については、事前には把握できないため、実際にビューワー等で確認しながらの検討となった。アジャイル開発の考え方で標準階での複数回検討調整（イテレーション）に加え不動産管理システムと BIM の連携完了後も継続して実施した。詳細は課題③-4 に記述する。

### <今後の課題>

当該業務における BIM と不動産管理システムを実際のワークフローに適用することはできたと考えられる。今後は、より広い関係者への利用促進や一定期間の本番運用などを通じて操作性、省力化効果などを検証する必要がある。

<テナント管理における BIM 画面イメージ>



図表 17 テナント管理における BIM 画面イメージ

# 設備機器管理業務における BIM 活用

<課題分析等の結果 BIM と不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フローにおける効果を確認>

## ③点検対象機器確認～点検実施・報告～履歴管理ワークフローへの活用

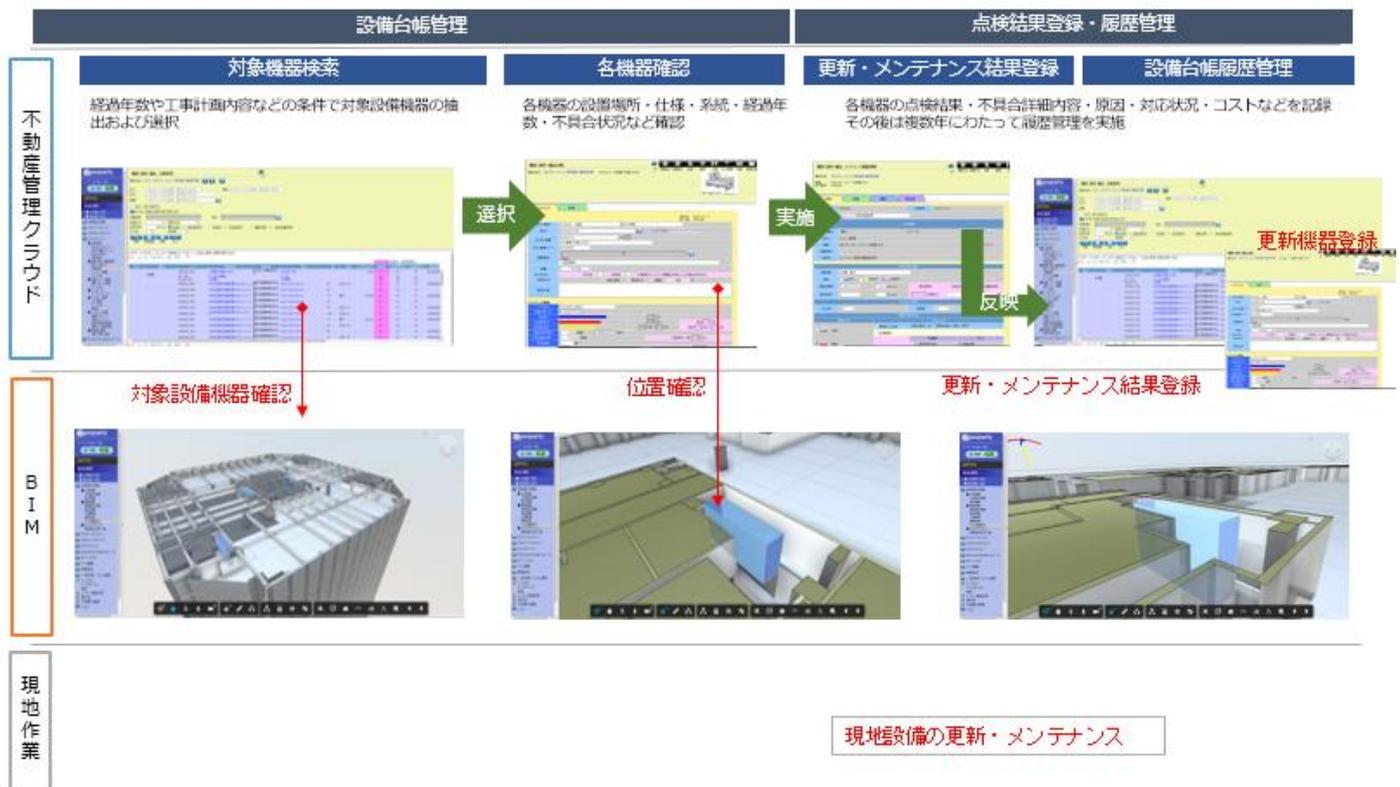
スケジュールされた点検、障害対応、修繕・修理に加え突発的な不具合対応業務において、対象となる設備機器、部材等（メーター等）の抽出およびその位置確認に BIM を活用。点検結果の登録においても BIM を活用できることを確認した。



図表 18 テナント管理における BIM 画面イメージ

④更新・メンテナンス対象機器確認～更新・メンテナンス実施・報告～履歴管理ワークフローへの活用

経過年数などにより更新・メンテナンスの対象となる建物内の設備機器（メーター等）の抽出およびその位置確認に BIM を活用。実際の更新・メンテナンス結果の登録においても BIM を活用できることを確認した。



図表 19 更新・メンテナンス実施・報告～履歴管理ワークフロー

設備機器管理における不動産管理クラウド画面イメージ（例）

不動産管理クラウド

**BIM連携機能**

**劣化度および危険度**

**機器名称**

**機器型式**

**経過年数が耐用年数を越えた機器**

**個別機器詳細情報**

区分	種別	種別	コード	製造メーカー	製造年	型式	型番	実名	MTBF(年)	経過年	法定耐用年	法定耐用年	減価償却年
空調	空調機	<input type="checkbox"/>	K00001-R01	空調機		KW				0	14	15	
		<input type="checkbox"/>	D001-KWH-501-R01	M2PM-S34VR		M2PM-S34VR-S	18F			2	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D002-KWH-502-R01	M2PM-S34VR		M2PM-S34VR-S	18F			2	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D003-T-52-RU-1-R01	M2PM-S34VR		M2PM-S34VR-S	00F			2	5	6	
		<input type="checkbox"/>	D004-KWH-415-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D005-KWH-416-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D006-KWH-404-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D007-KWH-405-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D008-KWH-417-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D009-KWH-406-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D010-KWH-407-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D011-KWH-418-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D012-KWH-408-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D013-KWH-409-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D014-KWH-410-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D015-KWH-411-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D016-KWH-412-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D017-KWH-413-R01	MCLHM-HS		MCLHM-HS-S	54F			5	4	5	

図表 20 設備機器管理における不動産管理クラウド画面イメージ

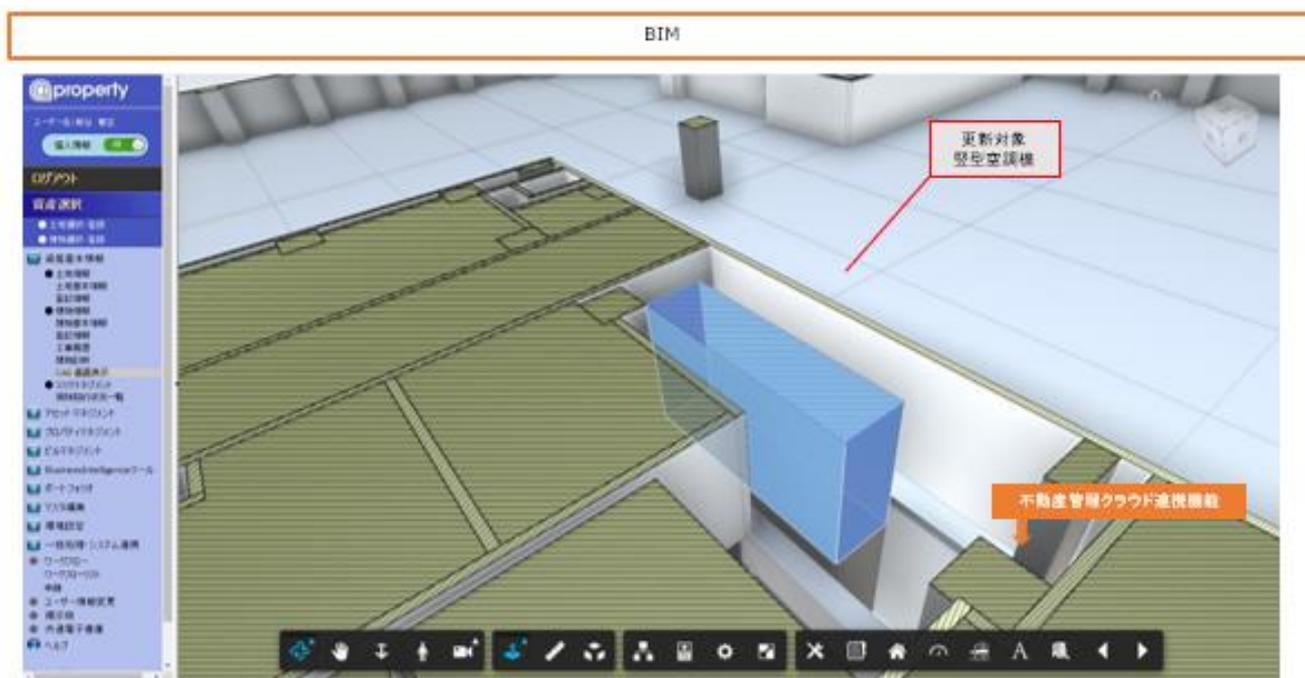
### <試行錯誤した点>

空調機などの設備機器については既存図面などから位置、大きさ、高さなどをある程度正確に設定することができたが関連する配管やダクト等については情報収集が十分にできないことと、管理上は上記情報で十分であることからBIM化はしないこととした。配管、ダクト等のBIM化については今後の検討課題とすることとした。

### <今後の課題>

当該業務における BIM と不動産管理システムを実際のワークフローに適用することはできたと  
思料。管理の現場を含む関係者への利用促進や一定期間の本番運用などを通じて操作性、省力化効果  
などを検証する必要がある。

### <設備機器管理における BIM 画面イメージ（例）>



図表 21 設備機器管理における BIM 画面イメージ

# 計量メーター管理業務における BIM 活用

＜課題分析等の結果 BIM と不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フローにおける効果を確認＞

⑤メーターの設定管理およびテナント入れ替えなどに伴うメーターの対応変更ワークフローへの活用では、変動費のもととなる電力・時間外空調・水道などの利用量を計量する各種目メーターの設定および対応テナント管理において BIM と連携。テナントの入れ替えに伴う各メーターの対応区画の変更も BIM で確認可能であることを確認した。



図表 22 BIM と不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フロー

<課題分析等の結果 BIM と不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フローにおける効果を確認>

⑥エネルギー及び各種使用料管理ワークフローへの活用では、電力・時間外空調・水道などの利用料の前月との比較や異常値の確認などにおいてBIMを活用。当該メーターの位置や対応テナントの確認を円滑に実施できることを確認した。



図表 23 エネルギー及び各種使用料管理ワークフローへの活用

<計量メーター管理における不動産管理クラウド画面イメージ（例）>



図表 24 計量メーター管理における不動産管理クラウド画面イメージ

### <試行錯誤した点>

計量メーターについては既存図面などから位置、大きさ、高さなどをある程度正確に設定することができたが、そのままの大きさではコア壁などに阻まれ視認性が確保できないことがわかった。管理上は位置が把握できることが重要なので本プロジェクトでは高さをデフォルメ（大きく）し、視認性を確保した。

### <今後の課題>

当該業務における BIM と不動産管理システムを実際のワークフローに適用することはできたと  
思料。メーター計量の現場や賃料請求を含む関係者への利用促進や、一定期間の本番運用などを通  
じて操作性、省力化効果などを検証する必要がある。

### <計量メーター管理における BIM 画面イメージ（例）>



図表 25 計量メーター管理における BIM 画面イメージ

### 3-6 課題③ 不動産管理に対応した BIM 構築

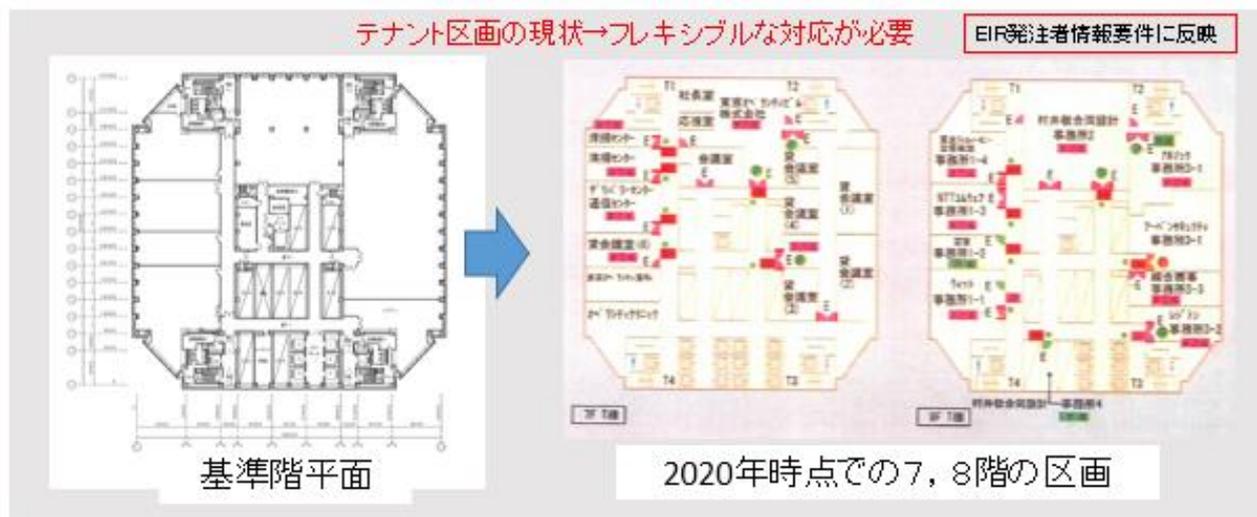
#### 課題③-1 テナントの入れ替えに伴う区画変更への対応

<検討の方向性（検討の前提条件）>

前提条件は以下となる。

- ・ オフィス・ビルでは新築時に想定通りにテナントが募集できるわけではないため、区画の変更、共用部の変更、分電盤の増設など様々な変更が起こる。
- ・ 入居を希望する企業とオフィス・ビルの所有者との相対取引により賃料、区画、利用方法が決まるため、竣工後も、区画の変更が継続的に発生する。
- ・ 東京オペラシティの場合、随時テナントの入れ替わりがあり図面の更新、区画変更の工事、空調・分電盤の変更工事が発生するため、BIM データについても恒常的な変更が発生する。

以上を踏まえ、テナント貸出区画の変更にフレキシブルに対応できる空間オブジェクトを設定した。



図表 26 フレキシブルに対応できる空間オブジェクト

<実施方法、体制>

実際のテナント区画などを参考に、現状あるいは将来の変更にも対応できる空間オブジェクトを設定。空間オブジェクトの選択によりフレキシブルにテナント契約区画の変更に対応可能とした。

<課題分析等の結果>

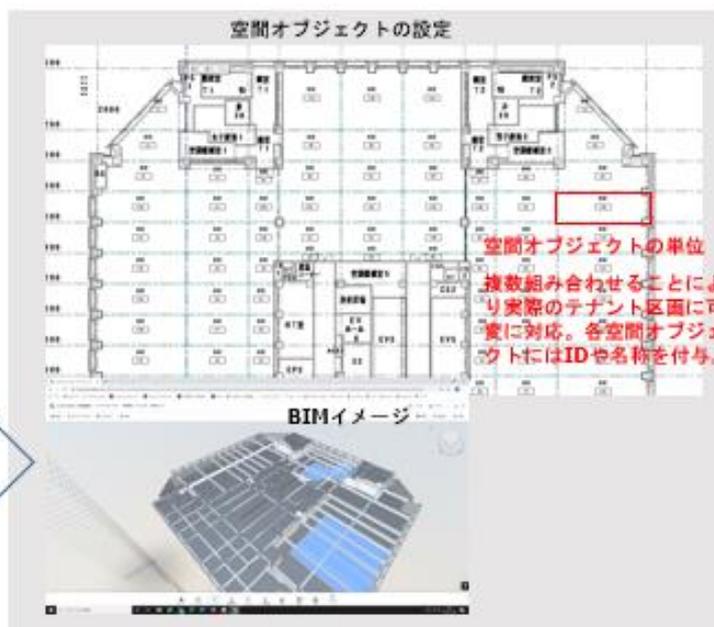
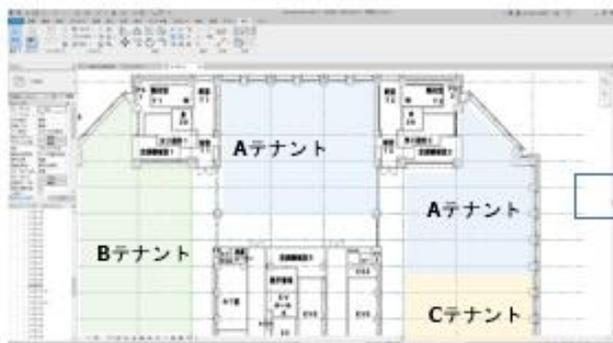
原状のテナント区画は空間オブジェクトの選択により適切に再現できることが確認された。1フロア貸し出しの場合には共用廊下なども区画に含む必要があるが当該事項などのイレギュラーケースに対応できることが確認できた。

BEP（実行計画）に反映

### 原状

実際のテナント区画は長年の賃貸事業の中で変化しており、当初のゾーニングを分割・統合するなど多様化している。竣工時の空調システムよりも細かい対応が必要。また区画の変更には簡易に対応することが肝要。

実際のテナント区画



図表 27 空間オブジェクトの設定

### <今後の課題>

原状のテナント区画などについては十分に対応できたと思料。コロナ対応など今後も区画の考え方や利用状況は変化すると考えられるので、今後も継続的な検証や改良を実施する必要がある。

### 課題③-2 既存情報システムとの連携

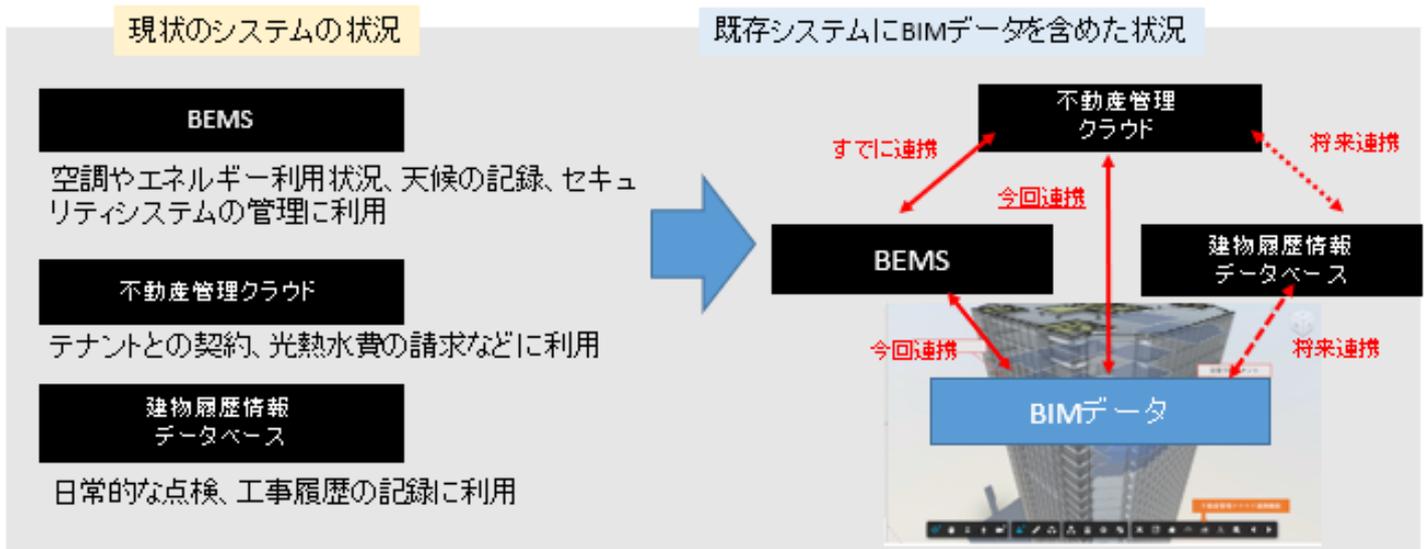
<検討の方向性（検討の前提条件）>

前提条件は以下となる。

- ・東京オペラシティではビル内の空調設備やセキュリティ管理を行う BEMS や、ビル全体の改修工事履歴や日常点検を記録する建物履歴情報データベース、テナントとの契約や光熱水費の請求を処理する不動産管理クラウドが既に導入されていて、「BIM データだけが存在しない」状況である
- ・既存のシステム上で実施されてきた、テナント管理や工事履歴、日常的な点検結果、空調設備の運用状況を BIM データ上で把握できるようにして、効率的な不動産管理業務の実現を目指しているが、このためには「BIM データが既存の情報システムの要求に合わせる」という考えが必要になる

以上を踏まえ、既存システムの調査と各システムベンダーとのヒアリングを BIM 構築初期段階から事前にすすめ、構築すべき BIM の形状、情報、データの形式について設定を行った。

EIR 発注者情報要件に反映

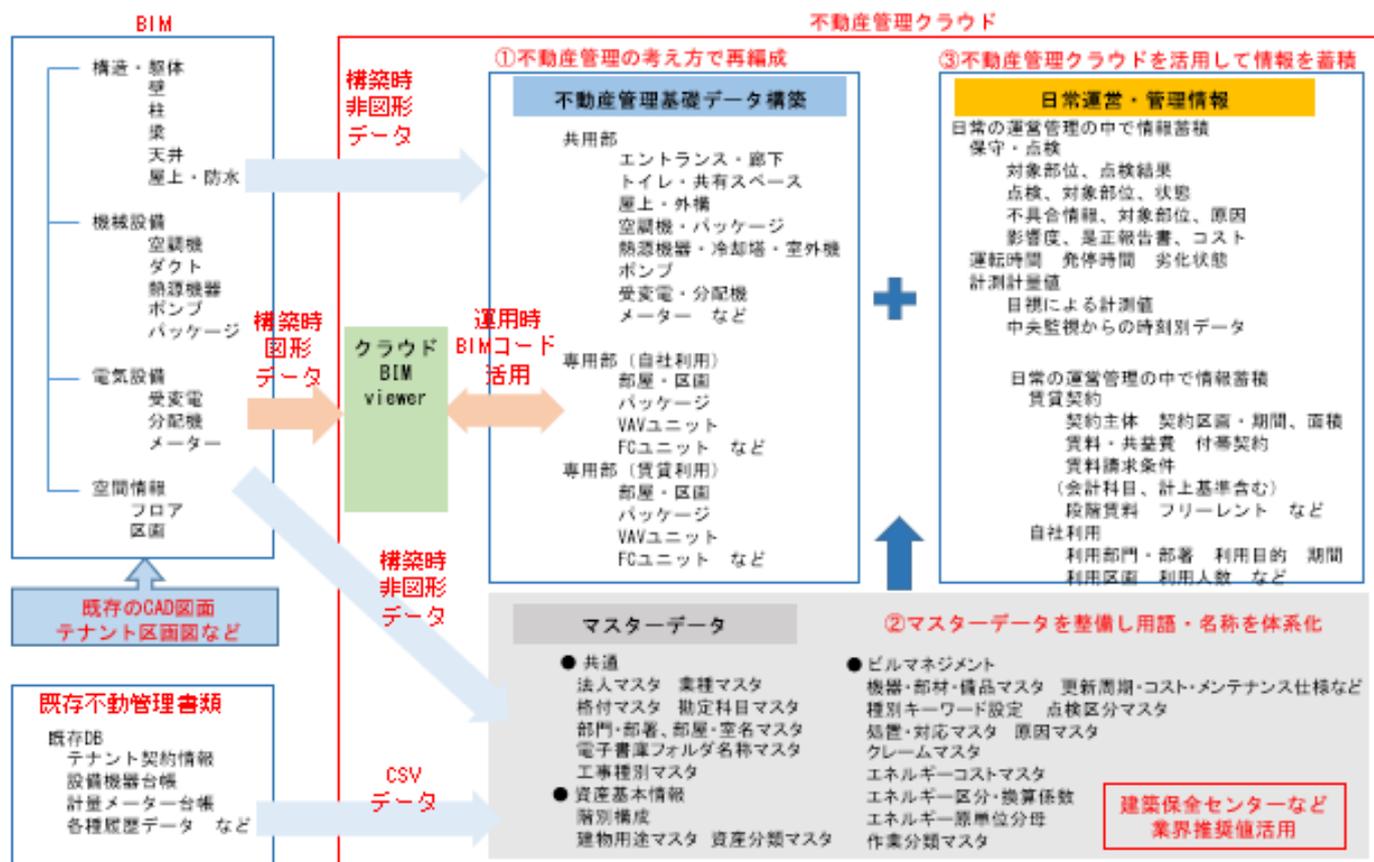


図表 28 構築すべき BIM の形状、情報、データ形式設定イメージ

<実施方法、体制 BIMと不動産管理クラウドの連携の考え方>

連携当初の構築段階においてはBIMおよび既存不動産管理書類などから非図形情報を抽出し、不動産管理クラウドの基礎情報として活用。BIMの図形情報はクラウド型のBIMビューワー(Forge)に取り込むことで不動産クラウドとの連携を開始する。

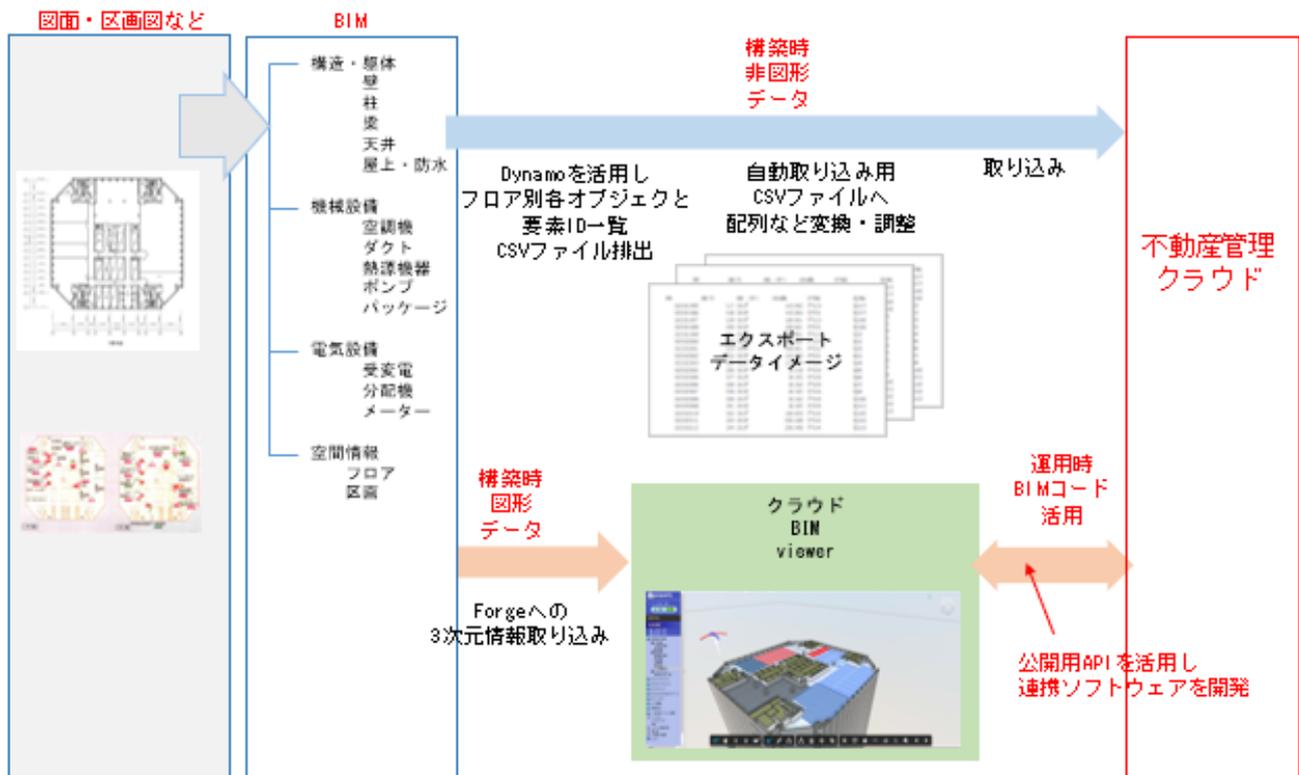
全体の連携調整は不動産管理システム統括でもあるBIMマネージャーが推進した。



図表 29 全体の連携調整イメージ

＜実施方法、体制 BIM コード（要素 ID）を活用した図形情報と非図形情報の連携＞

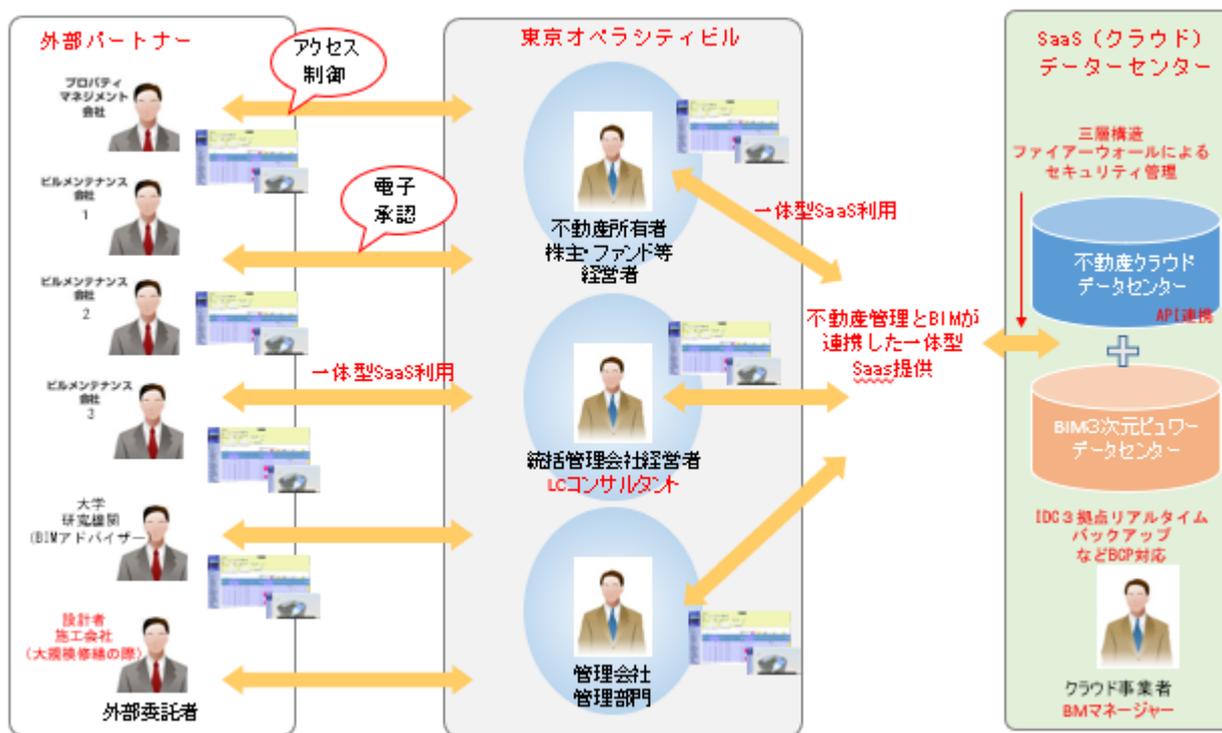
BIMで構築された空間・躯体・設備機器などのオブジェクトと、不動産管理で取り扱うテナント区画や管理対象設備機器との連携にはBIMコード（Autodesk社では要素ID）を活用。設定されたBIMコードを意識することなく双方の情報を確認可能とする。構築時の取り込み機能および運用時の連携機能については本プロジェクトにて開発した。



図表 30 BIMコード（要素 ID）を活用した図形情報と非図形情報の連携

<課題分析等の結果 SaaSを活用したBIMと不動産クラウドの一体運用を実施しその効果を  
確認>

本プロジェクトでは不動産管理クラウドとBIMの連携を実施した。両システムともに同一のSaaS  
(Software as a Service) 上に統合するとともに、インターフェイスを不動産クラウドに統一し  
ているため、ユーザーにおいては日常利用している不動産管理システムの中でBIM管理機能を活用  
することができるように工夫した。ビルオーナー、投資家、管理会社幹部および担当者、管理受託  
会社（複数）など多くの関係者の情報共有も促進する。



図表 31 関係者の情報共有のイメージ

＜課題分析等の結果 SaaS を活用した BIM と不動産クラウドの一体運用を実施しその効果を  
確認（現場での運用確認）＞

ビルオーナー、投資家、管理会社幹部および担当者、管理受託会社（複数）など多くの関係者が  
BIM と不動産管理クラウドの一体システムを利用することが可能となった。今後想定される大規模  
な修繕などにおいては設計会社や施工会社の参画も可能となる。



図表 32 現場での運用確認のイメージ

### 課題③-3 国際不動産面積測定基準への対応

＜検討の方向性（検討の前提条件）＞

前提条件は以下となる。

- ・経済のグローバル化に伴い、多国籍企業への貸出やオフィスへの投資が増加すると考えられるが、国際不動産面積測定基準連合（IPMSC : International Property Measurement Standards Coalition）が 2014 年に作成した国際不動産面積測定基準（IPMS ; International Property Measurement Standards）オフィス版に準拠した貸室の面積算出が求められる。
- ・IPMS に記載のある面積の算出方法のうち、BIM データを最も詳細に作りこむ必要がある IPMS2 にあるオフィスの構成要素面積を算出できるような BIM データの作成を目指す。
- ・IPMS2 では構造体部分の面積を分けて算出する必要があり、BIM データに記載する必要がある以上を踏まえ、面積算定の基本となる構造躯体、柱、シャフトなどは正確に BIM を構築。テナント貸出区画については空間オブジェクトを設定することで対応した。

＜課題と前提条件を踏まえた検討の実施方法、体制＞

不動産管理システム統括である BIM マネージャーは IPMS を構築し世界的に普及促進している英国 RICS (Royal Institution of Chartered Surveyors) のフェローの資格を有する。保有する知見や情報を活用し将来必要があれば IPMS に対応できる BIM の構築方針を策定し EIR に反映することとした。

＜課題分析等の結果＞

現時点では IPMS 対応を要請するテナントや投資家は顕在化していないが将来対応できるように準備しておくこととした。

EIR 発注者情報要件に反映

表 IPMS2 における構成要素面積の定義

構成要素	名称	主な用途の例
構成要素面積A	垂直貫通部分	階段、エレベーターシャフト、PS、EPS
構成要素面積B	構造体	構造壁、柱
構成要素面積C	機械室	空調、電気、エレベーターの機械室、メンテナンス室
構成要素面積D	衛生エリア	トイレ、SM室、更衣室、シャワールーム
構成要素面積E	廊下	廊下
構成要素面積F	利便施設	カフェ、保育所、フィットネスクラブ、礼拝室
構成要素面積G	オフィス専有部	オフィスとして貸し出される個所
構成要素面積H	その他	バルコニー、屋根付き通路、駐車場、倉庫

(出典)日本ビルデング協会連合会:IPMSオフィス版日本語訳。  
<http://www.boma.or.jp/wp/wp-content/uploads/2016/04/20160407194359384.pdf>, 2021/3/1閲覧

図表 33 IPMS2 における構成要素面積の定義

### 課題③-4 オーダーメイド管理に対応した BIM データの作成

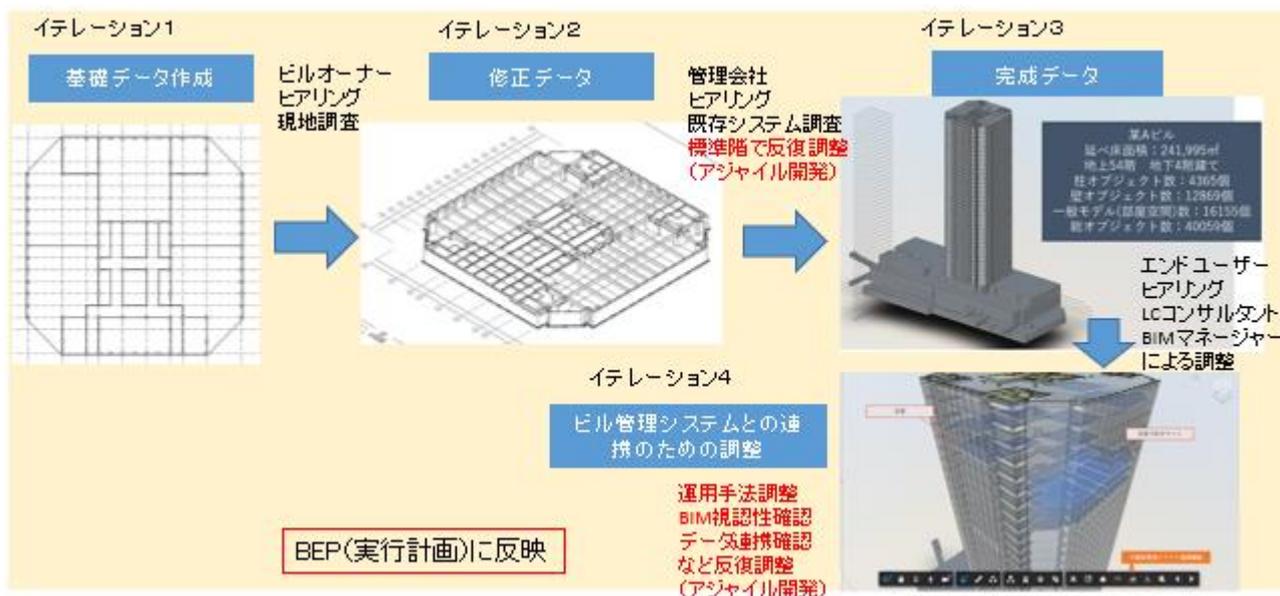
#### <検討の方向性（検討の前提条件）>

前提条件は以下となる。

- ・不動産管理業務は不動産の規模や不動産所有者の運営への考え方の違いにより、管理業務における実施内容が多様化しやすい。
- ・基本的な建物形状のようなオフィス・ビルで共通して入力すべき基礎データと、それぞれのオフィス・ビルごとに出てくる BIM データの利用方法に対応するためのオーダーメイド部分を整理して、業務フローを作成する必要がある。

#### <課題と前提条件を踏まえた検討の実施方法、体制>

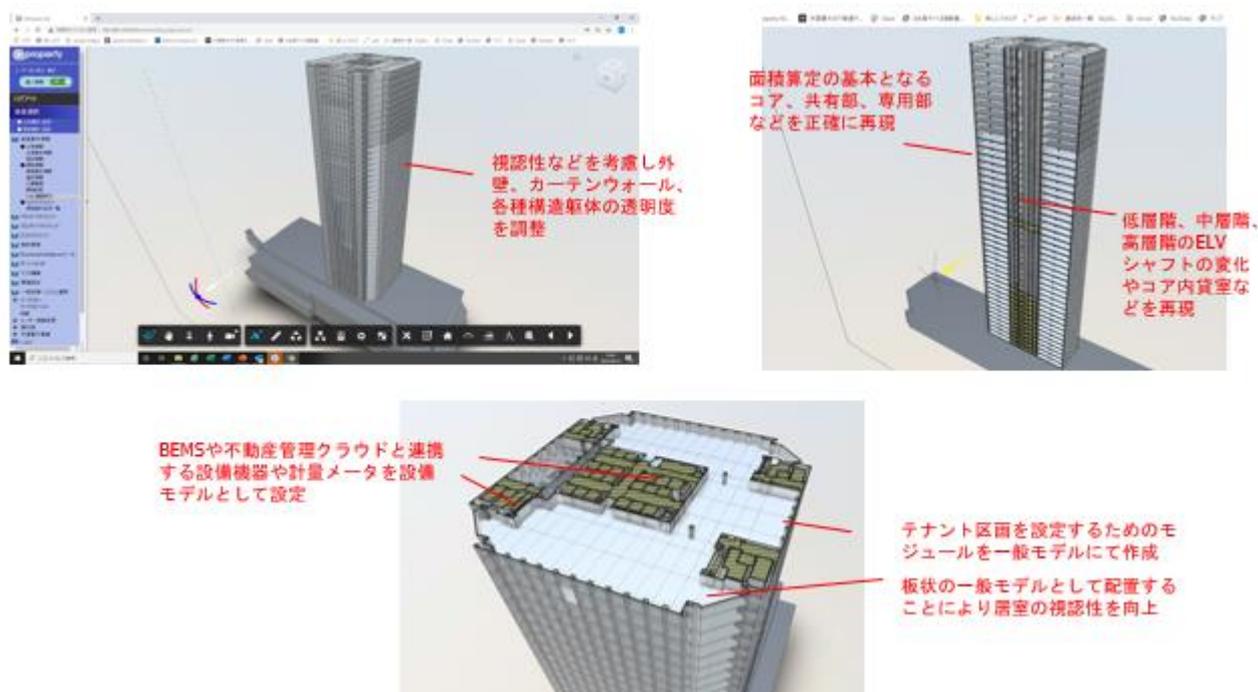
標準階 BIM 構築時に LC コンサルタント参加のもと管理会社、不動産管理システムベンダーのヒアリングを実施し、アジャイル開発の考え方で反復調整（イテレーション）を実施した。その後全フロアに展開した後も不動産管理システムとの連携について操作性、運用方法、BIM の視認性などの観点で反復調整（イテレーション）を実施し最適な BIM 運用を目指した。



図表 34 イテレーションのイメージ

### <課題分析等の結果>

既存超高層施設の主要部分（オフィス棟）のBIMを構築。不動産管理のニーズに対応するとともに不動産管理システムやBEMSとの連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施した。



図表 35 実際の視認性などを配慮した調整のイメージ

### <今後の課題>

統括管理会社や現場を担当するビル管理会社などにおける要望や評価をフィードバックして、さらに修正や改良を加える必要がある。特に3次元上の視認性や操作性は継続検討課題とした。

### (3) BIMデータの活用・連携に伴う課題の分析等について（令和3年度）

#### 設定した「分析する課題」と検討の方向性（昨年度からの継続課題）

<設定した検討課題>

検討課題（昨年度からの継続）

対象施設が既存・超高層施設である点や、今年度も低層部分（商業施設や共有施設）のBIM構築を実施することなどから、以下を継続課題と設定し検討することとした。

課題① 大規模既存施設のBIM構築手法検討

<検討にあたっての前提条件>

当該施設は超高層大規模施設（延床面積 242,544 m<sup>2</sup>）となるため、全体のBIM構築には多大な労力と期間が必要であること

⇒ある程度のBIMの品質を維持しつつも効率的な構築手法の検討が必要

<検討の方向性>

本プロジェクトでは対象部位、構造物、設備および空間の特性に合わせてオブジェクトを分類した。BIMとして正確に構築するオブジェクトとモデル化するオブジェクトに分類し効率の良いBIM構築手法を選択。また、1フロアやゾーン（部分）で反復検討後、全施設に展開することとした。

<前提条件を踏まえた検討の実施方法、体制>

BIM構築にあたっては各オブジェクトの空間特性や活用目的に対応し、以下の3分類を設定し取り組んだ。

不変オブジェクト →BIMとしてある程度正確に入力（LOD200程度）

主に構造躯体などがこれに該当する。運営上必要となる面積の算定や大規模な設備更新などに活用する観点から正確に寸法および位置を反映する。また、建物内ではEVシャフトやパイプスペース・耐力壁・共有部内壁などもこれに該当する。

可変オブジェクト →モデル化するか空間として入力（モデル化するが寸法や位置は正確に入力する）日常の運営管理において変化するものをこれに分類する。主に賃貸スペースの間仕切壁、専有部がこれに該当する。

半不変オブジェクト →モデル化して入力定期的に更新する設備や共用部の壁など。

<課題と前提条件を踏まえた検討の実施方法、体制（超高層BIMの構築手順）>

高層棟と同様に、最新の図面及びCADを活用し、不変オブジェクトに相当する柱・梁・壁および共用部諸室についてBIMを構築。その後、順次可変オブジェクトを追加する手法を採用した。ただし、高層棟とは異なり標準階は存在しないので、店舗区画などが比較的多いゾーンにおいて反復調整（イテレーション）を実施し不変オブジェクトの正確性や求積性能などを確認の上、低層部全体

に展開した。コアの位置、形状の変化、吹き抜け、ロビーなど共用スペースのフロアによる変化などを検証し正確に BIM に反映した。結果として、2 から 3 人のチームで準備作業および標準階事前検証に 1 か月、全フロア展開に同様のチームで 1 か月程度の作業で構築を完了することができた。

BEP (実行計画) に反映



図表 36 超高層 BIM の構築手順のイメージ

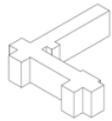
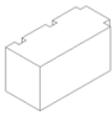
協力：早稲田大学理工学術総合研究所「建築プロジェクトと Whole-life cost のマネジメント手法に関する研究」プロジェクト

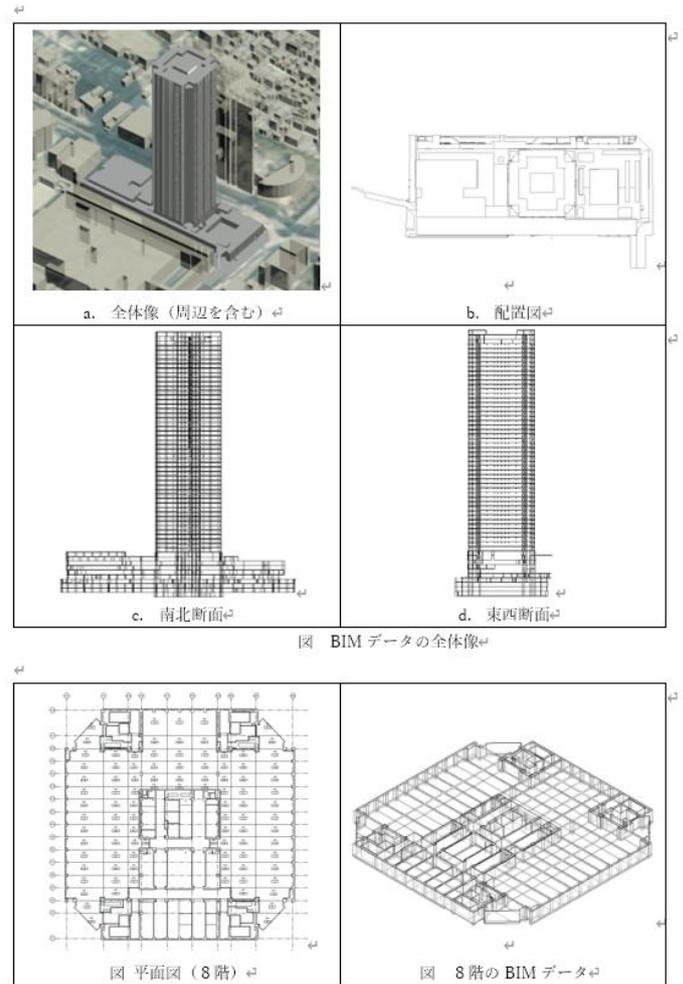
<検討する 既存大規模施設の BIM 構築手法検討>

分類	ファミリ	タイプ	LOD/用途	作例	その他
壁低層階	一般 - 350 mm <sup>+</sup> 一般 - 400 mm <sup>+</sup> 一般 - 200 mm <sup>+</sup> 一般 - 445 mm <sup>+</sup> 一般 - 450 mm <sup>+</sup> 他 140 種類 <sup>+</sup>	LOD: 200 <sup>+</sup> 正確な壁厚で作成すること。			
メーター			LOD: 200 <sup>+</sup> 正確な位置に設置することに加え、遠景から見える大きさとする。		
AHU			LOD: 200 <sup>+</sup> 正確な位置に設置することに加え、遠景から見える大きさとする。		
FCU			LOD: 200 <sup>+</sup> 正確な位置に設置することに加え、遠景から見える大きさとする。		
AC			LOD: 200 <sup>+</sup> 正確な位置に設置することに加え、遠景から見える大きさとする。		
部位	床		LOD: 200 <sup>+</sup> 内部を閲覧する際に歩行者のオブジェクトが歩行できるようにする。 Revit 上でのモデル：一般モデル使用	ウォークスル 一時に歩行が可能なモデルとする。	
空間	居室 (床下)		LOD: 200 <sup>+</sup> 床下の空間の厚みがわかるように	床と兼用	ウォークスル 一時に歩行が可能なモデル
通り芯					
	高層階柱	745 x 745 mm <sup>+</sup>	LOD: 200 <sup>+</sup> 正確な直径で作成すること		
	低層階角柱	390 x 600 <sup>+</sup> 400 x 400 <sup>+</sup> 400 x 600 <sup>+</sup> 480 x 480 <sup>+</sup> 500 x 500 <sup>+</sup> 500 x 800 <sup>+</sup> 500 x 400 <sup>+</sup> 517 x 517 <sup>+</sup> 520 x 655 <sup>+</sup> 520 x 520 <sup>+</sup> 520 x 520 <sup>+</sup> 570 x 570 <sup>+</sup> 600 x 600 <sup>+</sup> 600 x 680 <sup>+</sup> 他 250 種類 <sup>+</sup>	LOD: 200 <sup>+</sup> 正確な直径で作成すること		
	低層階 M_円柱	直径 1400 mm <sup>+</sup> 直径 1010 mm <sup>+</sup> 直径 1000 mm <sup>+</sup> 直径 1300 mm <sup>+</sup> 直径 1270 mm <sup>+</sup> 直径 1170 mm <sup>+</sup> 直径 1230 mm <sup>+</sup> 直径 1210 mm <sup>+</sup> 直径 1200 mm <sup>+</sup>	LOD: 200 <sup>+</sup> 正確な直径で作成すること		
	壁高層階	一般 - 130 mm <sup>+</sup> 内壁 - 135 mm <sup>+</sup> 間仕切り (2 時間) 一般 - 350 mm <sup>+</sup> 一般 - 400 mm <sup>+</sup> 一般 - 200 mm <sup>+</sup> 一般 - 445 mm <sup>+</sup> 一般 - 450 mm <sup>+</sup> 他 139 種類 <sup>+</sup>	LOD: 200 <sup>+</sup> 正確な壁厚で作成すること。		

図表 37 低層部を含む BIM 構築の際の LOD 一覧 (一例)

本プロジェクトで構築した BIM の図面、アウトライン、分類別の BIM データは以下となる。

空間	居室		<p>する。</p> <p>LOD: 200 内法天井高さで表現する。 Revit 上でのモデル：部屋機能で作成</p>		<p>とする。</p> <p>ウォークスルーで閲覧するため、非表示。</p>
空間	居室（天井裏）		<p>LOD: 200 天井裏の空間の厚みがわかるようにする。 Revit 上でのモデル：エリア機能で作成</p>		<p>ウォークスルーで閲覧するため、非表示。</p>
空間	共用部		<p>LOD: 200 Revit 上でのモデル：一般モデル</p>		
	共用部		<p>LOD: 200 Revit 上でのモデル：一般モデル</p>		<p>共用部にある居室を表現する。</p>
空間	EV		<p>LOD: 100 各階で分割して作成する。 Revit 上でのモデル：一般モデル</p>		<p>エレベータ空間の形状を描く。</p>
空間	階段室		<p>LOD: 100 階段室の大きさがわかるように作成する。 Revit 上でのモデル：一般モデル</p>		<p>一般モデル使用</p>

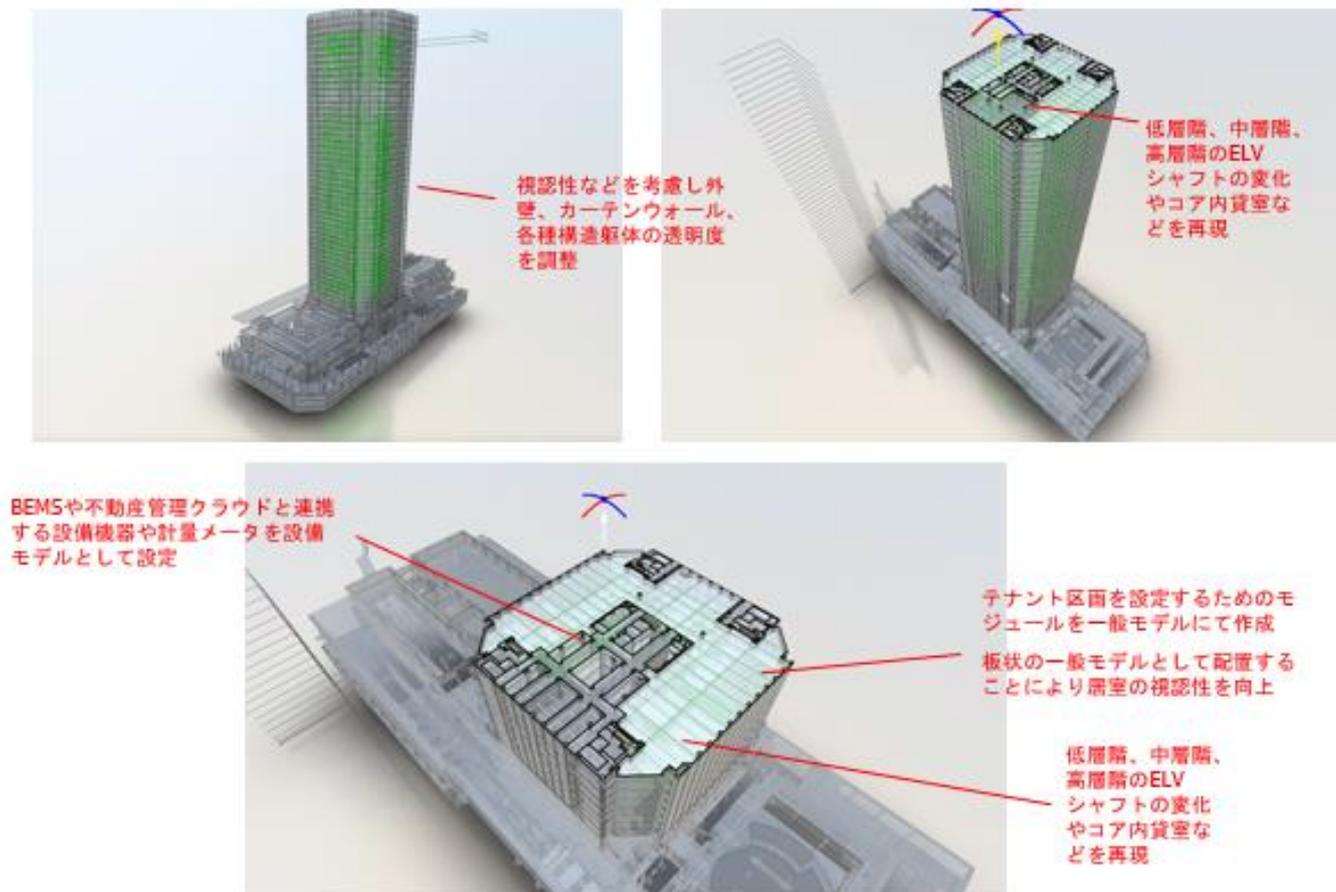


図表 38 低層部を含む BIM 構築の際の LOD 一覧（一例）

## 検討する課題① 既存大規模施設の BIM 構築手法検討

### 令和 2 年度実施（高層棟）ふりかえり

令和 2 年度においては既存超高層施設の主要部分（オフィス棟）の BIM を構築した。不動産管理のニーズに対応するとともに不動産管理システムや BEMS との連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施している。

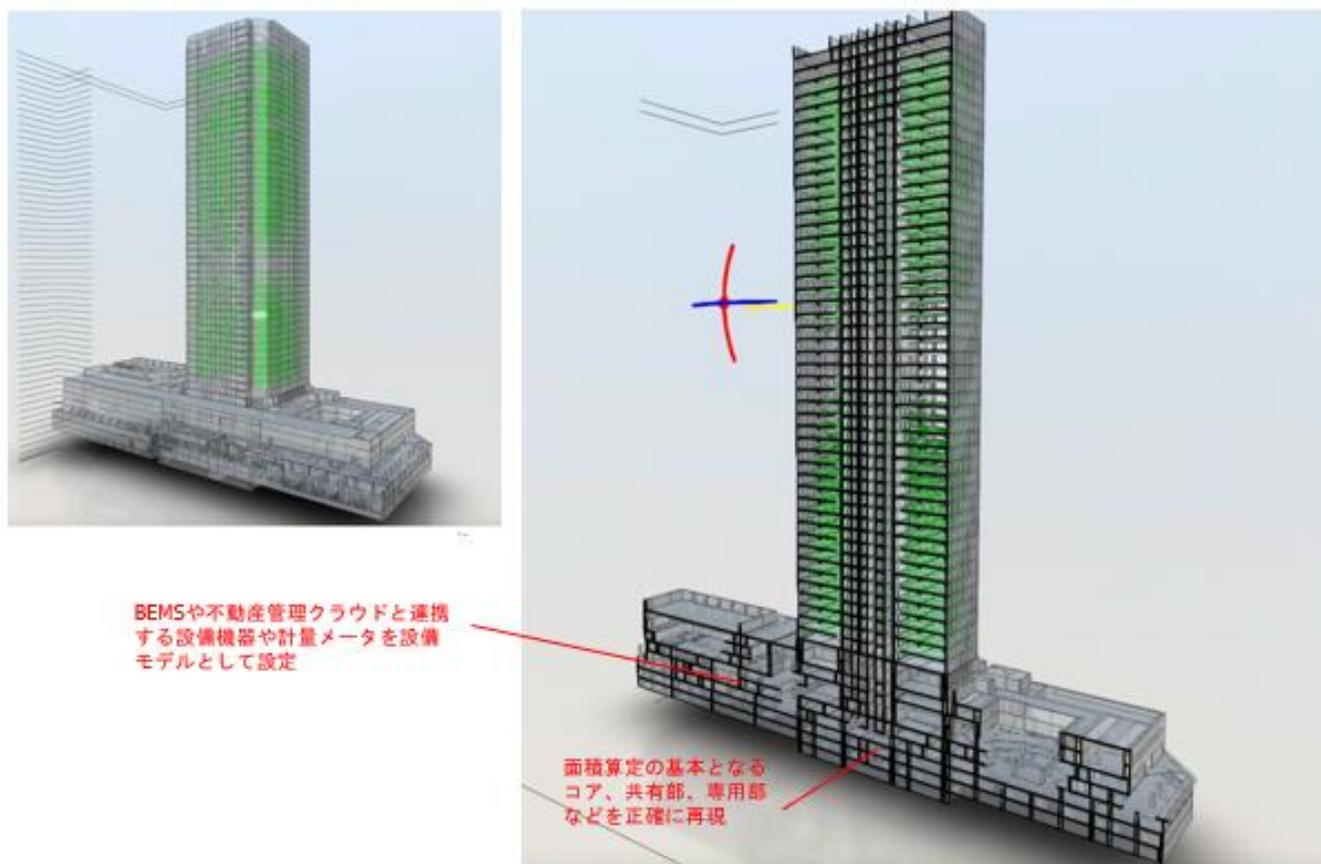


図表 39 超高層 BIM の構築手順のイメージ

## 令和2年度実施（低層棟）

<課題分析等の結果>

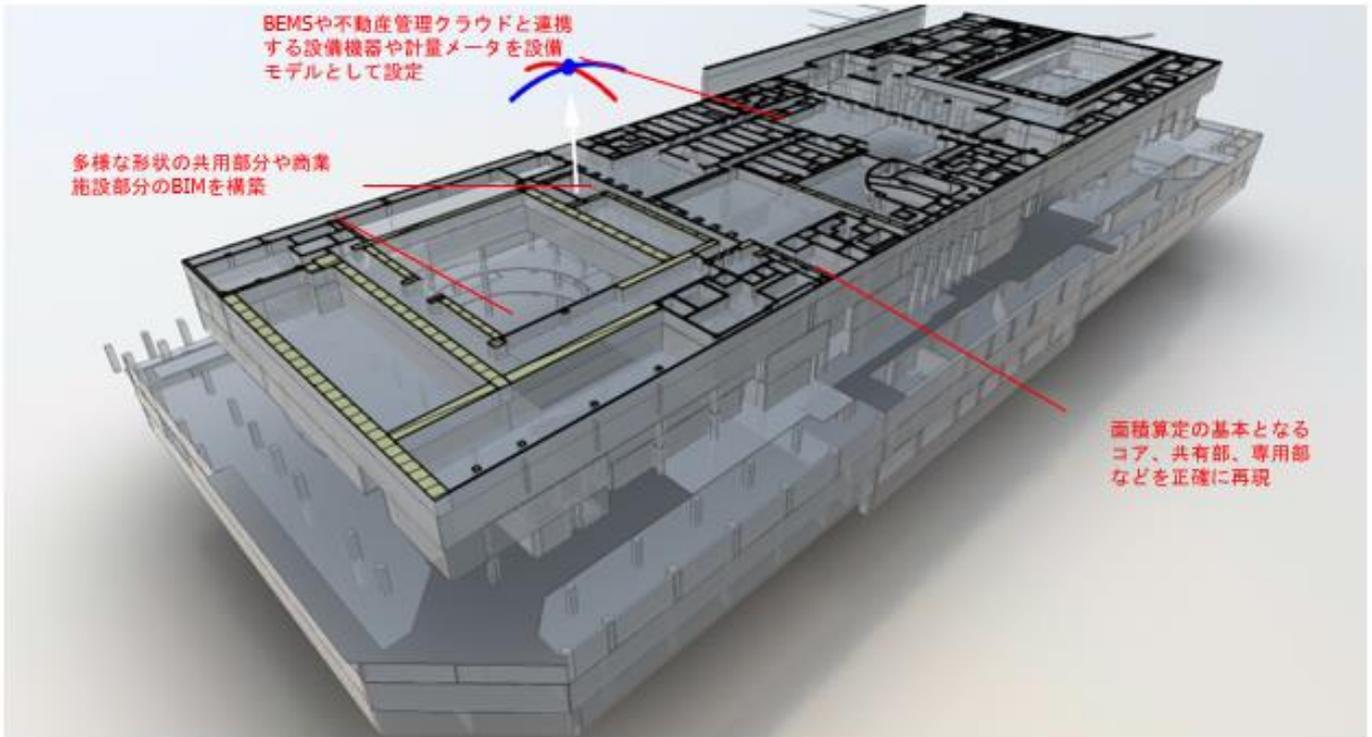
既存超高層施設の低層部分（主に共有施設と商業施設）のBIMを構築。商業施設を対象とした不動産管理のニーズに対応するとともに不動産管理システムやBEMSとの連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施。



図表 40 低層棟 BIM の構築手順のイメージ

<課題分析等の結果>

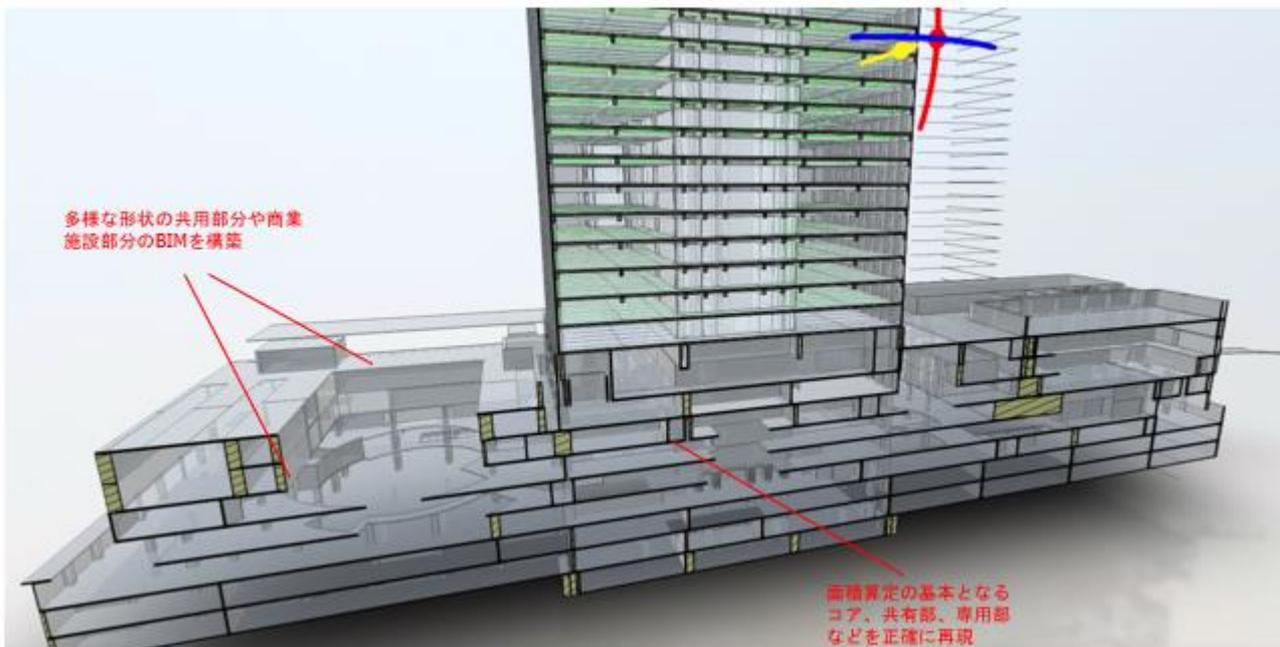
既存超高層施設の低層部分（主に共有施設と商業施設）のBIMを構築。商業施設および様々な共有部分の不動産管理ニーズに対応するとともに連携する不動産管理システムやBEMSとの連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施。



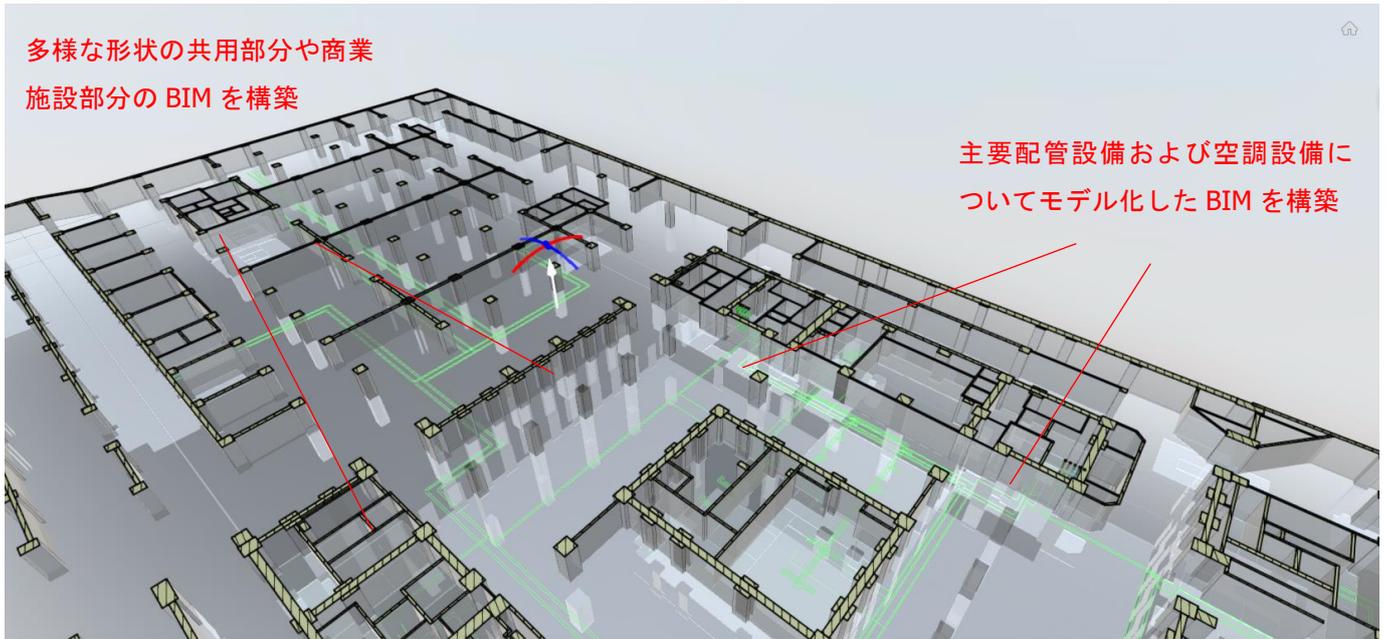
図表 41 低層棟 BIM の構築手順のイメージ

<課題分析等の結果>

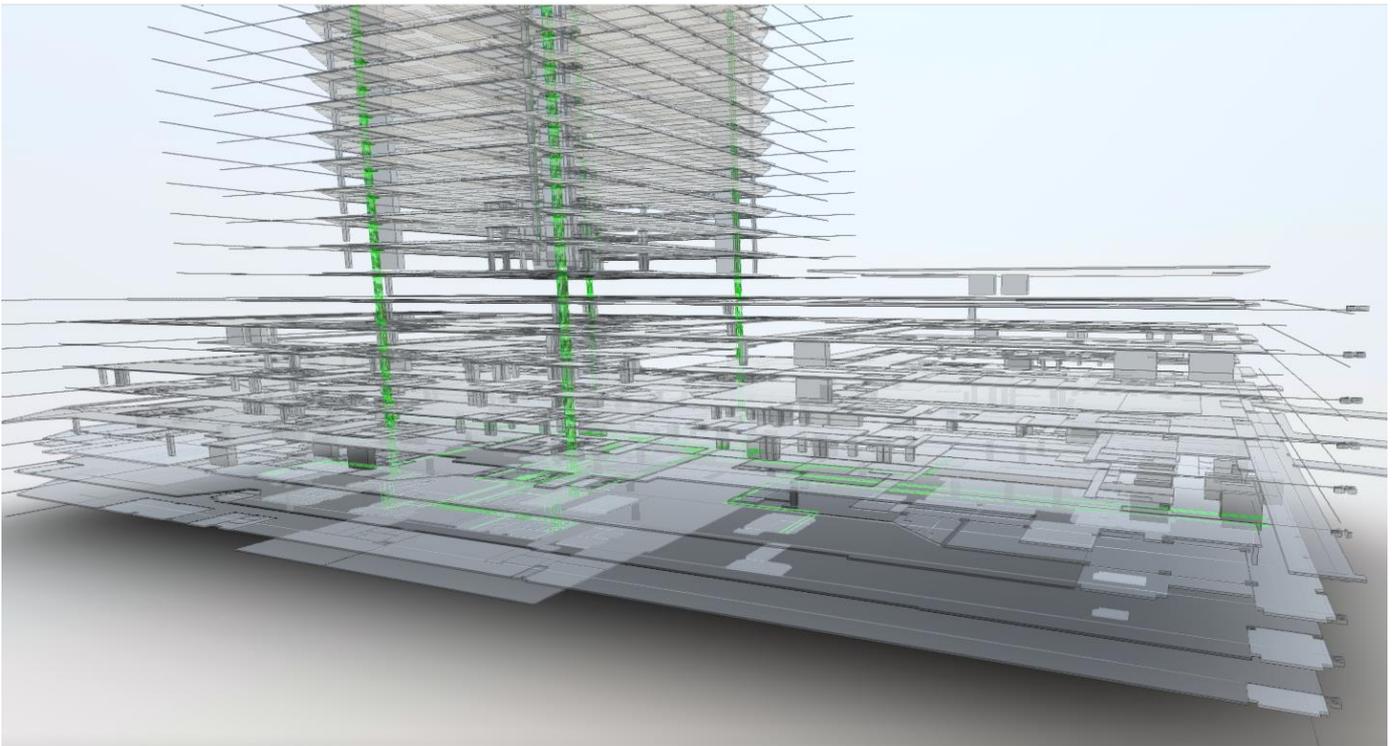
既存超高層施設の低層部分（主に共有施設と商業施設）の BIM を構築。多様な空間や形状をもつ低層部分の不動産管理ニーズに対応するとともに不動産管理システムや BEMS との連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施。



図表 42 低層棟 BIM の構築手順のイメージ

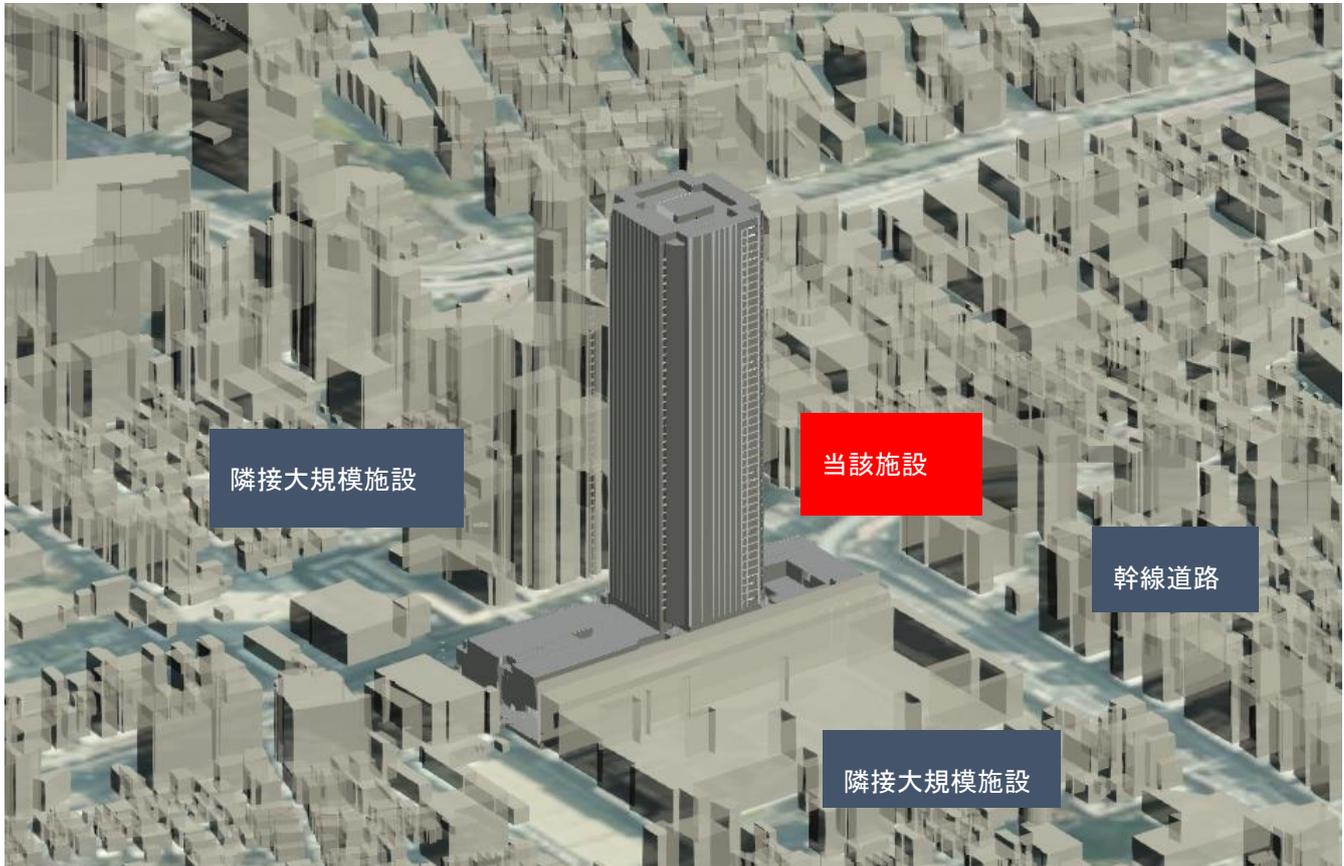


図表 43 低層棟 BIM の構築手順のイメージ



図表 44 低層棟 BIM の構築手順のイメージ

大規模施設の BIM であるため構築された全体像については都市レベルでの確認も重要である。国土交通省が推進する日本全国の 3D 都市モデルの整備・オープンデータ化プロジェクト「PLATEAU」の OBJ 形式データを活用し、構築された BIM データの都市情報レベルにおける外観確認を実施した。隣接する大規模施設や幹線道路との位置関係などを構築された BIM の規模や位置関係について確認した。



図表 45 構築した BIM の 3D 都市モデルにおける確認

## 設定した「分析する課題」と検討の方向性（令和3年度実施）

＜設定した検討課題＞

検討課題（令和3年度実施）

**課題 a.** 修繕工事における図面情報の共有化と履歴管理の方法において、クラウド化した不動産管理システムと BIM 情報をどの程度連動させるかという課題

**課題 b.** BIM を活用したプラットフォームを資産管理データ（工事实績情報）と BIM 上の情報をどのように連動させるかという課題

＜検討の前提条件＞

修繕工事は経費的支出と資本的支出に分類される。経費的支出（小修繕など）は件数が多く日常的に対応している。当該施設においては不具合やクレーム情報に加え小修繕についても竣工時よりソフトウェアで管理されており過去の履歴の DB が構築されている。一方、資本的支出は、件数は少ないが一件あたりの金額が大きく固定資産計上の基礎となるため長期修繕計画などと連携している。実際に予算化し工事を実施するにあたっては現状の発生不具合や点検結果などを考慮している。現状では一連の情報管理は書類や図面が中心となっている。

それぞれの現状や特性を分析するとともに、現状の管理手法に対応した連携手法や範囲、粒度を設定する。

＜検討の方向性・実施方法・体制＞

**課題 a. b.**

有識者として早稲田大学の参画のもと、ライフサイクルコンサルタントと BIM マネージャーが連携しながら以下の業務を推進。現状調査およびデータ分析については早稲田大学にて実施した。

①資本的支出および経費的支出（小規模修繕やメンテナンス）について、実施状況の現状把握と各工事履歴の分析を実施。

②修繕工事の企画・実施・完了から固定資産計上までのワークフローにおける BIM と不動産管理システムの連携すべき範囲や粒度を検討する。

③令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などを検証する。

④不動産管理で BIM を活用するイメージを具現化し、それを実現するための EIR を策定する。その効果を検証するとともに、不動産オーナーや管理者が効果的に BIM を活用するために必要なスキルや手法などについて検証する。

課題 a.

修繕工事における図面情報の共有化と履歴管理の方法について、クラウド化した管理システムと BIM 情報をどの程度連動させ DB 化するかという課題について

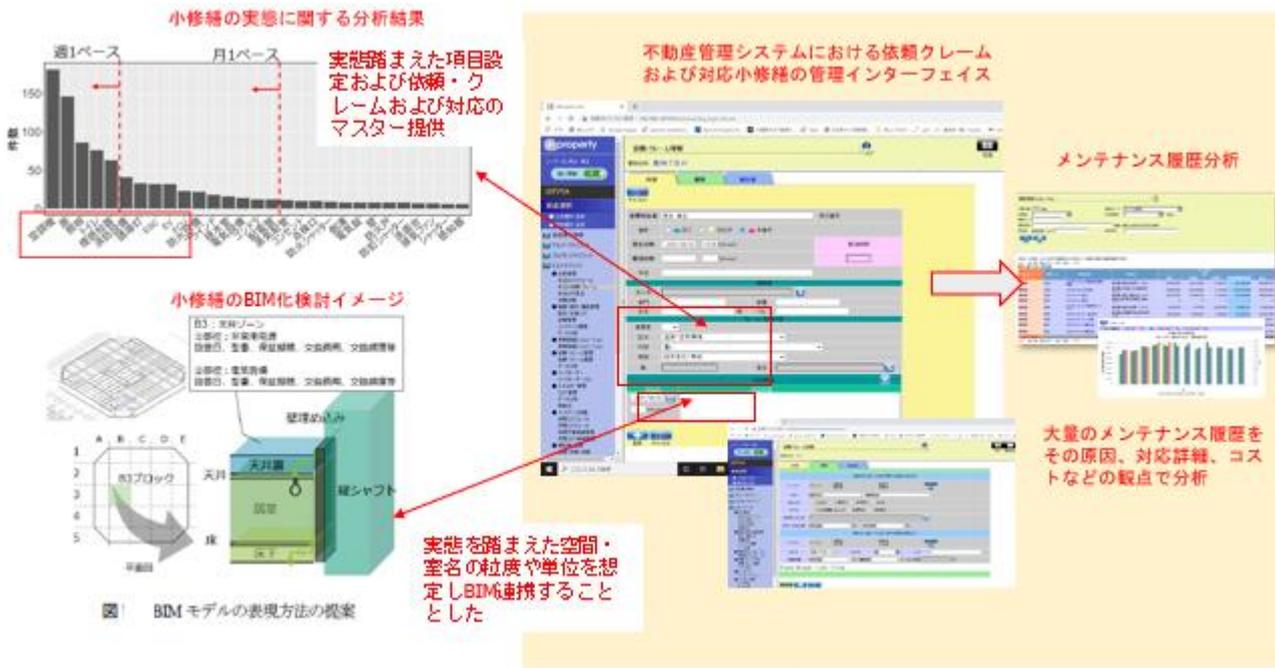
< 課題分析等の結果 >

過去の経費的支出（小規模修繕やメンテナンス）について、事前に実態調査を実施。修繕工事の発端となる依頼事項やクレームの実態を調査するとともに、対応した小修繕などの内容や範囲あるいは対象となる空間や部屋の粒度や単位などを整理した。調査結果を活用して不動産管理システムの依頼・クレーム事項のマスターや対象となる空間や室の（空間マスター）として活用するとともに、その設定された空間マスターの単位で BIM 連携を実装した。

BEP（実行計画）に反映

試行錯誤した点)

従前の管理システムや履歴データなどを調査することにより、BIM活用の対象となる修繕工事の種類や規模あるいは粒度や管理状況などを把握することができる。早稲田大学の約1年間にわたる基礎調査（資料3）により、効果的な工事項目や属性情報あるいは管理に必要となるLODなどを把握することができたためそれを活用している。



資料3より

出典 山本・高口・板谷・石田/既存大型施設の日常保全業務における BIM 活用に関する研究-日常保全業務の業務分類と異常発見要因に関する分析/2021年空気調和・衛生工学会大会学術講演論文

図表 46 依頼事項やクレーム実態調査手順のイメージ

<課題分析等の結果>

- ・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などを検証。
- ・不具合対応や定期的なメンテナンスなど修繕工事の企画・実施・完了までのワークフローの各段階において、情報集約・作成にかかわる業務量（人・日）の削減を検証する。例として図面情報検索や現地調査業務の軽減、工事内訳書の数量精度の向上等の効果等が期待できる。

BEP（実行計画）に反映



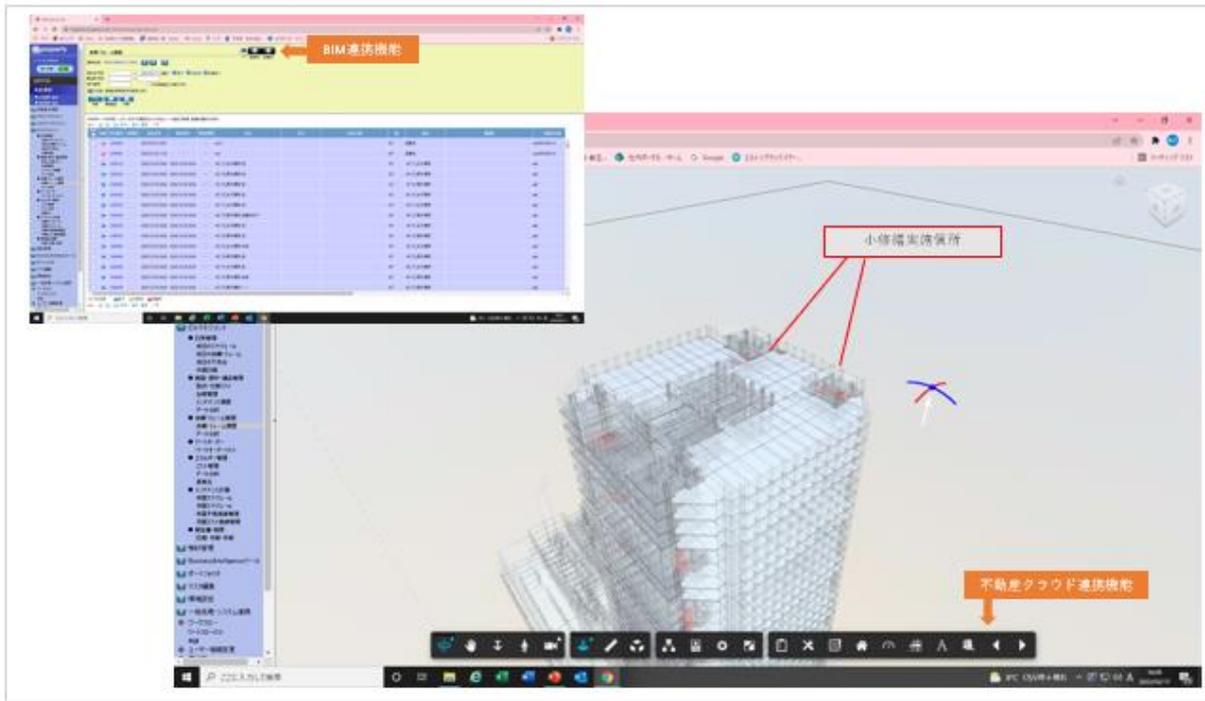
協力：早稲田大学理工学術総合研究所「建築プロジェクトと Whole-life cost のマネジメント手法に関する研究」プロジェクト

図表 47 一体システムの試行のイメージ

<課題分析等の結果>

- ・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果や視認性などを検証。

BIMを活用した一定期間の小修繕実施箇所の確認（イメージ）

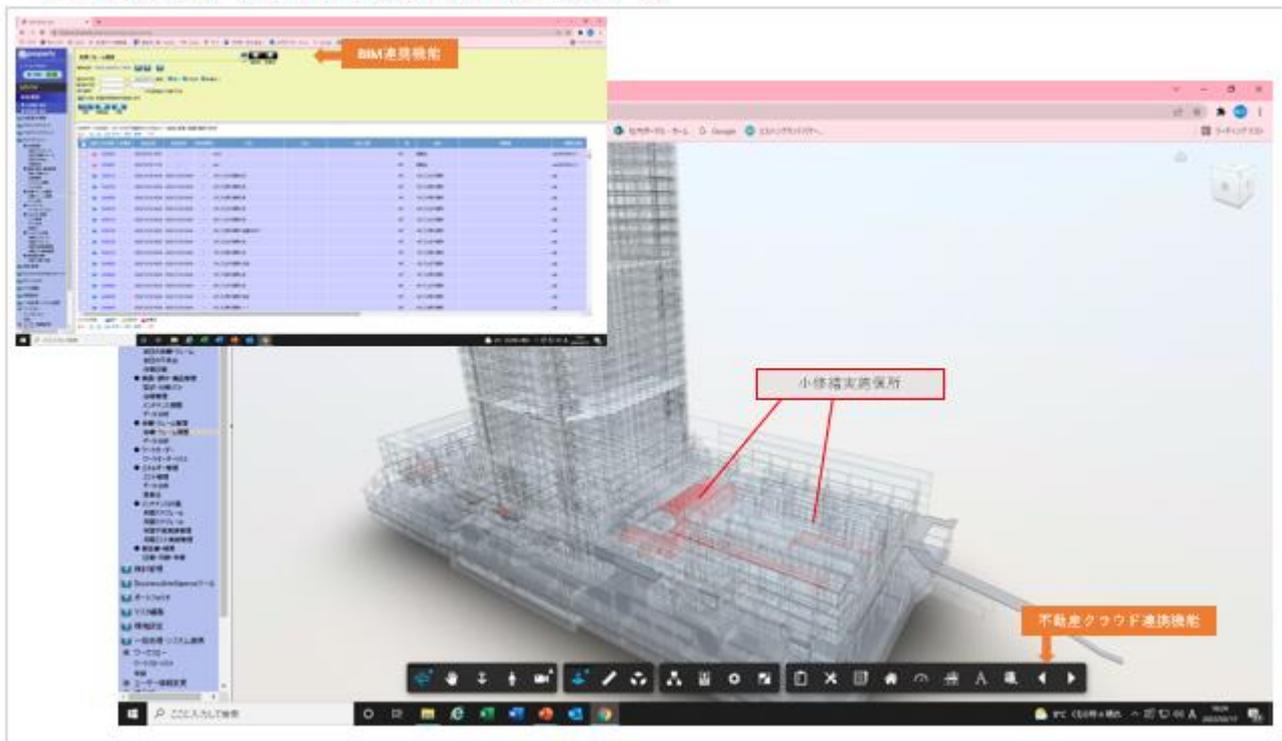


<課題分析等の結果>

図表 48 小修繕実施箇所確認のイメージ

- ・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果や視認性などを検証。

BIMを活用した一定期間の小修繕実施箇所の確認（イメージ）



図表 49 小修繕実施箇所確認のイメージ

課題 b.

資産管理データ（工事实績情報）と BIM 上の情報をどのように連動させるかという課題

<課題分析等の結果>

資産計上する工事（資本的支出）について、実施状況の現状把握と各工事履歴の分析を実施。工事の企画・実施・完了から資産計上までのワークフローにおける BIM と不動産管理システムの連携すべき範囲や粒度を検討した。

BEP（実行計画）に反映

試行錯誤した点)

従前の管理手法や履歴データなどを調査することにより、BIM活用の対象となる資本的支出工事の種類や規模、あるいは粒度や管理状況などを把握した。早稲田大学の約1年間にわたる基礎調査（資料3）により、効果的な工事項目や属性情報あるいは対応したLODなどを把握することができたためそれを活用している。



図表 50 投資的工事の実態に関する分析イメージ

資料3より

出典 山本・高口・板谷・石田/既存大型施設の日常保全業務における BIM 活用に関する研究-日常保全業務の業務分類と異常発見要因に関する分析/2021年空気調和・衛生工学会大会学術講演論文

<課題分析等の結果>

- ・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などを検証。
- ・修繕工事の企画・実施・完了から固定資産計上までのワークフローの各段階において、情報集約・作成にかかわる業務量（人・日）の削減を検証。例として図面情報検索や現地調査業務の軽減、劣化予兆把握の迅速化、工事内訳書の数量精度の向上等の効果等が期待できる。

BEP（実行計画）に反映

一体システムの試行イメージ



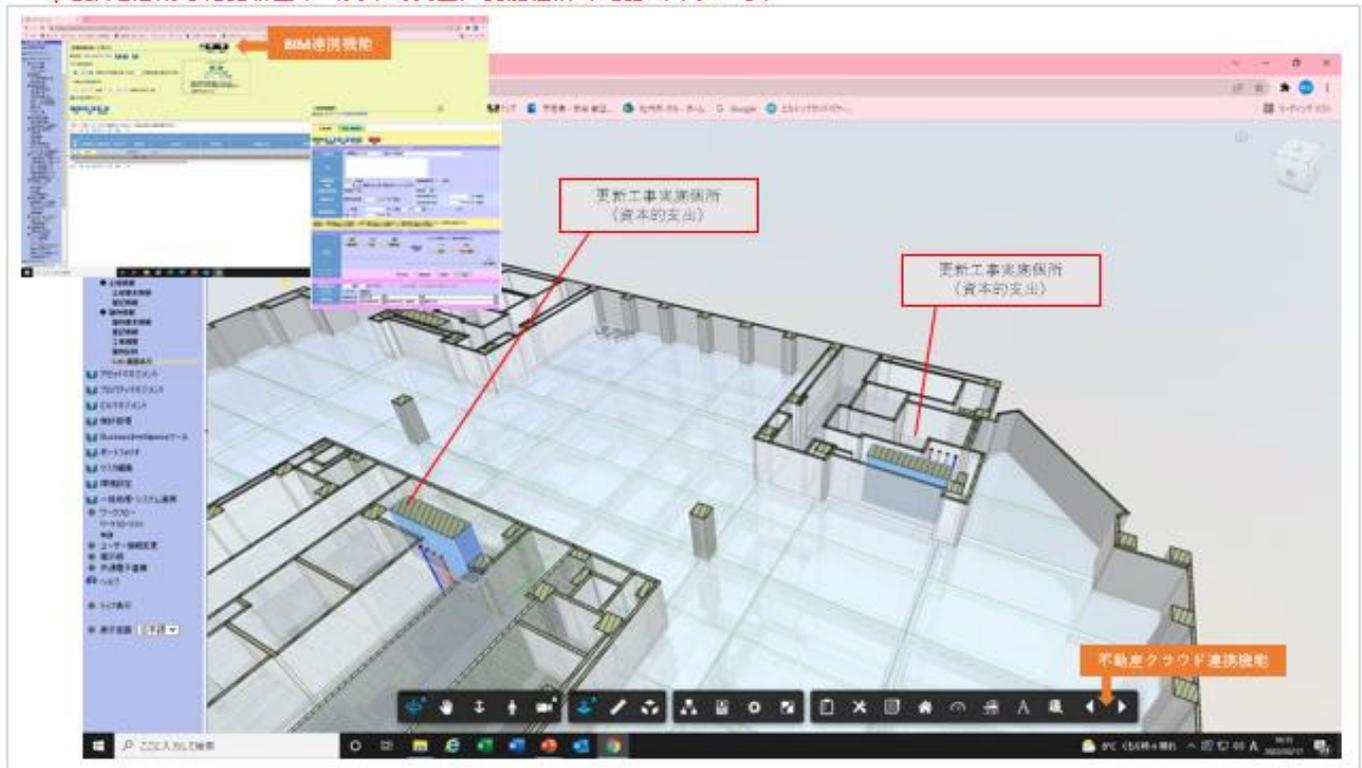
図表 51 一体システムの試行イメージ

協力：早稲田大学理工学術総合研究所「建築プロジェクトと Whole-life cost のマネジメント手法に関する研究」プロジェクト

<課題分析等の結果>

・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などや視認性などを検証した。

**BIMを活用した更新工事（資本的支出）実施箇所の確認（イメージ）**

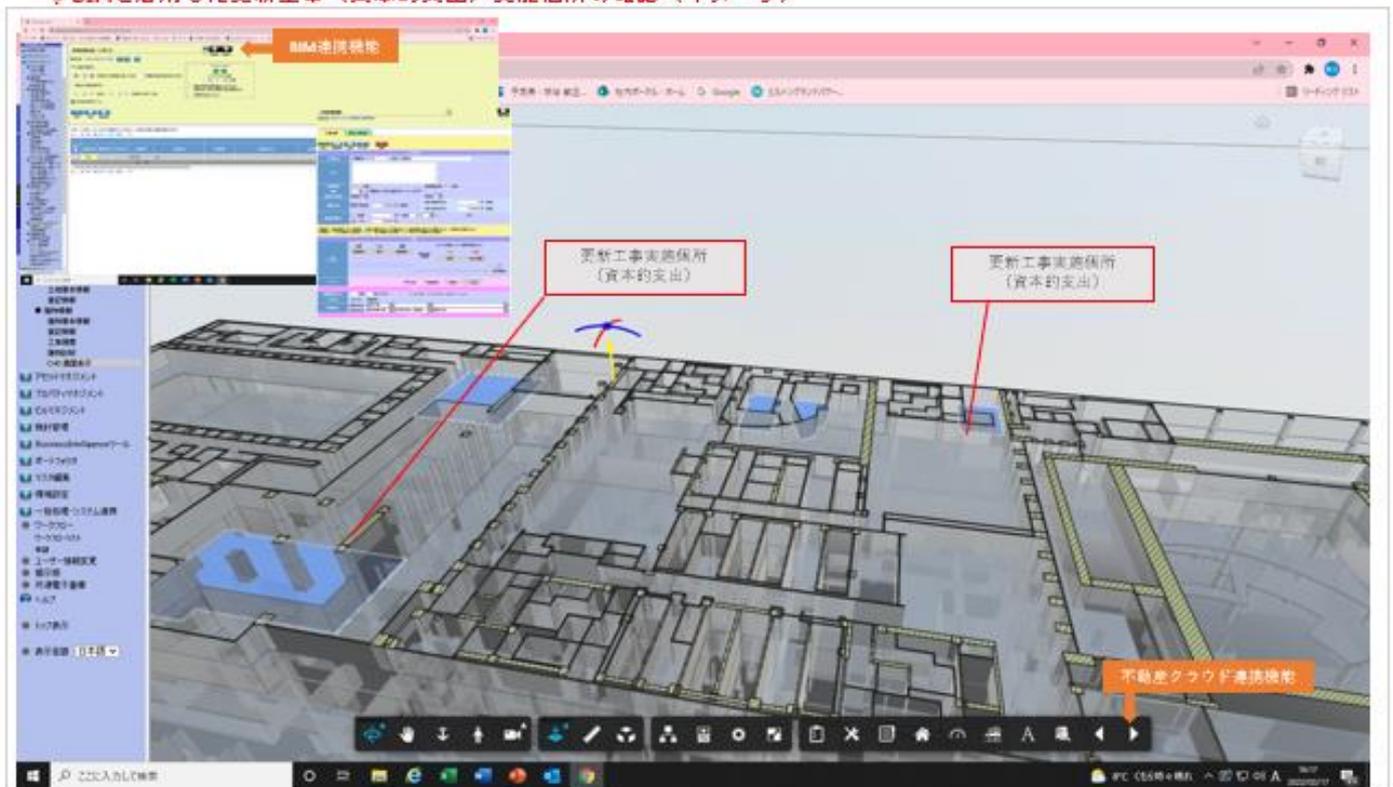


図表 52 更新工事実施箇所確認のイメージ

<課題分析等の結果>

・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などや視認性などを検証。

**BIMを活用した更新工事（資本的支出）実施箇所の確認（イメージ）**



図表 53 更新工事实施箇所確認のイメージ

<設定した分析する課題>

検討課題（令和3年度実施）

**課題c. 中長期修繕計画策定において、劣化調査から整備計画策定、工事実施までの業務での関係者間で共有するデータの量と質の設定を行う。**

<検討の前提条件 1>

資本的支出は、件数は少ないが一件あたりの金額が大きく固定資産計上の基礎となるため長期修繕計画などと連携するとともに各工事の詳細な情報が書類により蓄積されている。本事業ではこれらの書類情報を分析し今後のDB構築の基礎情報とするとともに、発生事由や内容などから設備・部位ごとの信頼度や故障率を算定し更新周期等の基礎情報として活用する。

<検討の前提条件 2>

当該施設では各工事の実施にあたっては統括管理会社、オーナー、設計者などが連携しその実施の可否について検討している。現状では一連の申請や承認は書類や図面が中心となっているが最終的には長期修繕計画に基づいた工事の予算化、申請、実施、完了および会計システムとの連携など、一連のワークフローのシステム化が可能となる。また事前調査などにより算定された信頼度などの情報は長期修繕計画の基礎情報として活用できる。

<検討の方向性・実施方法・体制>

有識者として早稲田大学の参画のもと、ライフサイクルコンサルタントとBIMマネージャーが連携しながら以下の業務を推進。現状調査およびデータ分析については早稲田大学にて実施する。

**課題c.**

- ①故障、不具合の発生履歴を、 Kaplan-Meier法などを適用して分析（信頼度・故障率を算定）する。
- ②部位、部材ごとに近似するワイブル関数などを活用し最適な更新周期を設定する。
- ③以上を活用しリスクベースメンテナンスなどの考え方に基づく長期修繕計画を策定する。

<課題分析等の結果>

・故障、不具合の発生履歴を、 Kaplan-Meier法などを適用して分析し、各設備や部材ごとの信頼度・故障率を算定する。

・部位、部材ごとに近似するワイブル関数などを活用し、ライフサイクルコストなどの観点から最適な更新周期を設定する。算出された最新の更新周期に基づく長期修繕計画を策定する。

試行錯誤した点)

長期修繕計画には業界推奨値の更新周期などが参考となるが推奨する団体などによりバラティリティは高く、現実には管理の状況や施設の特性などを踏まえ、当該施設に対応した調整が必要となる。今回は既存施設である点を踏まえ、大量の履歴データなどを調査することが可能である。早稲田大学の基礎調査(資料3)により、故障、不具合の発生履歴を、 Kaplan-Meier法などを適用して分析し、各設備や部材ごとの信頼度・故障率を算定した。部位、部材ごとに近似するワイブル関数などを活用し、ライフサイクルコストなどの観点から最適な更新周期を設定することができた。算出された最新の更新周期に基づく長期修繕計画を策定することができた。

当該施設の工事履歴を活用した信頼度および故障率の算定例

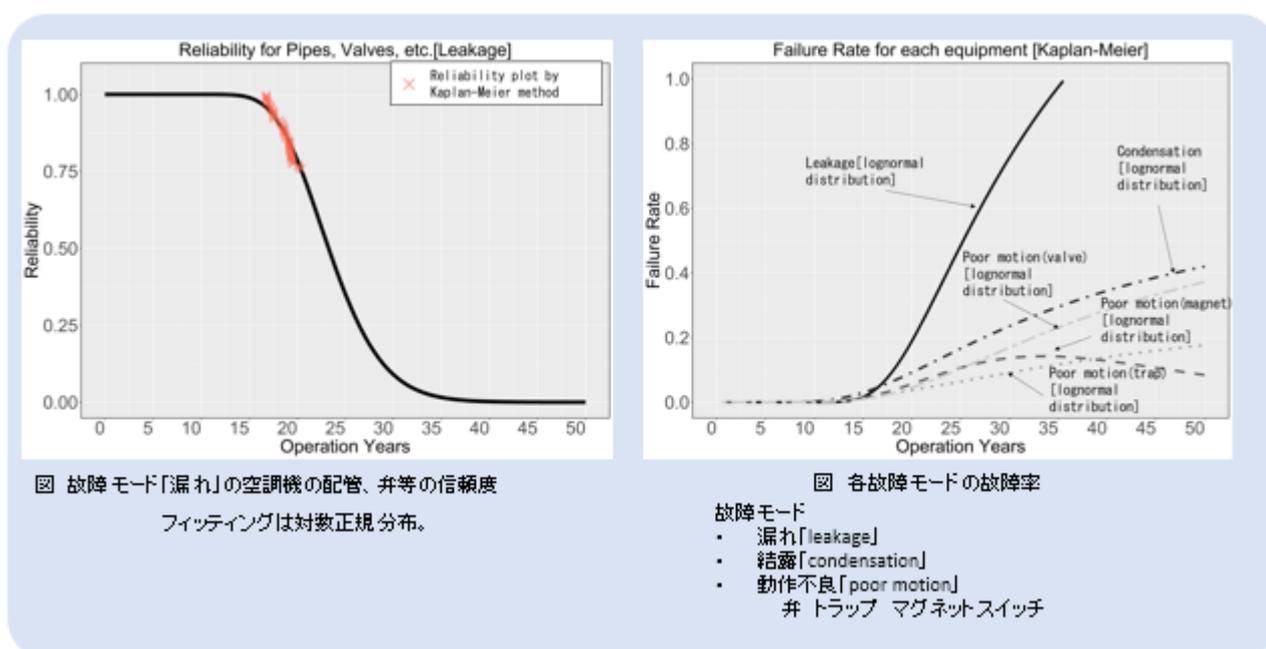


図 故障モード「漏れ」の空調機の配管、弁等の信頼度  
フィッティングは対数正規分布。

図 各故障モードの故障率

- 故障モード
- ・ 漏れ[leakage]
  - ・ 結露[condensation]
  - ・ 動作不良[poor motion]  
 弁 トラップ マグネットスイッチ

資料3より

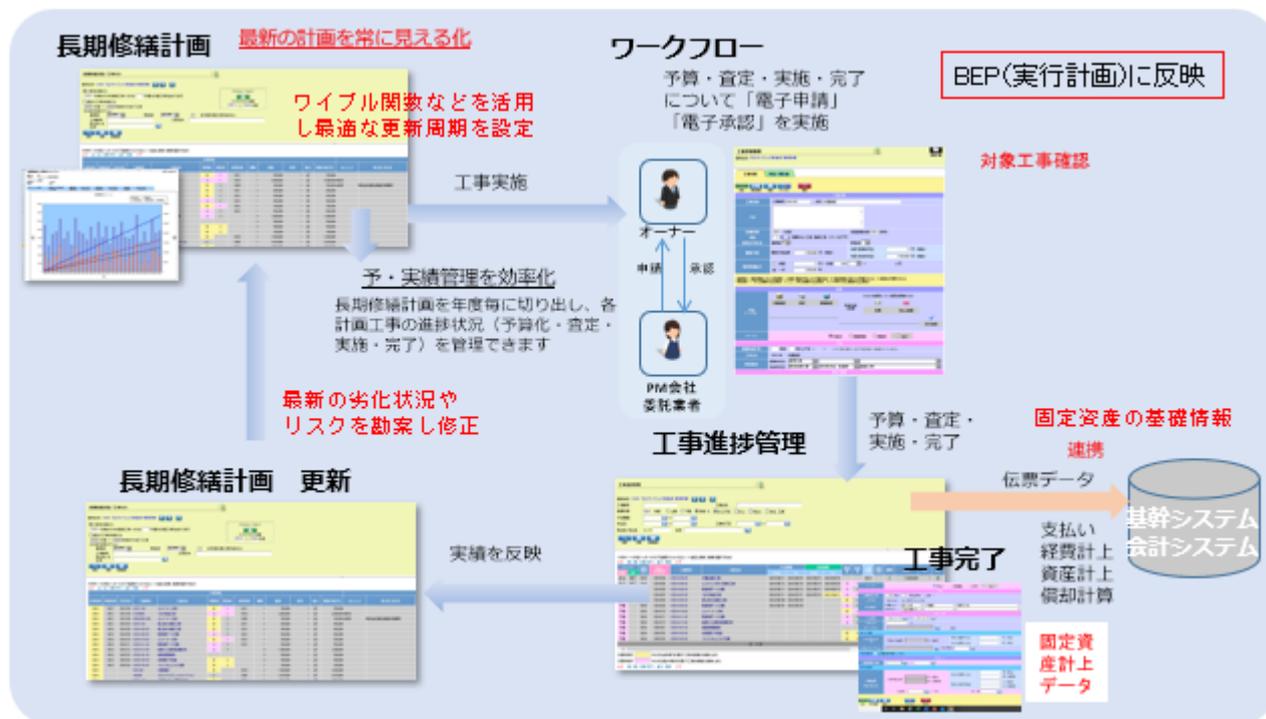
早稲田大学大学院 創造理工学研究科 建築学専攻 高口研究室作成

図表 54 信頼度および故障率算定のイメージ

<課題分析等の結果>

算出された信頼度などを参考に、リスクベースメンテナンスなどの考え方に基づく工事ワークフローを構築した。ワークフローは管理会社（PM）、オーナーなど関係者が参加できるものとし、長期修繕計画は工事実績や最新の劣化状況などを反映し、毎年更新するものとする。

工事ワークフローと長期修繕活用イメージ



図表 55 工事ワークフローと長期修繕活用のイメージ

BEP (実行計画) に反映

<課題分析等の結果>

・令和 2 年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などを検証した。

・長期修繕計画策定から修繕工事の企画・実施・完了から固定資産計上までのワークフローの各段階において、情報集約・作成にかかわる業務量（人・日）の削減を検証。例として図面検索や現地調査業務の軽減、劣化予兆把握の迅速化等の効果等が期待できる。

BEP（実行計画）に反映

一体システムの試行イメージ



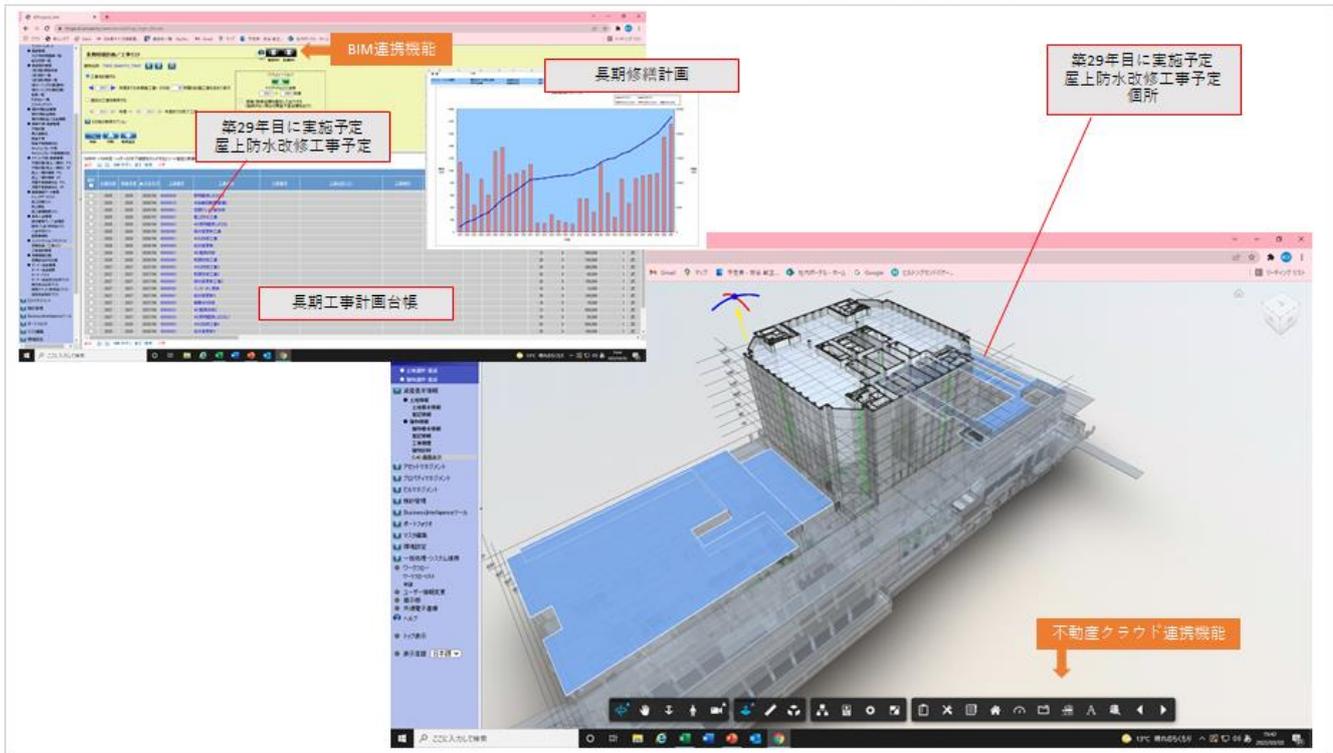
協力：早稲田大学理工学術総合研究所「建築プロジェクトと Whole-life cost のマネジメント手法に関する研究」プロジェクト

図表 56 一体システムの試行イメージ

<課題分析等の結果>

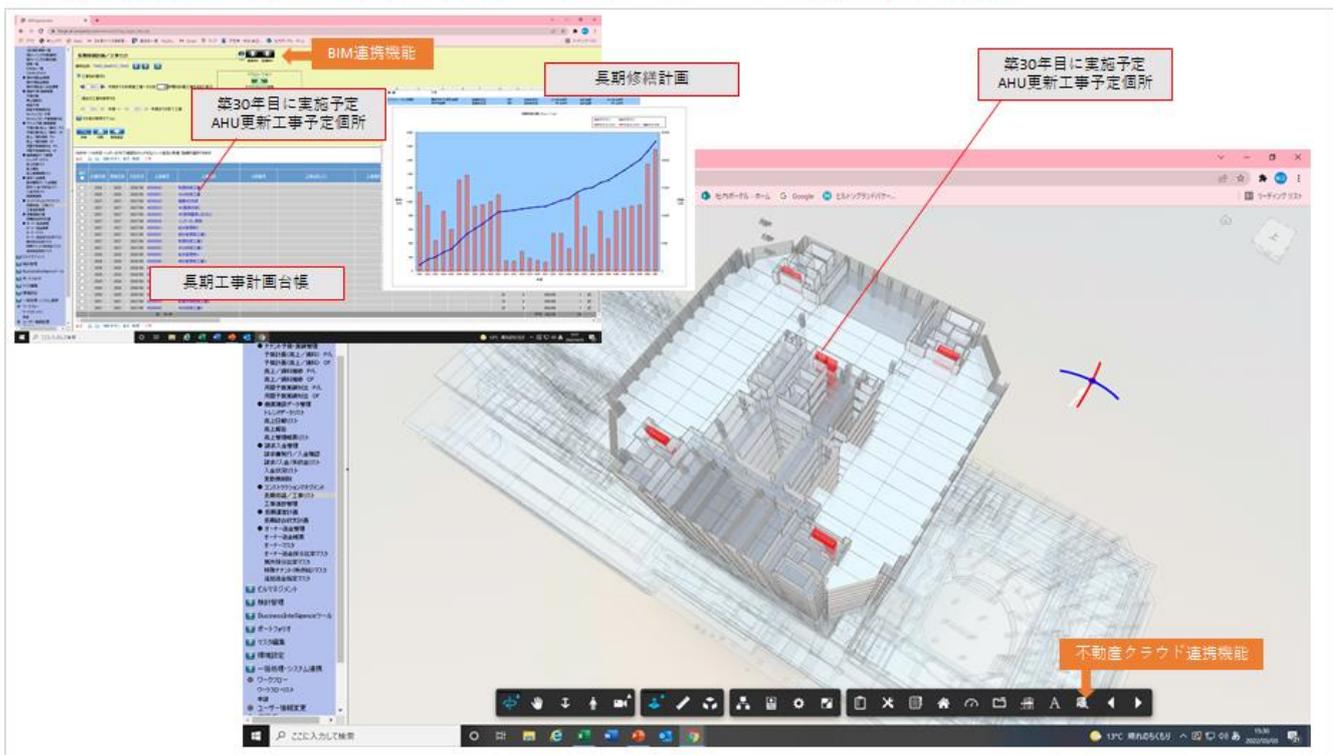
長期修繕計画およびリスクベースメンテナンスなどの考え方に基づく具体的な工事計画に関する情報共有のイメージを作成。共同オーナーや統括管理会社などの関係者へのヒアリングなどからその効果を把握する。

◀ BIMを活用した更新工事（資本的支出）実施個所の確認（イメージ） 長期修繕計画との連携



図表 57 BIM を活用した更新工事(資本的支出)実施箇所確認イメージ

◀ BIMを活用した更新工事（資本的支出）実施個所の確認（イメージ） 長期修繕計画との連携



図表 58 BIM を活用した更新工事(資本的支出)実施箇所確認イメージ

BIMを活用した長期修繕計画（CAPEX）に関するダッシュボード（イメージ）



図表 59 CAPEX（資本的支出）計画に関するダッシュボードイメージ

## (4) BIMの活用による生産性向上、建築物・データの価値向上や様々なサービスの創出等を通じたメリットの検証等について（令和2年度）

### 4-1 はじめに

#### <比較基準、目標>

対象業務のそれぞれの業務フローに関し、BIM情報活用前後で、業務量（人・日）の2割削減を目標とする。主に以下1)2)3)についてBIM情報活用前後における業務量（人・日）を導入前後で定量的に比較する。令和2年度は1)2)を実施、令和3年度は3)について実施した。

#### <定量的に検証する効果>

1) 修繕工事の企画・実施・完了から固定資産計上までのワークフローの各段階において、情報集約・作成にかかわる業務量（人・日）の削減を検証する。例として図面情報検索や現地調査業務の軽減、劣化予兆把握の迅速化、工事内訳書の数量精度の向上等の効果等が期待できる。

2) 上記修繕履歴DBを活用し、中長期修繕計画の立案の業務フローの効率化をはかる上で業務フローの改善による付加価値の向上と業務量（人・日）の削減を検証する。

3) 入居者（テナント）管理、エネルギー管理情報をBIMと連携させることによるワークフローの改善をはかる。既存のワークフローと導入後のワークフローを比較することにより削減される業務量（人・日）を検証する。

#### <検証の方向性と前提条件>

当該施設では不動産管理システムによる一定の省力化は実現しているが、設備や躯体あるいはテナント居室の位置情報については、従来からの管理書類や図面を活用しているのが現状である。入居者（テナント）管理、エネルギー管理情報、工事管理情報においてBIMと連携させることにより、テナント情報、メーターを含む設備情報、空間や居室情報あるいはメンテナンスや工事情報をBIM上で可視化することによる業務量（人・日）の削減を検証する。

#### <効果の目標>

対象業務のそれぞれの業務フローに関し、BIM情報活用前後で、業務量（人・日）の2割削減を目標とする。

#### <比較基準>

BIM情報活用前後における業務量（人・日）を導入前後で定量的に比較する。

#### <実施方法・体制>

- ・関係する各社における当該業務ワークフローの洗い出し
- ・各社毎に現行業務量（人・日）を確認
- ・BIMを今回導入した不動産管理システム（クラウドシステム）上で一体運用する
- ・構築後の業務フローの見直し
- ・各社毎に導入後の業務量（人・日）などサンプリング調査

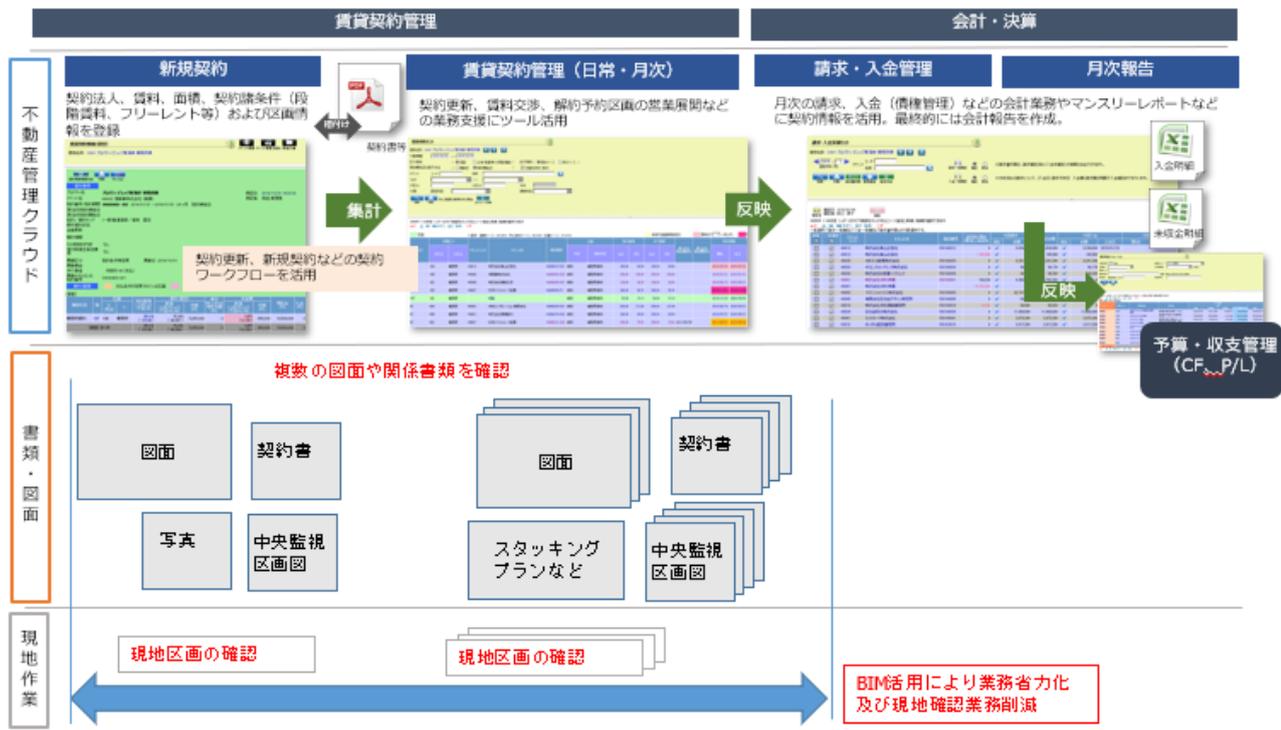
## 4-2 令和2年度 報告

< 検証の方向性 >

従来のテナント管理における書類・図面活用のイメージをまずは説明する。

### ① 新規契約～日常契約管理・会計処理

テナントの賃貸契約の管理、請求入金管理、予算・収支管理まで一連の業務は賃貸事業の根幹業務。従来業務においては複数の図面や関係書類の確認や現地区画の確認などの業務が発生。



図表 60 新規契約～日常契約管理・会計処理イメージ

< 検証の方向性 >

BIM 導入時のテナント管理のイメージは以下の通りとなる。

① 新規契約～日常契約管理・会計処理

テナントの賃貸契約の管理、請求入金管理、予算・収支管理まで一連の業務は賃貸事業の根幹業務。BIM 活用により区画の確認や面積情報の管理を円滑に遂行可能。



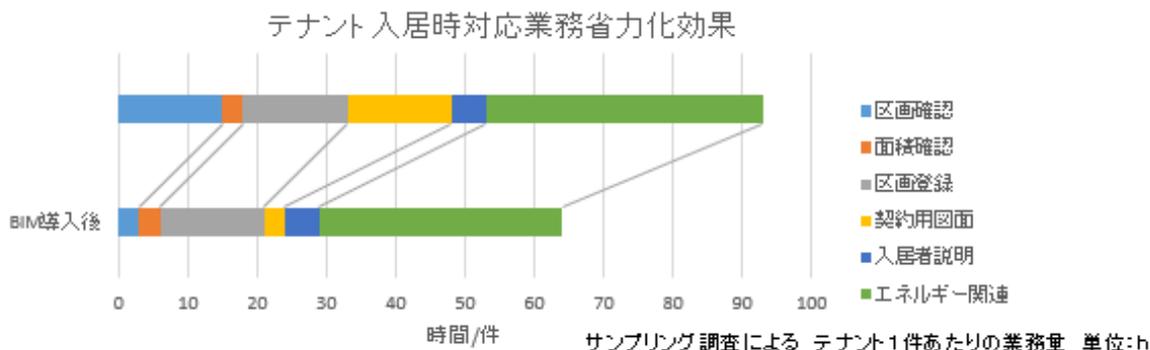
図表 61 BIM 導入時のテナント管理のイメージ

<検証等の結果>

テナント管理（入居時）における BIM 情報活用の定量的効果について

①新規契約～日常契約管理における BIM 情報活用効果

テナントの賃貸契約の管理、請求入金管理、予算・収支管理まで一連の業務は賃貸事業の根幹業務。BIM 活用により関連書類の作成や対象計量メーターの確認業務などが省力化できる。



		Before		After	
	作業概要	作業内容	時間数	作業内容	時間数
内覧会の実施	当該フロア図面作成	契約図面のコピー	5	契約図面のコピー <b>BIM活用</b>	3
		色塗り	10	色塗り	
契約条件の決定	契約面積の確定 (賃料の確定)	面積割付表で確認	3	面積割付表で確認	3
	契約区画の登録	中央監視盤CRT変更	10	中央監視盤CRT変更	10
		階段図 (Excel) の変更	5	@プロパティ上のBIM図出力	5
	契約書添付図作成	契約図面のコピー	5	@プロパティ上のBIM図出力	3
		区画の色塗り	10		
入居に伴う工事関連	入居者説明会	CAD図出力	5	CAD図出力	5
入居に伴うエネルギー関連		メーター表作成	10	メーター表出力	5
		現地立会い読み合せ	20	現地読み合わせ	20
		メーター表チェック	10	メーター表チェック	10
			<b>93</b>		<b>64</b>

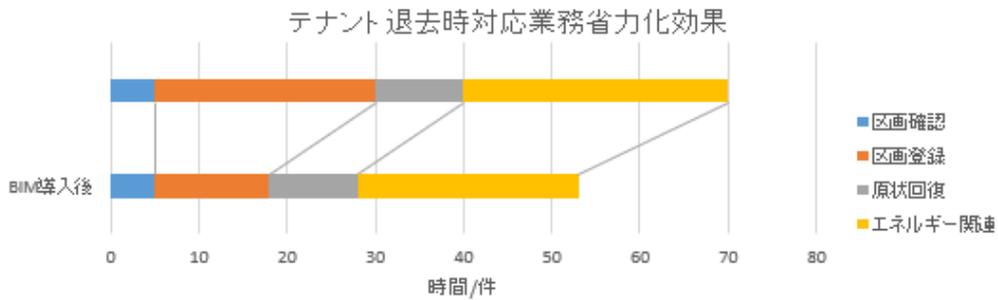
**業務時間削減率 31.2%**

図表 62 新規契約～日常契約管理における BIM 情報活用効果

テナント管理（退去時）における BIM 情報活用の定量的効果について

②解約予約～営業展開～新規契約

テナントのリーシングおよび営業は賃貸事業において非常に重要な業務。随所で BIM の区画情報を活用可能。BIM 活用により解約区画の確認や関連書類の作成や対象計量メーターの確認業務などが省力化できる。



サンプリング調査による テナント1件あたりの業務量 単位:h

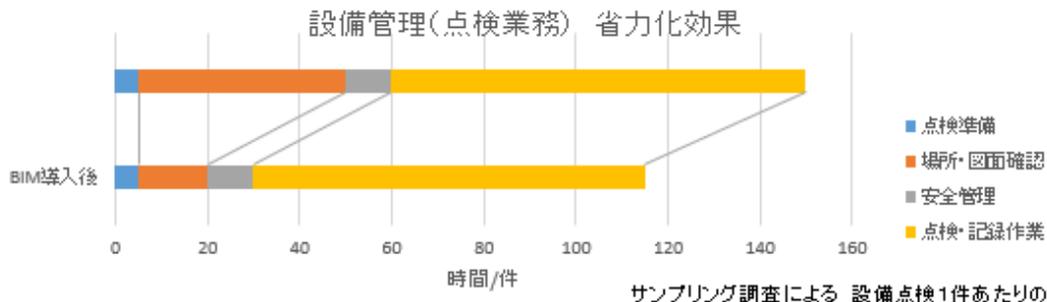
	作業概要	Before		After	
		作業内容	時間数	作業内容	時間数
解約予告	解約区画の登録予約	階段図 (Excel) の解約予約	5	階段図 (Excel) の解約予約	5
解約覚書調印	解約区画の登録	階段図 (Excel) の解約登録	5	@プロパティ上のBIM図出力	3
		区画の色塗り	10		
		中央監視盤CRT変更	10	中央監視盤CRT変更	10
退去に伴う工事関連	原状回復工事	工事前) 回復範囲確定 立会	5	回復範囲確定 立会	5
		工事後) 現地区画の確認	5	工事後) 現地区画の確認	5
退去に伴うエネルギー関連		現地立会読み合せ	20	現地読み合わせ	20
		メーター区分け作成 及びチェック	10	@プロパティ上のBIM メーター図出力	5
			<b>70</b>		<b>53</b>
				<b>業務時間削減率</b>	<b>24.3%</b>

図表 63 解約予約～営業展開～新規契約における BIM 情報活用効果

設備管理（点検）における BIM 情報活用の定量的効果について

③点検対象機器確認～点検実施・報告～履歴管理

スケジュールされた点検、障害対応、修繕・修理に加え突発的な不具合対応業務において、対象となる設備機器、部材等（メーター等）の詳細情報およびその位置確認に BIM を活用する。



	作業概要	担当者	Before		After	
			作業内容	時間数	作業内容	時間数
設備点検 (月例点検) (25階想定)	空調機点検 ・外観点検等 ・計測機器記録	BM会社	点検表の準備	5	点検表の準備	5
			点検場所の確認		点検場所の確認	
			・ 図面で場所の確認	15	・ 図面で場所の確認	5
			・ 点検箇所の詳細情報確認	15	・ 点検箇所の詳細情報確認	5
			・ 図面のコピー	15	・ BIM情報の出力	5
			安全ミーティング(KYK)	10	安全ミーティング(KYK)	10
			点検工具の準備	10	点検工具の準備	5
			点検場所へ移動	10	点検場所へ移動	10
			点検・記録	60	点検・記録	60
			点検結果をMOSSへ入力	10	点検結果をBIMへ入力	10
				<b>150</b>		<b>115</b>

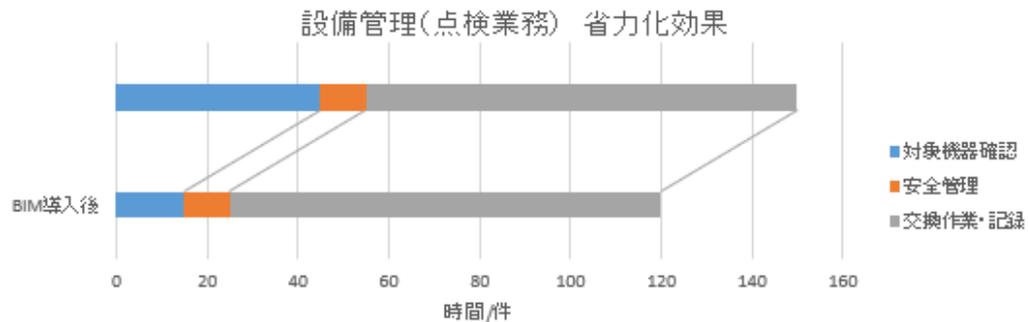
業務時間削減率 23.3%

図表 64 点検対象機器確認～点検実施・報告～履歴管理における BIM 情報活用効果

設備管理（更新・メンテナンス）における BIM 情報活用の定量的効果について

④更新・メンテナンス対象機器確認～更新・メンテナンス実施・報告～履歴管理

経過年数などにより更新・メンテナンスの対象となる建物内の設備機器（メーター等）の抽出およびその位置確認に BIM を活用する。



サンプリング調査による 設備メンテナンス1件あたりの業務量 単位:h

作業概要	担当者	Before		After	
		作業内容	時間数	作業内容	時間数
空調機部品交換 (25階想定)	BM会社	更新機器確認・選定		更新機器確認・選定	
		・更新計画表確認	15	・更新計画表確認	5
		・図面で場所の確認	15	・図面で場所の確認	5
		・図面のコピー	15	・BIM情報の出力	5
		安全ミーティング(KYK)	10	安全ミーティング(KYK)	10
		機器設置場所へ移動	10	機器設置場所へ移動	10
		部品交換	60	部品交換	60
		作業内容をMOSSへ入力	10	作業内容をBIMへ入力	10
		更新計画表の更新	15	更新計画表の更新	15
			<b>150</b>		<b>120</b>

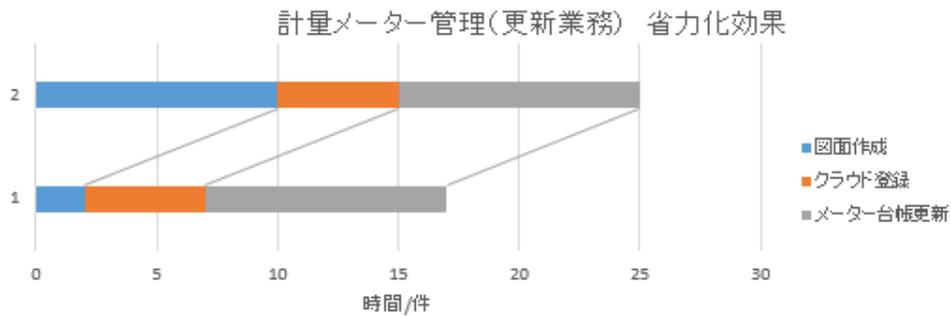
業務時間削減率 20.0%

図表 65 更新・メンテナンス対象機器確認～更新・メンテナンス実施・報告における BIM 情報活用効果

エネルギー管理（計量メーター設定）における BIM 情報活用の定量的効果について

⑤メーターの設定管理およびテナント入れ替えなどに伴うメーターの対応変更

変動費のもととなる電力・時間外空調・水道などの利用量を計量する各種目メーターの設定および対応テナント管理において BIM と連携。テナントの入れ替えに伴う各メーターの対応区画図の変更も BIM で確認可能となる。



サンプリング調査による メーター設定変更1件あたりの業務量 単位:h

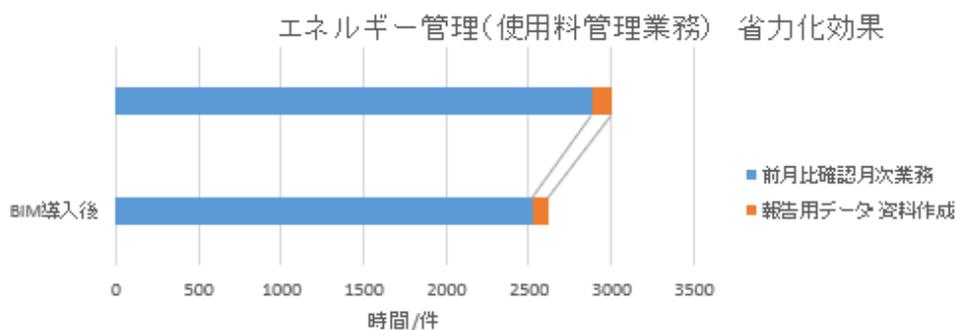
	作業概要	担当者	Before		After	
			作業内容	時間数	作業内容	時間数
メータ交換	メータ交換(1台当たり)	BM会社	メータ図面作成	10	メータ連動BIM図面作成	2
			@プロパティ入力	5	@プロパティ入力	5
			メータ台帳 (Excel) 更新	5	メータ台帳 (Excel) 更新	5
			テナントメータ登録削除(Excel)作成	5	テナントメータ登録削除(Excel)	5
			<b>合計</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	
<b>業務時間削減率</b>						<b>32.0%</b>

図表 66 メーターの設定管理およびテナント入れ替えなどに伴うメーターの対応変更における BIM 情報活用効果

## エネルギー管理における BIM 情報活用の定量的効果について

### ⑥エネルギー及び各種使用料管理

電力・時間外空調・水道などの利用料の前月との比較や異常値の確認などにおいて BIM を活用。当該メーターの位置や対応テナントの確認を円滑に実施。関連する報告書作成なども省力化が可能となる。



月次作業量をヒアリングにて推計

業務量 単位:m

			Before		After	
	作業概要	担当者	作業内容	時間数	作業内容	時間数
メーター使用量確認	前月・前年同月比を比較し、メーター異常が無いことを確認 (全メーター数 約1600個)	BM会社	前月・前年同月比を比較し、メーター異常が無いことを確認 (60分×8h×2日×3人)	2880	前月・前年同月比を比較し、メーター異常が無いことを確認 (60分×7h×2日×3人)	2520
テナントメーター使用量報告	管理会社へテナントメーター使用量を報告	BM会社	管理部・業務部報告用資料作成	120	管理部・業務部報告用資料作成 BIM情報の一部活用	100
				<b>3000</b>		<b>2620</b>

業務時間削減率

12.7%

図表 67 エネルギー及び各種使用料管理における BIM 情報活用効果

< 検証等の結果 >

BIM 情報活用の定量的効果のサマリー

検証対象の 6 つの業務フローにおける BIM 情報活用効果は以下となった。各業務において概ね 20～30%の省力化が確認された。

テナント管理業務	BIM導入後の業務量改善率
1.新規契約（入居時）	31.2%
2.解約（退去時）	24.3%
エネルギー機器 点検・メンテナンス管理	BIM導入後の業務量改善率
3.設備の点検管理	23.3%
4.設備更新メンテ実施管理	20.0%
エネルギー使用量管理	BIM導入後の業務量改善率
5.メーターの交換・設定管理	32.0%
6.エネルギー使用料管理	12.7%

※修繕工事・投資工事関連は来年度検証、設備機器管理関連は来年度実施可否判断の予定

< 検証等の結果 >

定量的効果の考察および今後の課題認識

サンプリング調査および試運用の課程で実際のユーザーからは以下の考察を得た。効果確認と同時に課題も認識されたため今後の検討に活かすこととした。また今後は実運用における一定期間のもとでの評価なども実施する予定である。

	改善結果について考察	課題認識
テナント管理業務	入退去に伴う契約締結事務フローにおける面積情報等図面作成業務の比率が高いことから、目標の2割を超えた結果となった。テナント内覧の為の3D 動画情報の必要性は改めて感じなかった。	契約に添付する図面の見栄え次第では、テナントから手書き旧図面を添付してほしい、との要望がありうる。 <u>BIM 画面活用ニーズとして認識。</u>
設備機器管理	スケジュール化されたメンテナンス業務（1回/月）と突発事象の頻度を仮に1回/月として、カウントしたが、実態は突発事象の頻度はもっと高いことが多く、その場合は更に改善効果は高くなる。 本業務は長年同じ会社に再委託しており、かなり熟練していることから、BIM 導入前の作業において、図面を確認せず、現場に向かう作業員も散見されるとのこと。しかしながら、業務の安全性上望ましいものではなく、改めて、日常常務フローの徹底をはかることができた。	作業員の熟練レベルにより、効果検証結果が異なってくることから、作業品質の維持・向上の観点からも <u>BIM 情報の作業員の教育・育成への活用も考えられる。</u>
エネルギー使用量管理	定型業務の中で、エネルギー使用量管理は、月次で最も人工のかかる単純作業であり、最も改善を期待したが、想定目標を大きく下回った。	メーターの属性（テナント）がまちがっていないければ、問題ないことから、 <u>あえて BIM と連動させなくてもよい、と考えられるが、継続検討したい。</u>

(4) BIMの活用による生産性向上、建築物・データの価値向上や様々なサービスの創出等を通じたメリットの検証等について（令和3年度）

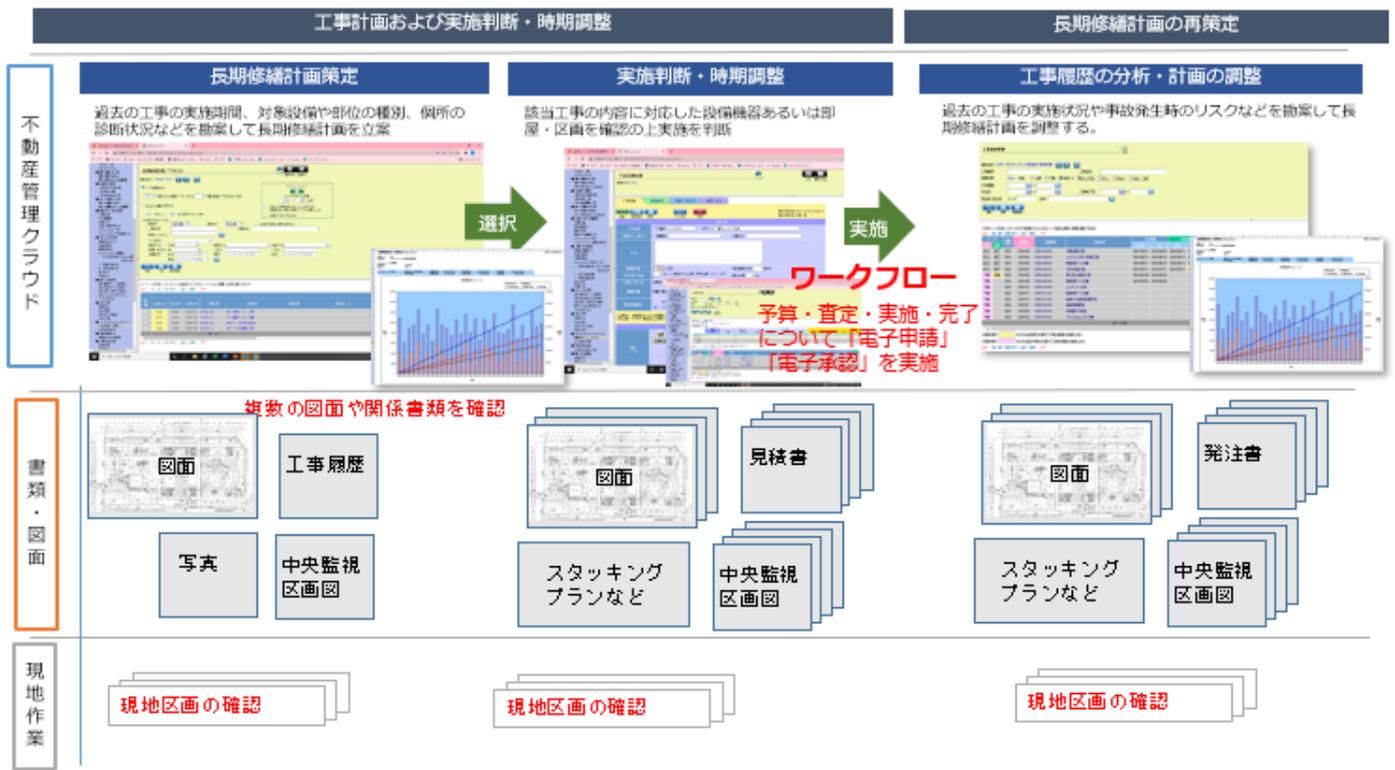
令和3年度 報告

<検証の方向性>

従来の工事管理における書類・図面活用のイメージをまずは以下説明する。

長期修繕計画～工事実施判断（ワークフロー）～実施後の調整

最新の設備や部位の劣化状況やリスクなどを勘案した長期修繕計画を立案。計画をベースに対象工事の選択や実施時期の調整を実施（関係者間ワークフロー）。実施工事は完了までフォローするとともに実施状況を踏まえ長期修繕計画を調整する。



図表 68 長期修繕計画～工事実施判断ワークフローのイメージ

< 検証の方向性 >

BIM 活用時の工事管理のイメージについて

長期修繕計画～工事実施判断（ワークフロー）～実施後の調整

最新の設備や部位の劣化状況やリスクなどを勘案した長期修繕計画を立案。計画をベースに対象工事の選択や実施時期の調整を実施（関係者間ワークフロー）。実施工事は完了までフォローするとともに実施状況を踏まえ長期修繕計画を調整する。



図表 69 長期修繕計画～工事実施判断（ワークフロー）～実施後の調整のイメージ

< 検証等の結果 >

単年度工事及び中長期維持保全計画策定フローへの BIM 導入について

2021 年度に 5 年に一度の劣化調査を実施し、2021～2025 年の 5 か年の投資計画（Ⅰ）を策定の上、2021 年度単年度の工事を実施中。その傍らで、劣化調査と現況確認を踏まえた 2022 年度から 2026 年までの 5 か年の中長期維持保全計画をリメイク策定した。この流れを次の 2025 年に実施する劣化調査まで、繰り返しつつ、工事計画を管理・実施していく。

	2020 年度	2021 年度
中長期維持保全計画管理	劣化調査報告書作成 （5 年に一回） 5 か年計画（Ⅱ）策定 2022～2026 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>①劣化調査報告書チェック</li> <li>②現地確認（施工者、BM 同行）</li>   <li>③前年作成の 2021～2025 年 5 か年工事計画（Ⅰ）の再検討・候補工事エントリー</li> <li>④5 か年計画のリメイク（Ⅱ. 2022～2026 年）</li>   <li>⑤実施内容のデータ蓄積 （BIM 図に反映していく）</li> </ul>
単年度（次年度）工事管理	2021 年度工事計画策定	<ul style="list-style-type: none"> <li>①劣化調査報告書チェック</li> <li>②現地確認（施工者、BM 同行）</li> <li>③次年度対象工事の絞込み</li> <li>④見積査定</li> <li>⑤年間工程表作成</li> <li>⑥実施工程管理</li> <li>⑦竣工検査・引渡</li> <li>⑧オーナー申請</li> <li>⑨実施内容のデータ蓄積 （BIM 図に反映していく）</li> </ul>

< 検証等の結果 >

中長期維持保全計画立案から計画進捗管理についての検証

劣化調査を実施し（2021年度実施）、5か年の中長期維持保全計画を策定する。それに基づく次年度を含めた5か年の改修工事計画立案及び実施管理フローにおけるBIM情報活用効果は以下の通り（施工期間6か月の特定天井落下防止工事を例に）。

定量的に20%程度の省力効果を目指していたが、13%程度の効果があることを確認。今後は実施した工事をBIM図に記載していくことができれば、現地確認作業等の定量効果はさらに向上する。併せて、定性的効果も見られ、定量・定性両面での生産性向上が期待できる。

作業概要	人数	before		after		定性的効果
			時間数		時間数	
①劣化調査報告チェック (2021年度に策定した5か年計画)	当社・BM会社(人数) 当社担当者(2名)	劣化調査報告書確認(机上)	3×2	劣化調査報告書(机上+BIM図を活用)	2×2	BIM図共有による当社と施工者間の確認作業がスムーズ
②現地確認(施工者、BM会社同行)	同上(2)+BM(3)	BM会社からのヒアリング、同行 施工者からのヒアリング、同行	4×5 3×5	BM会社からのヒアリング、同行(BIM図を活用) 施工者からのヒアリング、同行(BIM図を活用)	3.5×5 2.5×5	空間単位でクレーム・故障頻度を確認できる次年度
③5か年改修工事の再検討	同上(2)	現地確認のうえ、次年度工事を決めたのち、優先度を勘案し5か年計画策定、年間予算の平準化調整	2×2	現地確認のうえ、次年度工事を決めたのち、優先度を勘案し5か年計画策定、年間予算の平準化調整	2×2	
④5か年工程表のリメイク	同上(3)	実施時期、優先順位、工費の月次割付	2×3	実施時期、優先順位、工費の月次割付	2×3	
⑤劣化調査報告書及び5か年計画の履歴管理	同上(2)	実施した工事内容を引渡図に反映	0	実施した工事内容をBIM図に反映	0	実施した工事をBIM図に記入(施工者)し、履歴管理が可能
			51		44	
				業務削減率		13.7%

図表 70 中長期維持保全計画立案から計画進捗管理についての検証のイメージ

< 検証等の結果 >

単年度改修工事計画～実施までの結果

中長期維持保全計画に基づく単年度の改修工事フローにおける BIM 情報活用効果は以下の通り（施工期間 6 か月の特定天井落下防止工事を例に）。定量的に 20% 程度の省力効果を目指していたが、10% 程度の効果があることを確認。併せて定性的効果も見られ、定量・定性両面での生産性向上を期待できる。

作業概要	人数	before		after		定性的効果
			時間数		時間数	
①劣化調査報告チェック (2021年度に策定した 5か年計画)	当社・BM 会社(人数)					
	当社担当 者(2)	劣化調査報告書確認(机上)	3×2	劣化調査報告書(机上 + BIM図を活用)	2×2	BIM図共有による当社と 施工者間の確認作業が スムーズ
②現地確認(施工者、BM 同行)	同上(2) + BM(3)	BMからのヒアリング、同行 施工者からのヒアリング、同行	4×5 3×5	BMからのヒアリング、同行(BIM 図を活用) 施工者からのヒアリング、同行(BIM図を 活用)	3.5×5 2.5×5	空間単位でフレーム・故 障頻度を確認できる次年 度
③次年度対象工事の繰込み	同上(2)	テナント通知の要否、施工 現地確認、難易度、クレーム履歴共有	4×2	テナント通知の要否、施工 現地確認、難易度、クレーム履歴共有 (BIM図を活用)	3×2	
④見積査定	同上(2)	設計図、見積の確認、査定	2×2	設計図、見積の確認、査定	2×2	数量(配管長)に対する 信頼度向上
⑤年間工程表の作成	同上(3)	実施時期、優先順位、工費の月次割付	3×3	実施時期、優先順位、工費の月次割付	3×3	
⑥実施工程管理(工期4か 月)	同上(2)	月次進捗打合せ(1回/月×6)	2×2× 6	月次進捗打合せ	2×2 ×6	
⑦竣工検査・引渡し	同上(2)	現地立会検査	2×2	現地立会検査	1.5×2	図面をBIM化することで、 事前準備、現地検査がス ムーズ
⑧オーナー申請	同上(1)	工事内訳書確認、オーナー宛請求書発 行	1.5×1	工事内訳書確認、オーナー宛請求書発行	1.5×1	固定資産データをオー ナーに情報提供可能
⑨実施内容の履歴管理	同上(1)	竣工図面(紙)を受領	0	実施した工事内容をBIM 図で受領	0	施工者によるBIM 図での納品
			91.5		81.5	
				業務削減率	10.9%	

図表 71 単年度改修工事計画～実施までの結果についての検証のイメージ

### <検証等の結果>

令和2年度・令和3年度を一貫した検証 様々な効果について

生産性に加え様々な効果やメリットの可能性について以下に示す。生産性以外の2) から5) のメリットについては現時点では定量的な評価は困難であるが、今後も関係者のヒアリングや実運用での効果検証などを継続し、定性的な評価に加え定量的な評価についても検証することとした。

### <検証された効果>

#### 1) 業務効率化（生産性向上）

従来業務に比して概ね20%から30%の業務量を削減。現地調査や確認作業の回数削減、複数の図面、書類の検索、閲覧、記録などの作業を大幅削減

#### 2) 関係者間の情報共有（生産性向上と高度化）

対象となる区画・空間、設備・機器、構造・部材などの位置を3次元で特定するとともにその履歴管理が可能となった。管理者、オーナー、プロパティマネジャー、ファシリティマネジャーあるいは工事関係者（設計者・施工者）の情報共有も円滑化されると考えられる（今後定量化予定）

#### 3) 不動産情報の一元管理（高度化）

不動産管理クラウドの活用により不動産運用に関する様々な情報が日常管理とともに正確に蓄積。BIMと連携することにより、視認性やエビデンスとしての正確さも向上した。不動産評価や施設への再投資戦略に効果的に活用可能と考えられる（今後定量化予定）

#### 4) 活用したEIRの有効性

BIMと不動産管理システムとの日常管理における連携の実現と効率よい業務省力化を実現した。一定期間の運用段階の中でさらに検証したい。

#### 5) 活用したBEPの有効性

仕様、詳細度、ボリュームなどについて想定通り効率よくBIMを構築することができた

### <検証等の結果>

令和2年度・令和3年度を一貫した検証 採択時条件への対応

#### 1) 後続の事業者にとって参考となるよう具体的な実施方法、検証結果について報告する

令和2年度、令和3年度を通じて既存大規模施設におけるBIM構築手法の検討およびその実施方法の一例を示すことができた。テナント管理業務、エネルギー管理業務、設備管理業務、工事管理業務および資産管理業務におけるBIM活用の試行を行うことができ、その内容と効果について検証することができた。サンプリングではあるが省力化などの効果については前述した。

- 2) 不動産管理でBIMを活用するイメージを具体化し、実現するためのEIRをオーナー自身が策定  
不動産管理におけるテナント管理業務、エネルギー管理業務、設備管理業務、工事管理業務および  
資産管理業務におけるBIM活用を試行した。どの業務においても既存の不動産管理システム  
(クラウド型)と一体的なBIM活用システムを構築し、オーナーを含む関係者(統括管理会社、  
ビルメンテナンス会社、ITベンダー、設計・施工者など)が簡易でどこからでも一体システム  
を利用できる体制を整備した。その一体システムの具体的な利用イメージを紹介した。EIRに  
ついては上記一体システムの構築を前提に、統括管理会社が主要オーナーと協議の上EIRを策  
定している。
- 3) オーナーとしてBIMを使うための必要なスキルの水準を提示  
クラウド型の一体システムを構築しているため、日常の不動産管理システムを利用できるスキル  
があればオーナー自身も十分にBIMを活用することができる。工事の稟議、承認、内容の確認、  
資産計上など様々な場面で不動産管理システムと一体的にBIMを確認、閲覧できる。ただし、一  
体システムは構造・躯体の変更の必要がない日常管理を対象としているため、BIMの修正や改変  
が必要となる大規模修繕実施の際には別途施工者や管理会社との連携が必要である。
- 4) 不動産オーナーのメリットを一般展開するための方法論  
生産性向上はオーナーにとっては間接的とはなるが重要な効果であるため今後もさらなる定量  
化などを実施したい。また、オーナーや投資家に関心の高い、資産運用に関する経営報告や不動  
産評価あるいは再投資戦略の立案においてもBIMの活用の可能性があると考えられる。  
JREITの運用報告書やマンスリーレポートなどを参考に経営レポートなどへのBIMの活用を順次  
検討していきたい。

(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

5-1 事業者としてさらに検討・解決すべき課題

今回成果を基本統合 BIM とし、運用継続しながらさらに BIM 情報の充実と活用をはかる。

<今後の課題>

今回は日常の不動産管理を対象に、テナント管理、設備管理、エネルギー管理、工事管理、資産管理などの業務を対象に BIM の導入を試行した。今後は長期修繕計画に基づいた大規模修繕や設備更新が予定されており、その際に実施される工事情報などを活用し、更なる BIM 情報の充実をはかっていく必要がある。また、蓄積された情報（ビックデータ）の分析などを実施し施設全体の長寿命化と Whole Life cost 最適化をはかっていくことが今後のテーマである。

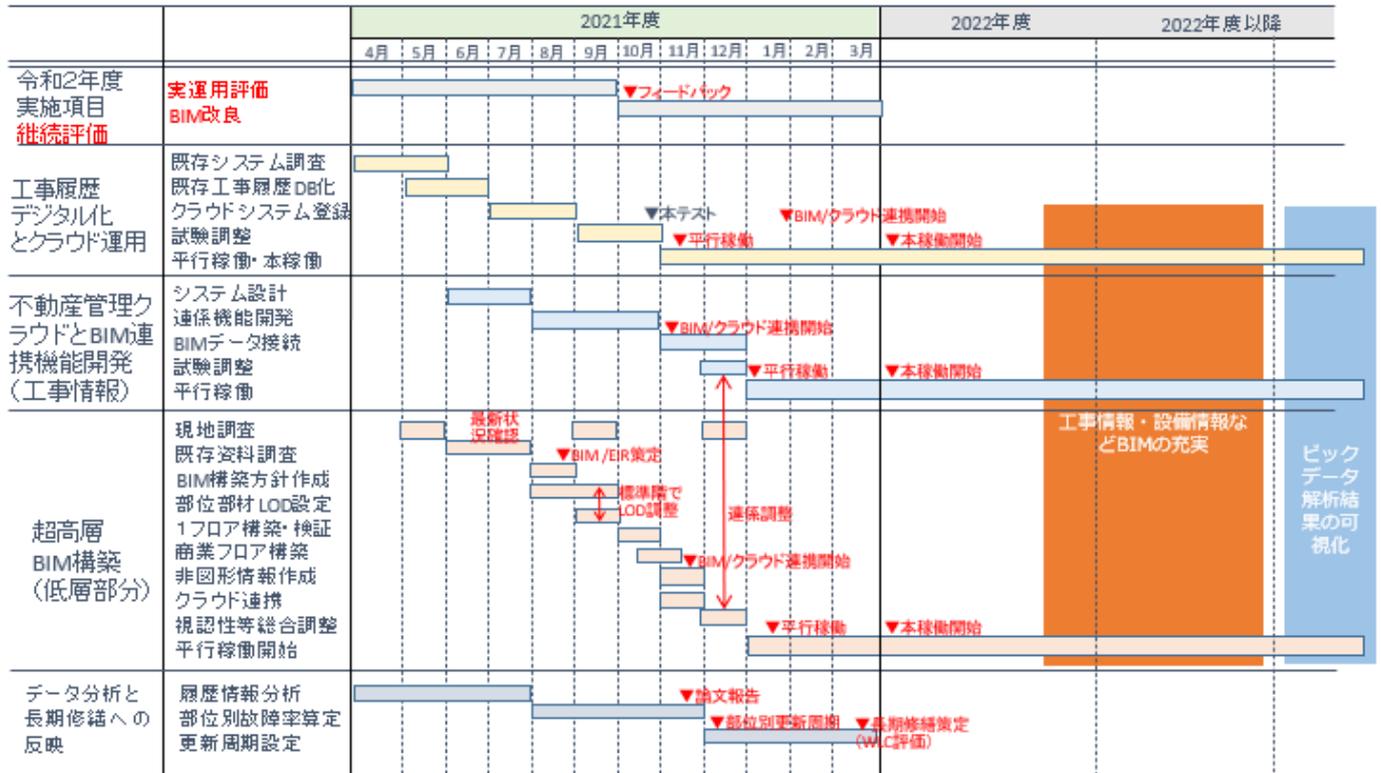


図表 72 今後のテーマ全体像のイメージ

## 5-2 今後の課題検討にむけたロードマップ

<今後の計画>

今後は長期修繕計画に基づいた大規模修繕や設備更新が予定されており、その際に実施される工事情報などを今回構築した基本統合BIMに追加・変更する計画である。また、蓄積された情報（ビッグデータ）の分析などを実施し施設全体の長寿命化と Whole Life cost 最適化をはかっていく計画である。



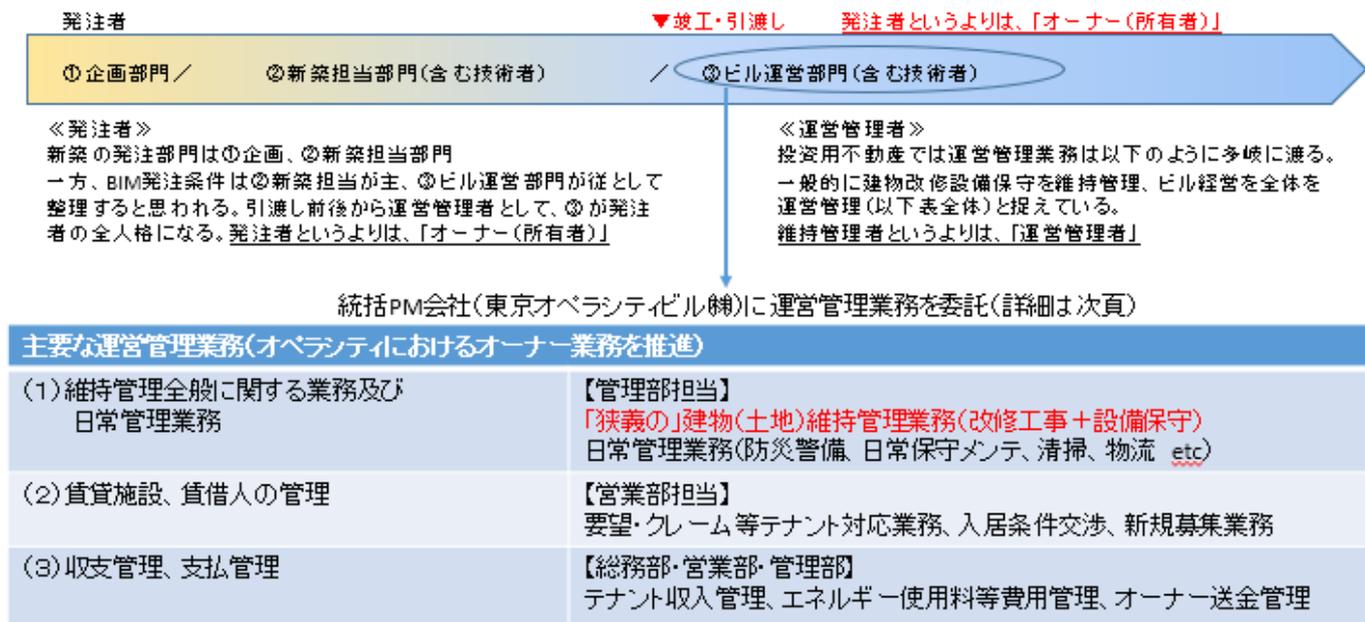
図表 73 今後のテーマ全体像スケジュール

### 5-3 より発展的に BIM を活用するための今後の課題（参考意見）

竣工後の幅広い運営管理業務への BIM 活用の提案

オペラシティブルの運営管理業務における BIM 活用

本プロジェクトは既存大型施設の賃貸用ビル「オペラシティブル」における BIM 活用の検証となった。東京オペラシティブル(株)は統括 PM 会社として、いわゆる維持管理を含む運営管理業務を幅広く行っている。発注者という呼称は建物を建築する際のもので、竣工後は具体的な工事などの発注以外はオーナー（所有者）という呼称が一般的であり、東京オペラシティブルはこのオーナー（共同）より運営管理業務を受託し、オーナーの代行としてその業務を推進している。運営管理業務は多岐にわたりいわゆる“維持管理業務”はその一部となる。



図表 74 運営管理業務のイメージ

本プロジェクトでは様々な運営管理業務を対象に BIM 活用の可能性を検証した。本格的な効果検証や運用は今後であるが、不動産管理、ビル管理を含む建物の運用管理に携わる事業者の皆さんの参考になれば幸いである。尚、現行のガイドラインは維持管理業務以外の業務はスコープされていないと推察されるため、参考意見として提示することとする。

## 5-4 参考 オペラシティビルにおける運営管理業務と BIM 導入の取組

オペラシティビルにおける運営管理業務（維持管理含む）と本事業の BIM 導入取組

（前ページより）以下表に東京オペラシティビルが受託している契約業務を掲載する。令和 2 年度の取り組みはエネルギー管理、テナント管理業務に、令和 3 年度は単年度工事計画と中長期投資計画策定業務に BIM の導入検証を実施した。

NO	業務名	仕様	
(1)	維持管理全般に関する業務	理管持維	防火防災業務・防犯業務・監視業務・受付業務
		日常管理	防火設備
			設備管理
			清掃
			駐車場
			通信
			物流
			電波障害施設
		定期管理	昇降機
		随時管理	主要設備
	修繕	建築・設備・物品等の小修繕	
	投資工事	大型投資工事の5か年計画、次年度実施計画策定、実施管理	
(2)	利用運営に関する業務	オフィス・商業の管理	
		その他施設の管理	
(3)	収支精算及び報告業務		

図表 75 運営管理業務（維持管理含む）全般について

## 5-5 より発展的に BIM を活用するための今後の課題（参考意見）

### 賃貸用不動産における BIM 活用の可能性提案

#### < 賃貸用不動産における BIM 活用の可能性 >

本プロジェクトは既存大型施設の賃貸用不動産における BIM 活用の検証となった。テナント管理など賃貸用不動産の主軸業務における BIM と不動産情報の連携をはかるとともに、省力化など一定の効果も把握された。今後も賃貸用不動産における BIM 活用の先例になると考えられる。我が国には J R E I T を含む多数の賃貸用不動産があり今回検証した事務所ビルはその典型的な不動産である。他施設への応用・発展が可能であると考えられるが、そのためには以下の各観点の課題を検討する必要がある。

#### ①プロパティマネージャー（PM）の位置づけ

法人・企業が利用する不動産は大きく CRE（企業不動産）と賃貸用不動産に分類される。前者は企業が所有・利用する社屋、支店支社、工場、店舗、研究施設など様々である。これらの施設の統括管理がファシリティマネジメント（FM）であり、FM と BIM については各界、各案件での検討がすすみ FM-BIM の事例も進展しているところである。

一方、賃貸用不動産もオフィス・ビル、住居、物流施設、商業施設、データセンターなど多様である。これらの施設の統括管理はプロパティマネジメント（PM）である。PM の役割は施設を管理・運営するだけでなく賃貸事業の推進や施設への再投資を実施するなどビルの経営的な業務である。本プロジェクトでは東京オペラシティビルが PM の役割を担った。本プロジェクトを含む多くの事例や案件を重ねることで、PM と BIM の連携についても発展・普及できる可能性がある。

#### ②最高情報責任者（Chief information officer : CIO）の位置づけ

不動産管理業務においては多くの情報システムが活用される。特に賃貸用不動産においてはテナント管理のためのシステムや連携する会計システム、顧客管理システムなどに加えてテナントへの変動費請求などに必要となる BEMS や大型施設であれば中央監視システムやセキュリティシステムなどがある。本プロジェクトで導入した BIM はこれらのシステムとの連携を前提とすることにより実際の業務フローに対応することができた。企業においては IT や情報システムを統括する責任者（CIO）の存在が不可欠であり BIM もその管理下で導入される必要がある。本プロジェクトでは東京オペラシティの CIO がその役割を担った。また CIO の配下で不動産クラウドベンダーが BIM マネージャーも兼任することにより、複数システム間の連携を推進することができた。BIM も情報システムである限り発注者における CIO の位置づけや役割を明確化する必要があると思料する。

本プロジェクトでは様々な賃貸用不動産を対象に BIM 活用の可能性を検証した。本格的な効果検証や運用は今後であるが、不動産管理、アセットマネジメント、プロパティマネジメントなどの事業者の皆さんの参考になれば幸いである。尚、現行のガイドラインは賃貸用不動産に関する主たる業務はスコープされていないと推察されるため、参考意見として提示することとする。

## 5-6 参考 建物竣工後の不動産管理に関する業務体系

公共および民間において用途や目的に対応した不動産管理の業務体系が定着している。

	民間		公共	
	投資用不動産	事業用不動産	公共(事業用)	公共(基盤)
財務戦略 資金調達 投資戦略 売却戦略	<b>アセットマネジメント</b> ●投資スキーム構築 ●運用方針、戦略策定 ●資金調達 ●不動産取得・売却 ●ポートフォリオ管理 ●不動産リスク管理 ●PM選定 ●投資計画立案・実施	<b>CREマネジメント</b> ●財務戦略(不動産) ●不動産売却戦略 ●資金調達・投資スキーム ●債務返済含む資金運用	<b>PREマネジメント</b> ●財務戦略(公有資産) ●債務返済含む資金運用 ●資金調達・投資スキーム (PFI、ファンド活用)	
不動産 取得 計画・建設		<b>民間ファシリティ マネジメント</b> ●不動産活用戦略 ●企業立地戦略 ●施設統廃合 ●ポートフォリオ管理 ●不動産リスク管理 ●パートナー選定 ●投資計画立案・実施 ●賃借管理 ●FMコスト管理	<b>公共ファシリティ マネジメント</b> ●公有資産活用戦略 ●施設統廃合 ●ポートフォリオ管理 ●リスク管理 ●パートナー選定 ●投資計画立案・実施	<b>土木アセット マネジメント</b>
不動産 運用管理	<b>プロパティマネジメント</b> ●ビル運営計画 ●コスト管理、品質管理 ●渉外業務 ●テナント管理業務 ●会計業・財務管理 ●施設再投資	<b>ワークプレイス戦略</b> ●工事管理・設備管理 ●エネルギー管理 ●環境管理 ●ITインフラ管理	<b>施設利用管理</b> ●工事管理・設備管理 ●エネルギー管理 ●環境管理 ●ITインフラ管理	
施設・設備 管理	<b>設備管理業務</b> ●保安警備業務 ●清掃衛生業務 ●維持管理業務			

本プロジェクトの対象業務
現行ガイドラインの対象と思われる業務

図表 76 不動産管理業務体系のイメージ

(建築学会機関誌 建築雑誌 2021/9月号より)

## (6) BIM 発注者情報要件(EIR)、BIM 実行計画(BEP)の検証結果

### 6-1 発注者情報要件 (EIR) 策定にあたっての要件と考え方

EIR 策定にあたっては BIM 及び不動産管理システムを発注している統括管理会社（ライフサイクルコンサルタント）が主要オーナーと協議の上、日常の運用管理で有効活用できることを前提に、本プロジェクトの実情や特性を踏まえ EIR 策定の要件を以下のように設定した。これらの要件は前述した課題やプロジェクト推進上のポイントあるいは新たな課題を解決するものでもある。

#### <EIR の要件>

- BIM との連携が効果的でありかつ業務効率化のニーズの高い業務を対象とする
- 設計 BIM、施工 BIM は存在していなため、現状の最新図面（2次元）および現地調査などから BIM を構築する
- 国際的な面積基準への対応やフレキシブルなテナント区画変更など、大規模な賃貸事業を対象とする不動産管理に対応した BIM を構築する
- 不動産管理システムなど既存システムとの連携をはかる

#### <EIR 策定の考え方>

##### 1) 全体システムの考え方

既存の運営管理に支障をきたすことなく、また大勢の関係者（所有者、統括管理者、ユーザー、パートナー企業）の参画を可能とするため、すでに導入し日常の運用管理で活用している既存不動産管理システム（SaaS型）と一体で BIM 連携をはかることとする。SaaS型の不動産管理システムと連携する標準的な BIM ビューワーを活用するため、当該ビューワーに取り込むことが可能な容量、データ形式で構築する。

##### 2) BIM 構築の考え方

構築範囲：2次元図面と区画図、設備メーター台帳および現地調査から集約できる情報の範囲で構築する。

##### 3) 発注者の利用目的

利用目的：不動産管理システムと連携させることにより、日常管理において可視化すべき構造物、エリア、設備などを BIM ビューワー上で明示することを目的としているテナント管理業務、設備管理業務、エネルギー管理業務において別途構築する不動産管理システム（クラウド）と連携し活用されることを目的とする。

## 6-2 発注者情報要件 (EIR) のサンプル

BIM 発注者情報要件 (EIR) を作成し BIM 構築およびその後の運用管理において活用した。

### 1) 技術面

標準的な BIM ビューワーを活用するため、当該ビューワーに取り込むことが可能な容量、データ形式で構築する。

- モデル : 建築およびモデル化された主要設備の統合 BIM
- レベル : 構造・躯体・外壁・コアなどは LOD200 相当 不変オブジェクトとして分類  
主要設備 (メーター・空調機) および共用部主要配管はモデル化し LOD100 相当 半不変オブジェクトとして分類  
貸室・諸室はモジュール化したモデルで LOD100 相当 可変オブジェクトとして分類  
低層部などの共用空間、諸室、および外装は空間として LOD100 相当のモデルを設定する
- DATA 形式 : Autodesk 社の提供する Forge を前提とし Revit2021 バージョンで構築
- 属性情報 : 空調設備 (AHU、FCU など)、メーター、空間・テナント区画など属性情報および日常の管理情報は既存不動産管理システムで一元管理されているため、輻濫化防止の観点から BIM モデルには格納しない。躯体・構造物を含むすべてのモデルにおける基本属性情報はファミリ名、階数、既存システムと整合された名称、要素 ID とする。

### 2) 運用管理面

- 構築範囲 : 2 次元図面と区画図、設備・メーター台帳及び現地調査情報から集約できる情報の範囲で構築する
- 役割分担 : ビルオーナー (LCC) が 2 次元情報を提供し発注、BIM マネージャーが全体を統括し、受託者が BIM 作成
- 調整 : 各段階においてビルオーナーと BIM マネージャーが協議し構築する BIM の視認性などを調整

### 3) 発注者の利用目的

- 利用目的 : 不動産管理システムと連携させることにより、日常管理において可視化すべき構造物、エリア、設備などを BIM ビューワー上で明示することを目的としているテナント管理業務、設備管理業務、エネルギー管理業務において別途構築する不動産管理システム (クラウド) と連携し活用されることを目的とする
- 連携形式 : 不動産管理クラウドなど既存システムとの連携のために、フロアごとにオブジェクト名称、BIM コード ( Autodesk 社では要素 ID) ※を記載した非図形に関するテキスト (CSV) データを作成 (Dynamo を活用)

<本プロジェクトでの検証結果>

現地調査などから不動産所有者が提供する図面や資料が最新のものであることが確認されたことから、上記 EIR による構築は実現できた。最終的な業務省力化効果の結果などから対象業務やその範囲も適切であったと思料する。ただし、既存図面が最新に更新されていない場合や、今後大規模な修繕や更新を実施した際には本プロジェクトで活用した入力情報では不足すると思われる。日常管理の範囲を超えたイベントの場合は設計者や施工者の参画も検討する必要がある。

### 6-3 BIM 実行計画 (BEP) 策定にあたっての要件と考え方

BEP 策定にあたっては、本プロジェクトの実情や特性を踏まえ BEP 策定の要件を以下のように設定した。これらの要件は前述した課題やプロジェクト推進上のポイントあるいは新たな課題を解決するものでもある。

#### <BEP の要件>

- 設計 BIM、施工 BIM は存在していなため、現状の最新図面 (2 次元) および現地調査などから BIM を構築する
- 大型施設である点を考慮し BIM として正確に構築するオブジェクトとモデル化するオブジェクトに分類
- 現状あるいは将来の変更にも対応できる空間オブジェクトを活用
- 不動産所有者、管理会社 (エンドユーザ) との対話を継続。日常の運用管理で活用できる BIM に調整する

#### <BEP 策定の考え方>

##### 1) プロジェクト情報

規模：地上 54 階、地下 4 階、塔屋 2 階 延床面積 242,544 m<sup>2</sup>

※ 7 階から 54 階事務所部分を対象とする

期間：3 か月程度で BIM 構築を完了する。その後の連携作業の中で調整をはかる。

##### 2) プロジェクトの目的・BIM の目標

建築と設備を一体化させた統合 BIM を構築

クラウドビューワで円滑に取り込み、表示、運用できる容量の data とする。

##### 3) 実施体制

不動産所有者 (LCC) と連携し構成員である BIM マネージャーが、構築プロジェクトを統括する委託により、受託者である早稲田大学にて BIM モデルを作成する。

##### 4) 運用の考え方

構築後の権利関係を明確にする。

基本的には BIM の著作権は早稲田大学、使用权は作成終了と同時に不動産所有者 (発注者) に移転することとする。BIM 自体の使用权は不動産所有者がその後も保持し、大規模な変更やその後の修正については管理会社、設計者、施工者の参画を可能とする。

## 6-4 BIM 実行計画 (BEP) のサンプル

BIM 実行計画 (BEP) を作成し活用した。

### 1) プロジェクト情報

規模：地上 54 階、地下 4 階、延床面積 242,544 m<sup>2</sup>

(第 1 期令和 2 年度は高層部分、第 2 期令和 3 年度は低層部分)

マイルストーン

- ・STEP1 BIM 構築のための現地調査、図面情報の把握・収集
- ・STEP2 東京オペラシティビル BIM 基本モデル制作
- ・STEP3 不動産管理クラウドと BIM 情報の連携実施
- ・STEP4 BIM 活用業務フローの試行、生産性評価

### 2) プロジェクトの目的・BIM の目標

不動産管理システムと連携させ日常管理において可視化すべき構造物、エリア、設備などを BIM ビューワー上で明示する。

BIM モデル : 建築およびモデル化された主要設備の統合 BIM

BIM・LOD : 構造・躯体・外壁・コアなどは LOD 相当 不変オブジェクトとして分類  
主要設備および共用部配管はモデル化し LOD100 相当 半不変オブジェクトとして分類  
貸室・諸室はモジュール化したモデルで LOD100 相当 可変オブジェクトとして分類

BIM 構築 : Revit2021 バージョンで構築  
既存システムと連携するためのデータエクスポートには Dynamo を活用

### 不動産管理システムと BIM の一体システム構築

テナント管理業務、設備管理業務、エネルギー管理業務、工事管理業務（経費的および資本的支出工事、長期修繕計画）において別途構築する不動産管理システム（クラウド）と連携し活用されることを目的とする

### 3) 実施体制

構成員である BIM マネージャーからの委託により受託者である早稲田大学にて BIM モデルを作成する。

### 4) 運用の考え方

BIM の著作権は早稲田大学、使用权は作成終了と同時に不動産所有者（発注者）に移転する。作成された BIM データ（図形）を Autodesk 社提供の Forge のクラウド上に保管し、構成員である BIM マネージャーが運用するクラウドとして運用する。BIM から排出された機器・構造部材に関する非図形データ（CSV 形式）は不動産管理クラウドの基礎情報として活用する。今後、BIM に

修正や変更が必要な場合は別途協議の上、構成員が受託者に発注する。

<本プロジェクトでの検証結果>

発注者から提供される情報（図面）が適切であったため、所定の期間で既存高層施設の BIM の構築を実現することができた。不動産管理システムとのリアルタイムの連携も支障なく実施でき適切に計画を推進した。今後大規模な修繕や更新を実施した際には BIM マネージャーに加え、設計者や施工者の参画も検討する必要がある。

以上

# BIMを活用した不動産プラットフォーム の構築による既存オフィスビルの 施設維持管理の高度化と生産性向上



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 説明資料  
2022年3月

# プロジェクトの情報

---

# プロジェクト(建築物)の概要

## 補助事業に係るプロジェクトの概要、特徴

BIM情報を持たない築25年の既存ビルに対し、クラウド化した管理システムにBIM情報を活用することで、維持管理業務の円滑化をはかるとともに施設維持管理の高度化に取り組む。

## 補助事業者の概要

株式会社東京オペラシティビル 統括管理会社(本プロジェクトではLCコンサルタント)

プロパティデータバンク株式会社 不動産管理システム提供(本プロジェクトではBIMマネージャー)

## 建築物の概要

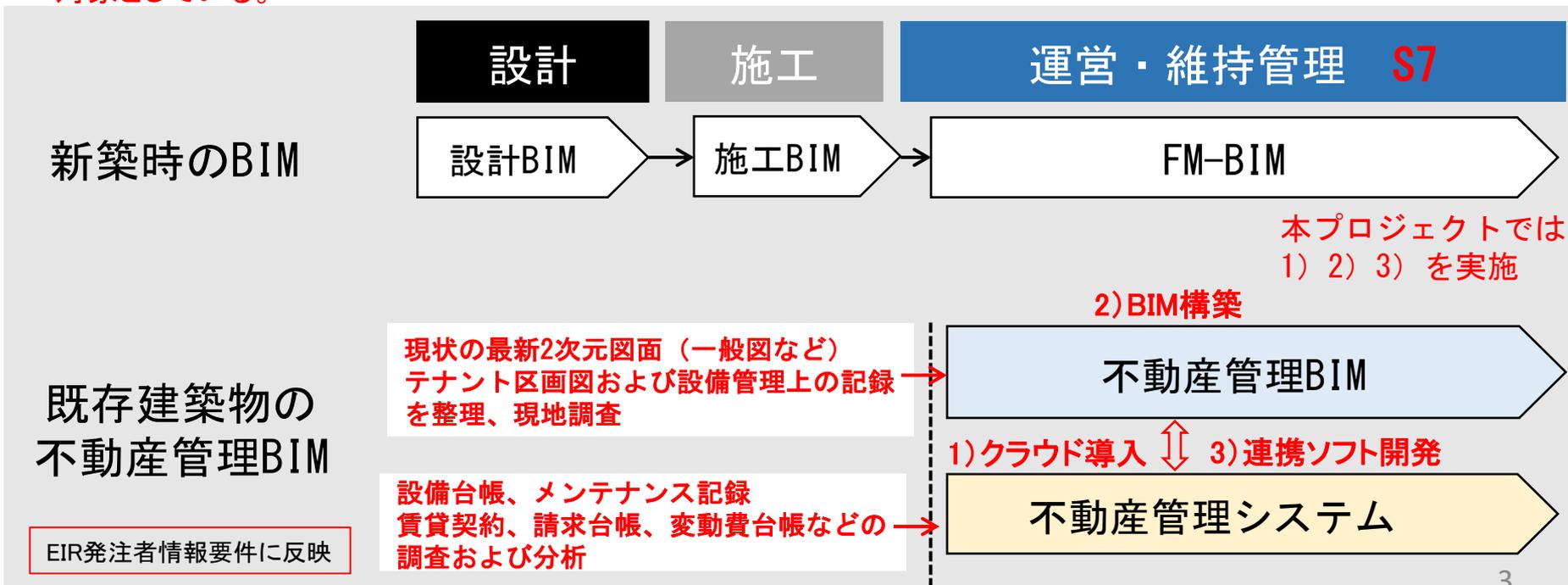
対象物件名称	東京オペラシティビル
規模	地上54階、地下4階、塔屋2階 延床面積 242,544m <sup>2</sup>
竣工	1996年8月(築25年)
用途	事務所、店舗、コンサートホール等
構造種別	鉄骨鉄筋コンクリート造
BIM区分	不動産管理(維持管理)



# 試行・検証対象の概要

## 本事業で検証したプロセス、業務区分

- すでに建っている建物では、不動産所有者が自らの意思でBIMデータの作成や導入を進める必要がある。本プロジェクトは設計・施工段階を経ずに既存建物においてBIMを導入するものである。
- 設計BIM、施工BIMは存在していなため、現状の最新図面(2次元CAD)に加え、管理上作成しているテナントの区画図などの運営情報などからBIMを構築する。必要に応じた現地調査なども実施した。
- 不動産管理業務や施設維持管理業務の実態を調査し、業務内容、業務量に加え、過去の工事やメンテナンスの履歴等も分析し、BIM導入の範囲や不動産管理システムとの連携機能の参考とした。
- 同時に、BIMと連携する不動産管理システムを導入、主要機能におけるBIMとの連携をはかった。
- 本プロジェクトでは1)不動産管理システム 2)BIM構築、構築および 3)BIMと不動産管理DBの連携ソフトウェアを開発 の手順でプロジェクトを推進した。 **ガイドラインにおける業務区分においてはS7(維持管理・運用)段階を対象としている。**



# 試行・検証対象の概要

## 本事業で検証する不動産管理業務(S7を対象)

不動産管理情報は、期間や日時などの情報を包含するとともに、長期間にわたって管理される経営情報であり不動産管理ソフトウェアを利用する領域。BIMは、一定期間変化することのない構造・躯体や主要設備の3次元情報、基本的な性能や仕様の情報を管理することができる。双方の連携により業務効率化や管理品質の向上をねらう。

分野	不動産管理業務	不動産管理情報	連携	連携するBIMの内容	連携効果	
		過去から将来にわたり常に変化	←	→	一定期間変化しない静的情報	効率
評価・鑑定	PML算定	構造躯体、主要設備・内装、周辺地盤		被害想定領域や価格	○	○
	想定CAPEX算定	工事内容、場所、工事金額、修繕周期、前回実施時期		更新部位、設備の抽出および推計価格	○	○
	鑑定評価額	不動産収益、再調達価格、周辺取引事例、地価・市況		規模及び仕様の確認、再調達価格	○	○
プロパティ	空間・面積管理	階別面積情報、区画情報、共有部分面積		対象区画の確認及び面積	○	○
マネジメント	賃貸契約管理	区画、面積、個別契約条件、契約者情報、債権情報		〃	◎	◎
ファシリティ	賃借契約管理	契約区画、区画面積、個別契約条件、契約者情報		〃	◎	◎
マネジメント	自社利用管理	利用区画、区画面積、期間、利用条件、利用部門		区画の確認及び面積、レイアウト	◎	◎
	預託金管理	預り金情報（テナント毎）、償却情報、期日情報		対象区画の確認、退去時の原状回復費	○	○
	予算収支管理	予算収益・費用、実績収益・費用、予算CF、実績CF		連携なし		
	請求・入金管理	債権情報（テナント毎）、請求情報、入金情報、残債権		連携なし		
	資金計画	長期収入計画、長期支出計画、資金調達計画、長期修繕計画		連携なし		
ビル	工事計画（LCC）	内容、区画・設備、工事金額、修繕周期、実施時期、劣化度		区画、部位、設備の確認およびCAPEX	○	○
	工事管理	内容、理由、部位、予算・決定額、発注先、資本的支出額		構造躯体・設備、固定資産部位	◎	◎
メンテナンス	日常業務管理	メンテナンス作業名称、業務内容、日時、対象区画・部位		作業対象区画、部位、設備	○	○
		クレーム内容、発生・解消日時、箇所、原因・対応・費用		〃	○	○
		不具合内容、内容、発生・解消日時、箇所、原因・対応・費用		〃	○	○
ビル	機器・部材管理	区画・位置、設置時期、劣化・危険度、耐用年数、運転時間		構造躯体・設備、固定資産部位	◎	◎
	エネルギー管理	管理対象、月次消費、日次消費、5分トレンド		対象区画及び系統	○	○
固定資産管理	固定資産管理	対象資産、区画・位置、償却年数、簿価、開始時期		設置場所、サイズ、仕様、現況	○	○
	IFRS対応	リーシング情報、原状回復費条件		〃	○	○

令和  
2年度  
実施

令和  
3年度  
実施

令和  
3年度  
実施

令和  
2年度  
実施

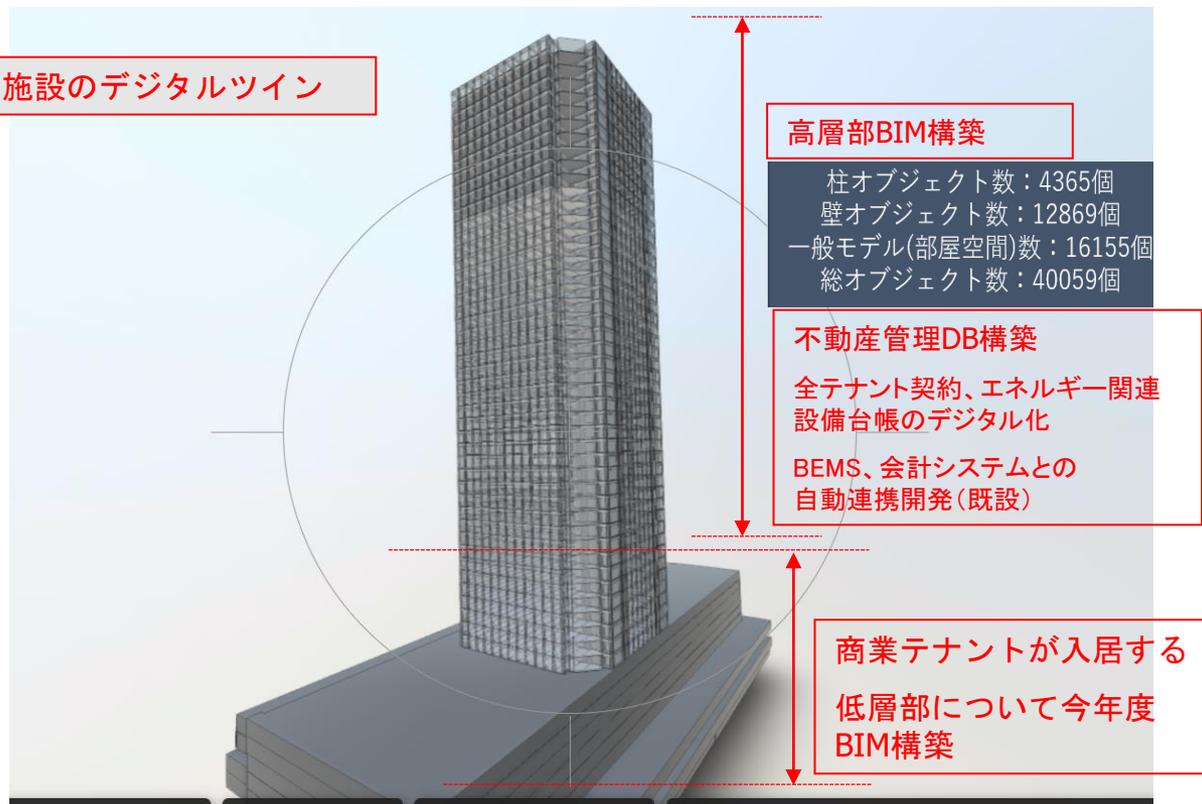
# 試行・検証対象の概要

## 本事業で検証する業務

主に事務用途である7階から54階については令和2年度事業にてBIMを構築。  
その際に策定したBEPおよびEIRを活用し、令和3年度では主に商業施設が入居する低層部のBIMを構築する。  
全テナント契約データのデジタル化、計量メータを含む主要設備の設備台帳のデジタル化などは導入済みの不動産DBを活用する。



既存大型施設のデジタルツイン



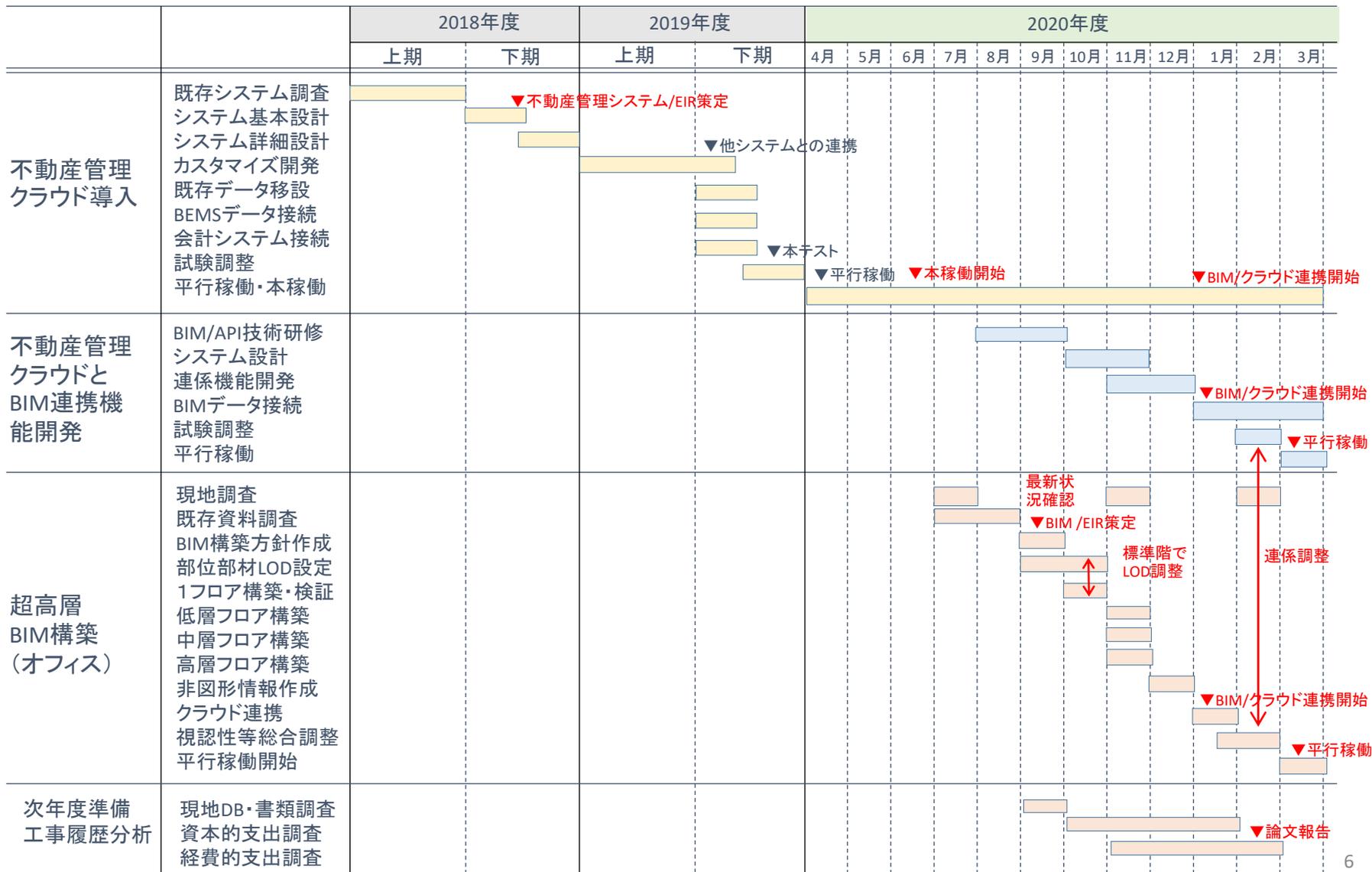
規模	地上54階、地下4階、塔屋2階
延床面積	242,544㎡
竣工	1996年8月(築24年)
用途	事務所、店舗、コンサートホール等
構造種別	鉄骨鉄筋コンクリート造

BIMデータ概要	
BIM対象	事務用途部分 7階から54階 商業施設用と部分 6階以下
BIM概要	構造躯体・外壁、床・壁・天井 LOD200 テナント区画 一般モデルにて作成 LOD100 主要空調設備・計量メーター モデル化して作成

# 試行・検証対象の概要

令和2年度のスケジュール

## 不動産管理クラウド導入およびBIM導入プロセス





# 試行・検証対象の概要

## 検証の実施体制、構成員と役割分担

### [検証のスケジュール]

BIM情報を導入することにより次の事業に取り組む

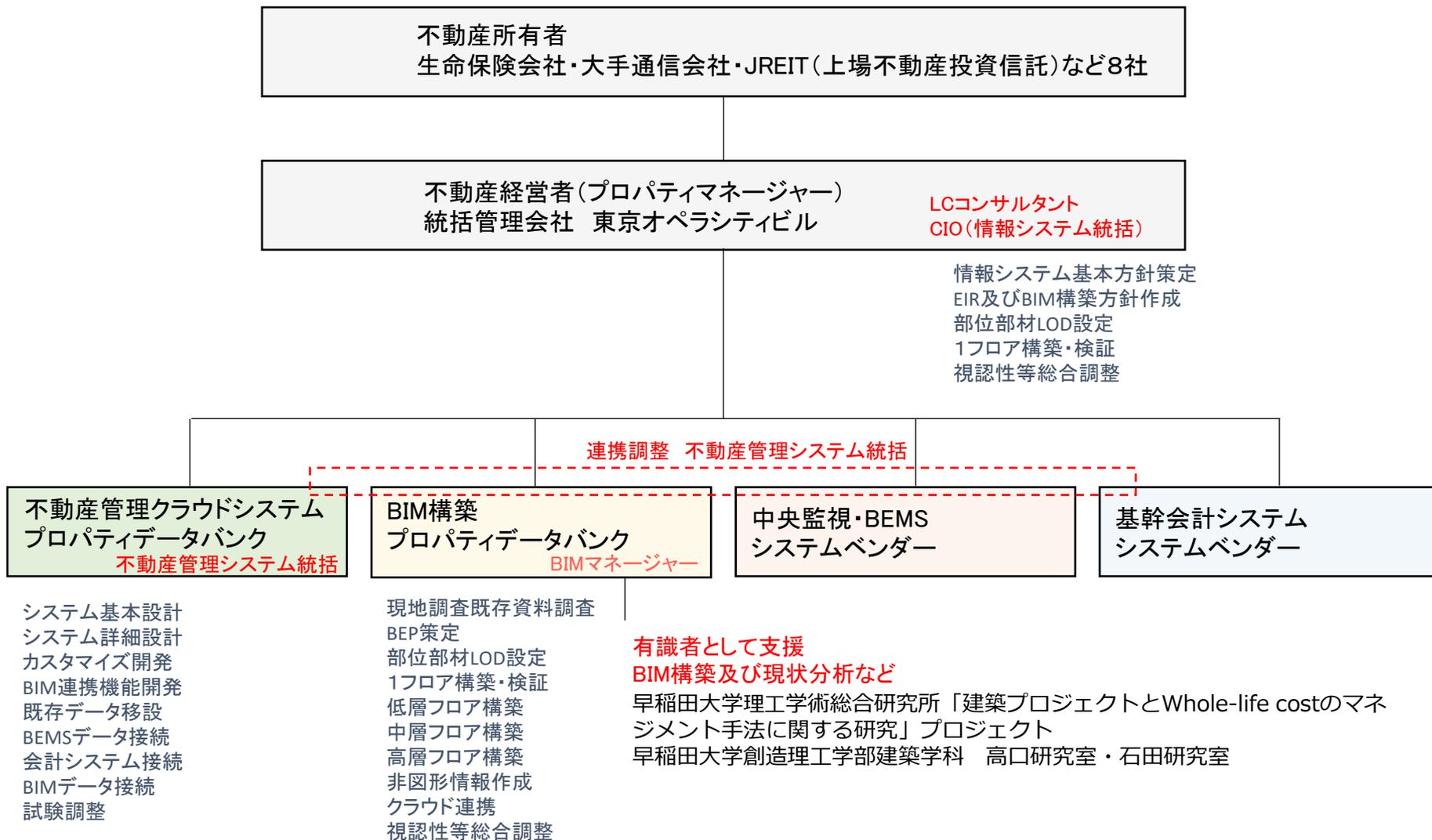
- ① 入居者(テナント)管理、エネルギー管理情報をBIMと連携させることにより、テナント情報、エネルギー使用量等をBIM上での可視化し、テナントサービスの高度化を図りつつ、より正確性の高いエネルギー管理を行い、施設運営力の向上を図る(令和2年度取組)。
- ② 修繕工事の企画・実施・完了から固定資産計上までのワークフローとBIM情報を連携させDB化することで企画・計画段階の情報集約の手間、工事完了後の資産管理台帳への仕分けの簡素化・効率化等を行う(令和3年度取組)。
- ③ 上記修繕履歴DBを活用し、中長期修繕計画の計画、実施、履歴管理、将来計画等の情報をBIM上での可視化をすることにより、関係者連携強化を図り、正確性・信頼性の向上に取り組む(令和3年度取組)。

構成員名	効果検証・課題分析等における役割
東京オペラシティビル	オペラシティビルにおけるBIMモデルを発注するとともに、プロパティマネジメント業務においてBIMモデルの導入および運用を行う。ライフサイクルコンサルタントとして運用面での課題を分析の上、総括的な活用方法を提案。
プロパティデータバンク	オペラシティビルの不動産管理クラウドシステム上においてBIMと連携するオプションプログラムの設計・開発および実装を推進した。BIMマネージャーとしてBIM構築及び全体システムを統括。

# 試行・検証対象の概要

## 本プロジェクトの実施体制(全体)

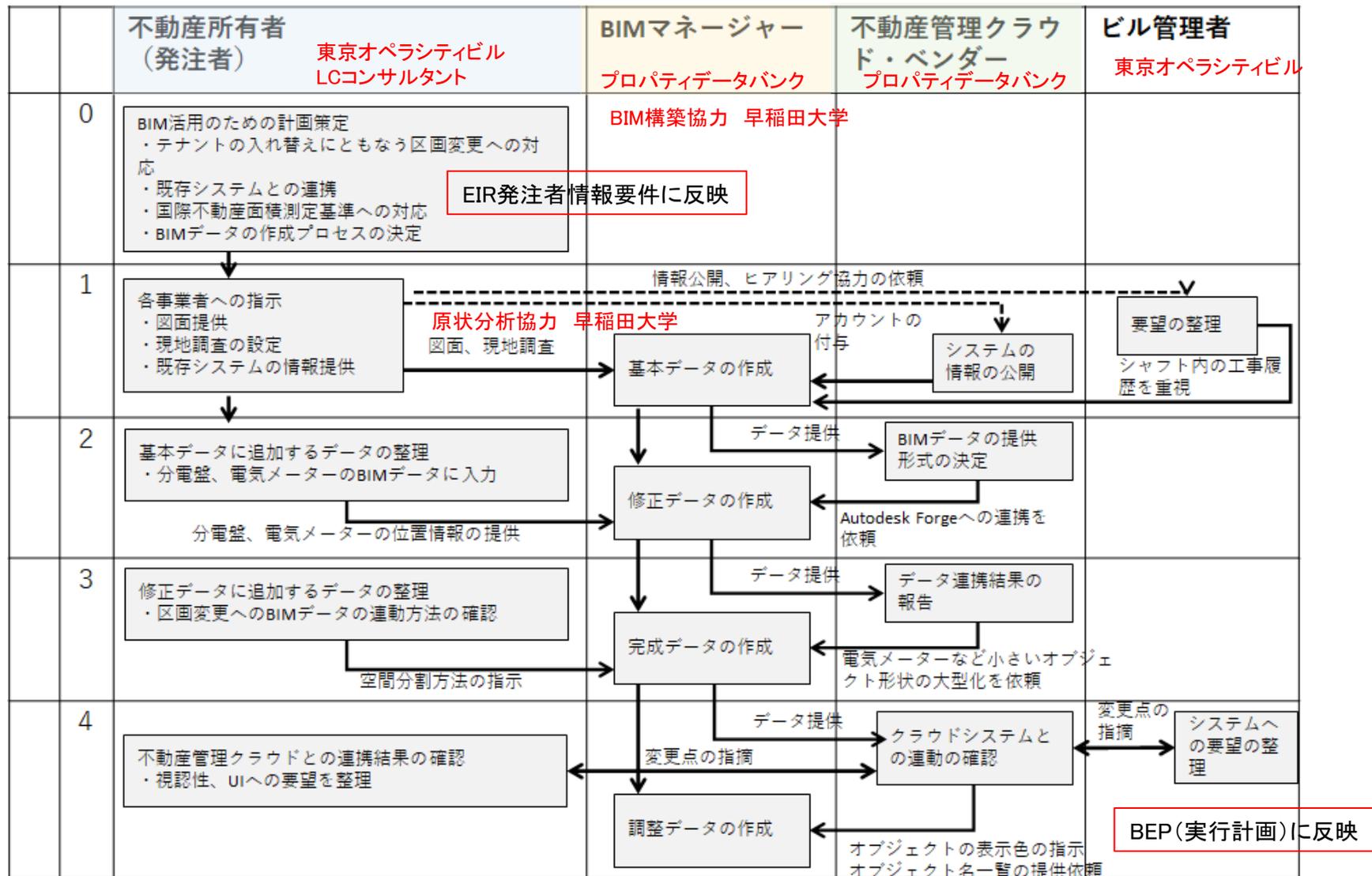
■不動産経営者(東京オペラシティビル)がライフサイクルコンサルタントおよび全体のITを統括。不動産管理システム統括(プロパティデータバンク)がBIMマネージャーとしてBIMを構築するとともにBEMSや基幹会計システムとの連携調整などを推進。



# 試行・検証対象の概要

## 各プロセスでの役割

■不動産所有者(東京オペラシティビル)であるライフサイクルコンサルタントおよびBIMマネージャー・不動産管理クラウドベンダーが連携してBIMおよび不動産DBを構築



# 本事業を経て目指すもの、目的

---

# 本事業を経て目指すもの、目的

## [本事業を経て目指すもの、目標]

既存の大規模複合施設であるオペラシティビルにおいて施設維持管理の高度化と生産性向上を目的にBIMを導入し、検証を加えながらBIMの活用方法及び効果等について取り纏める。

### ① Whole Life costの最適化

BIMとBEMS及び不動産運用管理システムを統合したプラットフォームを構築することで、工事管理、エネルギー管理、入居者(テナント)管理、設備管理業務等の生産性と品質を向上させる。一連の取組により、施設全体の長寿命化とWholeLifecostの最適化を図る。

### ②不動産管理業務における高度化と生産性向上の実現

BIM活用を実施する業務において、維持・運營業務の品質向上と業務量(時間数)削減をはかる。

## [解決する課題、成果等]

竣工後の維持管理を長期に担う者の立場からBIMの必要性を検証する取り組みである。特に、維持管理者のみならず、オーナーの資産管理業務に対しての効率化も念頭にBIMを活用することから、不動産投資市場の大部分を占める既存ビルのオーナーへの訴求効果が高い取り組みである。

### ①解決する課題

BIM情報を持たない既存の大型ビルにおいてどのようにBIMを構築するかという課題について検討する。また構築したBIMを維持・運營業務においてどのように効果的に活用するかという課題も検討する

### ②成果等

新築・既存を問わず、BIMを活用できる可能性があることや、BIM活用により「Wholelifecostの最適化」などの効果があることを検証し、提案する。一連の取り組みが、不動産を所有する多くの法人やオーナーの資産価値向上につながることを期待したい。

# BIMデータの活用・連係に伴う課題の分析等について

---

# R2年度 報告

---

# 設定した分析する課題/検討の方向性 その1 令和2年度実施

## [本プロジェクトの目的]

- 施設維持管理の高度化と生産性向上の両面を改善
- 施設全体の長寿命化とWhole Life cost最適化

## [設定した課題]

### 検討課題(令和2年度実施)

今年度実施する入居者(テナント)管理とエネルギー管理とBIMとの連携において入居者(テナント)情報、エネルギー情報とBIMを連携させることにより、一元化する情報の量と質をどのように設定するかという課題

→既存・超高層施設である点や実業務が遂行されている点などを踏まえ、実際にプロジェクトを推進するにあたっては、以下の3点の課題に分解し検討した。

## 「プロジェクト推進上設定した課題」

### 課題① 大規模既存施設のBIM構築手法検討

- 対象部位、構造物、設備および空間の特性や利用目的に合わせてオブジェクトを分類
- 1フロアで反復検討後、全フロアに展開

### 課題② 実際の業務フローへの対応

- テナント管理、エネルギー管理、設備・メーターの管理を対象に実業務検証  
ITツール活用について確認するとともにBIM導入効果を評価(定量化)

### 課題③ 不動産管理に対応したBIM構築

- 実際のテナント区画などを参考に現状あるいは将来の変更にも対応できる空間オブジェクトを設定。大きさやBIM上の仕様などを検討

# 設定した分析する課題/検討の方向性 その2 令和2年度実施

## 課題③ 不動産管理に対応したBIM構築

を検討する段階で以下の4課題に分類して検討。それぞれに以下の手法で解決することとした。

課題	対応方法
テナントの入れ替えにともなう区画変更への対応  <b>課題③ -1</b>	7階～54階における現状の貸出状況がわかる図面を作成し、区画形状の分析を行った。基本的にテナントへの貸出区画の境界線は通り芯に合わせて設定されるので、通り芯で区切った空間オブジェクトの設置を行った <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">EIR発注者情報要件に反映</span> <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">BEP(実行計画)に反映</span>
既存の情報システムとの連携  <b>課題③ -2</b>	利用されているシステムの現地調査を行うとともに、各システムを提供するベンダーにBIMデータ作成の初期段階からヒアリングを行い、入力すべき建物形状や情報、データ形式の整理を行った <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">EIR発注者情報要件に反映</span>
国際不動産面積測定基準への対応  <b>課題③ -3</b>	柱や構造壁などの構造躯体、エレベータシャフト、機械室などは形状を正確に入力し、貸出す可能性のある区画には空間を示すオブジェクトを設置した <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">EIR発注者情報要件に反映</span>
オーダーメイド管理に対応したBIMデータの作成プロセス  <b>課題③ -4</b>	オフィス・ビルのFM-BIMデータとして一般的に必要な情報を入力した「基礎データ」を作成し、そのあと、不動産所有者、不動産管理クラウドのベンダー、ビル管理士にヒアリングを2度、行い「修正データ」「完成データ」を作成した。最後に不動産管理クラウドとの連携を行い、BIMデータの表示情報などビル管理業務に従事する利用者の利便性を考慮したモデルの修正を行う、4回のイテレーションを想定する計画とした。 <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">BEP(実行計画)に反映</span>

# 課題① 既存大規模施設のBIM構築手法検討

## ■検討の方向性（検討の前提条件）

当該施設は超高層大規模施設（延床面積242,544㎡）となるため、全体のBIM構築には多大な労力と期間が予想された。本プロジェクトでは対象部位、構造物、設備および空間の特性に合わせてオブジェクトを分類。BIMとして正確に構築するオブジェクトとモデル化するオブジェクトに分類し効率の良いBIM構築手法を選択した。また、1フロアで反復検討後、全フロア（54階）に展開した。

## ■実施方法、体制（オブジェクトの分類）

BIM構築にあたっては各オブジェクトの空間特性や活用目的に対応して以下の3分類を設定

### 不変オブジェクト

→BIMとしてある程度正確に入力（LOD200程度）

主に構造躯体などがこれに該当する。運営上必要となる面積の算定や大規模な設備更新などに活用する観点から正確に寸法および位置を反映するまた、建物内ではEVシャフトやパイプスペース・耐力壁・共有部内壁などもこれに該当する。

### 可変オブジェクト

→モデル化するか空間として入力（モデル化するが寸法や位置は正確に入力する）

日常の運営管理において変化するものをこれに分類する。主に賃貸スペースの間仕切壁、専有面積がこれに該当する。

### 半不変オブジェクト

→モデル化して入力定期的に更新する設備や共用部の壁など。

BEP(実行計画)に反映

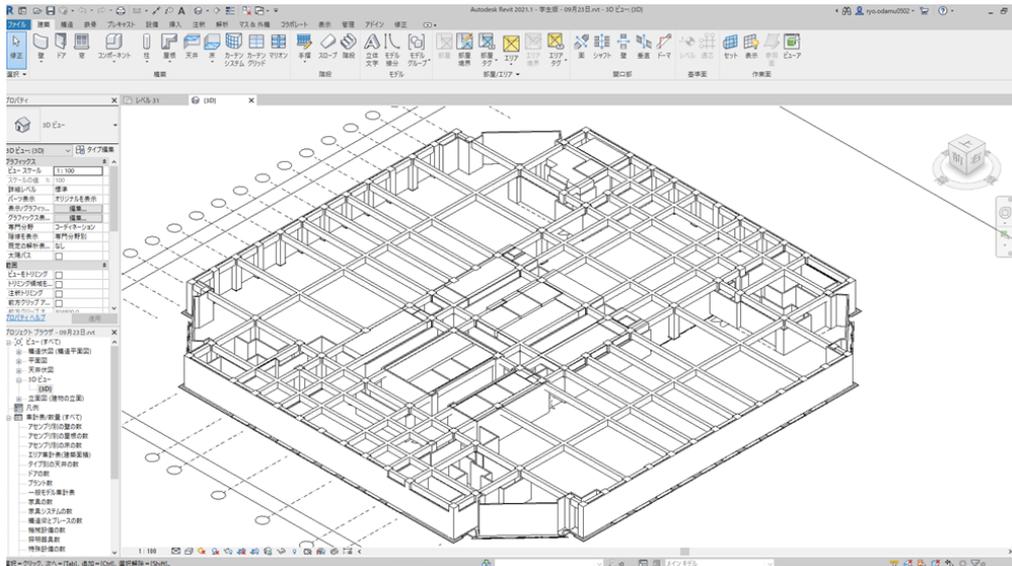
表 各建築部材とオブジェクト指向対応表

部材名称	部材詳細	オブジェクト指向	備考
柱	柱	不変オブジェクト	
梁	梁	不変オブジェクト	
外壁	外壁	不変オブジェクト	
内壁	耐力壁	不変オブジェクト	
	シャフト壁		
	共有部壁	半不変オブジェクト	
	間仕切壁	可変オブジェクト	賃貸部間仕切りのみ対象
	ZONE壁	可変オブジェクト	実在しない。不可視
間取り・部屋	PS	不変オブジェクト	
	シャフト	不変オブジェクト	
	共有部	半不変オブジェクト	
	賃貸面積部	可変オブジェクト	

# 課題① 既存大規模施設のBIM構築手法検討

## ■実施方法、体制（超高層BIMの構築手順）

最新の図面及びCADを活用し、不変オブジェクトに相当する柱・梁・外壁および共用部諸室についてBIMを構築。  
標準階で反復調整（イテレーション）を実施し不変オブジェクトの正確性や求積性能などを確認の上、標準フロアの不変オブジェクトを活用し施設全体（55階分）に展開した。コアの位置、形状の変化、貸室スペースのフロアによる変化などを検証し正確にBIMに反映。  
結果として、事務所用途である7階から54階について当該手法を活用してBIMを構築。2から3人のチームで準備作業および標準階事前検証に1か月、全フロア展開に同様のチームで1か月程度の作業で構築を完了することができた。

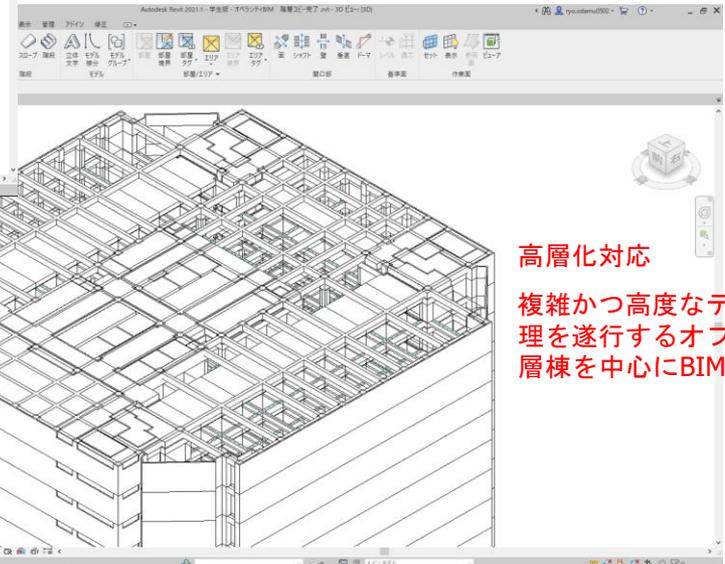


BEP(実行計画)に反映

標準フロア

不変オブジェクトによる正確な  
BIMの構築  
(柱・梁・共用部など)

検討を数回繰り返し求積性能な  
どを検証（イテレーション）



高層化対応

複雑かつ高度なテナント管  
理を遂行するオフィス用高  
層棟を中心にBIM展開

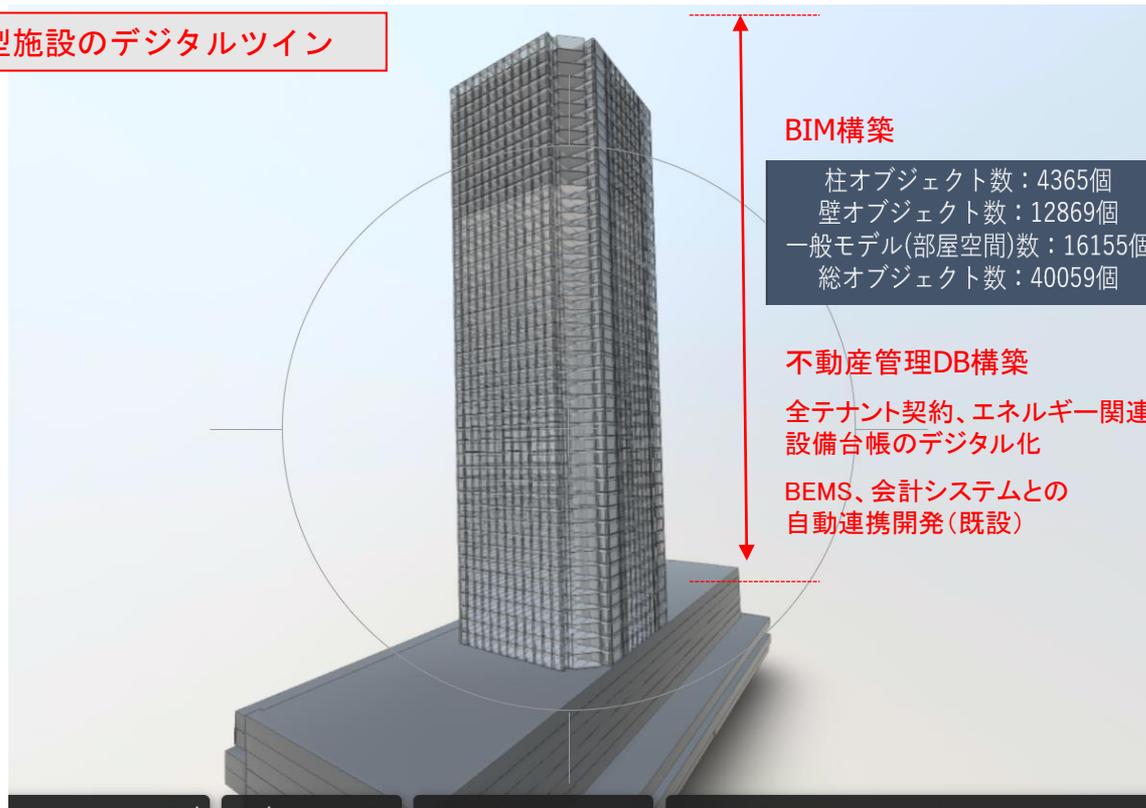
## 課題② 既存大規模施設のBIM構築手法検討 課題分析等の結果

### ■課題分析等の結果

主に事務用途である7階から54階について前述の手法を活用してBIMを構築。既往の取り組みにより、BIM構築と同時に全テナント契約データのデジタル化、計量メータを含む主要設備の設備台帳のデジタル化なども実施することができた。



既存大型施設のデジタルツイン



#### BIM構築

柱オブジェクト数：4365個  
壁オブジェクト数：12869個  
一般モデル(部屋空間)数：16155個  
総オブジェクト数：40059個

#### 不動産管理DB構築

全テナント契約、エネルギー関連  
設備台帳のデジタル化  
BEMS、会計システムとの  
自動連携開発(既設)

規模	地上54階、地下4階、塔屋2階 延床面積 242,544㎡
竣工	1996年8月(築24年)
用途	事務所、店舗、コンサートホール等
構造種別	鉄骨鉄筋コンクリート造

#### BIMデータ概要

BIM対象 事務用途部分 7階から54階

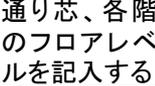
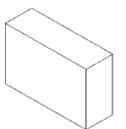
BIM概要 構造躯体・外壁、床・壁・天井 LOD200 テナント区画 一般モデルにて作成 LOD100  
主要空調設備・計量メーター モデル化して作成

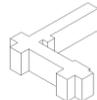
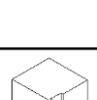
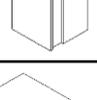
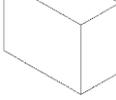
### 今後の課題)

今回はテナント管理、エネルギー管理などの業務に活用する基礎的な統合BIMの構築となった。修繕工事や設備改修工事などの管理にBIMを適用するにはさらに各オブジェクトの詳細度(LOD)や配管やその他設備のBIM化の可否などを検討する必要がある。今後工事管理のBIMプロセスの過程で検討することとした。

## 検討する課題② 既存大規模施設のBIM構築手法検討

以上の結果を踏まえ本プロジェクトで活用したBIM構築の際のLOD一覧は以下となる。

分類	部位名	LOD/用途	作成例	そのほか情報
図面	通り芯、FL	LOD:200		通り芯、各階のフロアレベルを記入する
部位	柱	LOD : 200 居室の面積、体積を求められるよう外形を正確に描く。 Revit上でのモデル: 柱オブジェクト		
部位	壁	LOD : 200 居室の面積、体積を求められるよう外形を正確に描く。 Revit上でのモデル: 壁オブジェクト		壁の厚みを表現し、壁種類がわかることが望ましい。
部位	梁	LOD : 200 居室の体積を求められるよう外形を正確に描く。 Revit上でのモデル: 梁オブジェクト		
部位	床	LOD : 200 内部を閲覧する際に歩行者のオブジェクトが歩行できるようにする。 Revit上でのモデル: 一般モデル使用		ウォークスルー時に歩行が可能なモデルとする。
空間	居室 (床下)	LOD : 200 床下の空間の厚みがわかるようにする	床と兼用	ウォークスルー時に歩行が可能なモデルとする。
空間	居室	LOD : 200 内法天井高さで表現する。 Revit上でのモデル: 部屋機能で作成		ウォークスルーで閲覧するため、非表示。
空間	居室 (天井裏)	LOD : 200 天井裏の空間の厚みがわかるようにする。 Revit上でのモデル: エリア機能で作成		ウォークスルーで閲覧するため、非表示。

分類	部位名	LOD/用途	作成例	そのほか情報
空間	共用部	LOD : 200 Revit上でのモデル: 一般モデル		
空間	共用部	LOD : 200 Revit上でのモデル: 一般モデル		共用部にある居室を表現する。
空間	EV	LOD : 100 各階で分割して作成する。 Revit上でのモデル: 一般モデル		一般モデルでエレベータ空間の形状を描く。
空間	階段室	LOD : 100 階段室の大きさがわかるように作成する。 Revit上でのモデル: 一般モデル		一般モデルで描く。
設備	電気メーター	LOD : 100 ビューワーで電気メーターの位置が把握できるように実大ではなく大きめに表現する。 モデルの寸法は400×800×4000とする。 Revit上でのモデル: 設備機器オブジェクト		入力サイズについては、関係者で協議して決める。設備機器オブジェクトを用いる。
設備	上水メーター	LOD100 モデルの寸法は400×800×4000 Revit上でのモデル: 設備機器オブジェクト		入力サイズについては、関係者で協議して決める。
設備	冷水メーター	モデルの寸法は400×800×4000 Revit上でのモデル: 設備機器オブジェクト	設備機器オブジェクト	入力サイズについては、関係者で協議して決める。
設備	空調機	モデルの寸法は1000×4000×4000 Revit上でのモデル: 設備機器オブジェクト	設備機器オブジェクト	入力サイズについては、関係者で協議して決める。

# 課題① 既存大規模施設のBIM構築手法検討

本プロジェクトで構築したBIMの図面、アウトライン、分類別のBIMデータは以下となる。

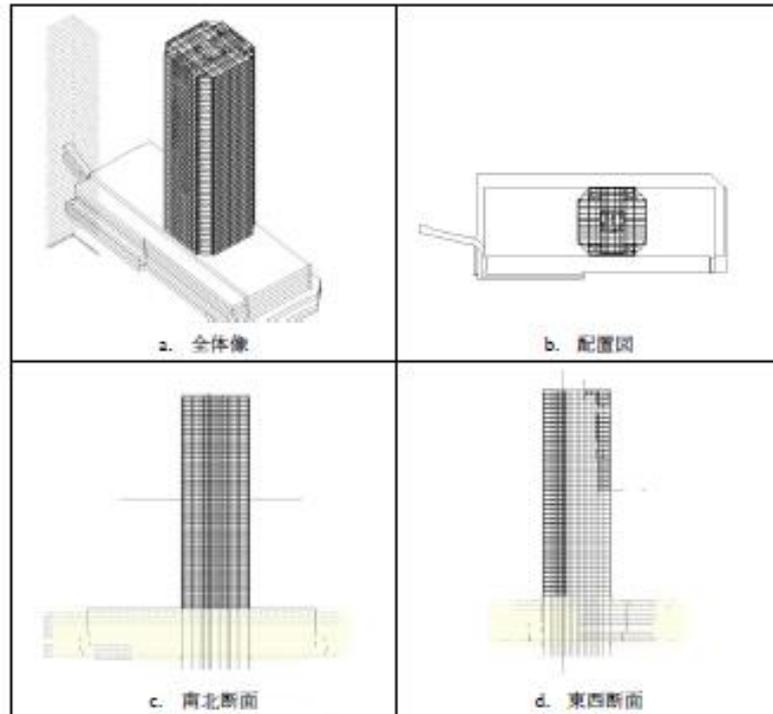


図 BIMデータの全体像

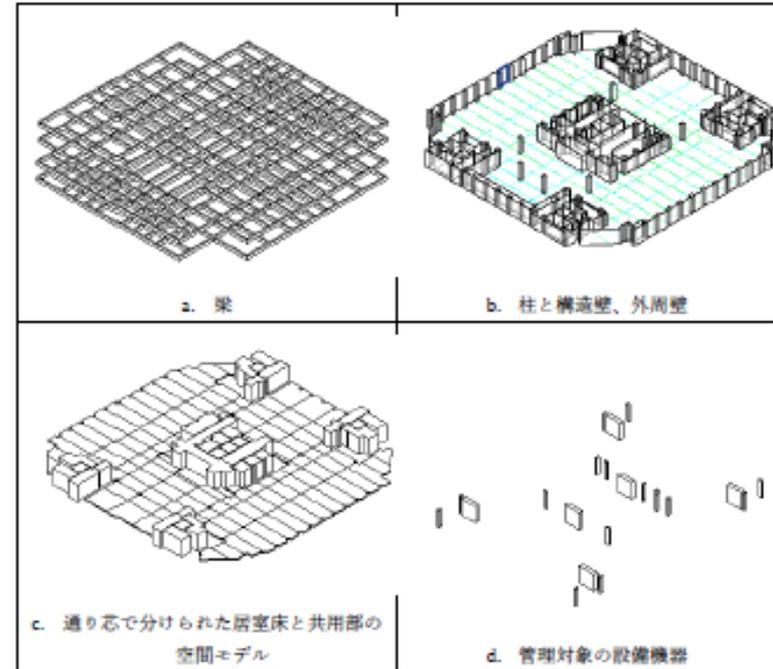
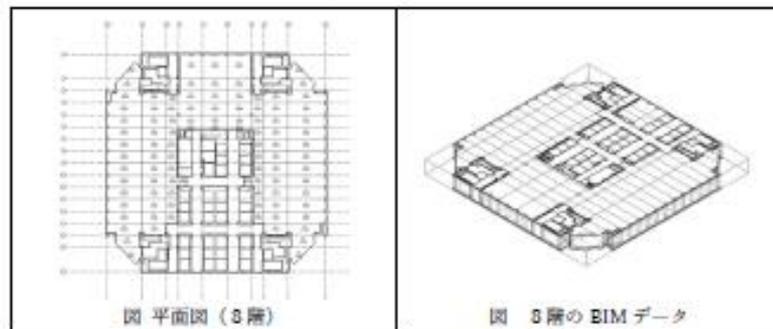


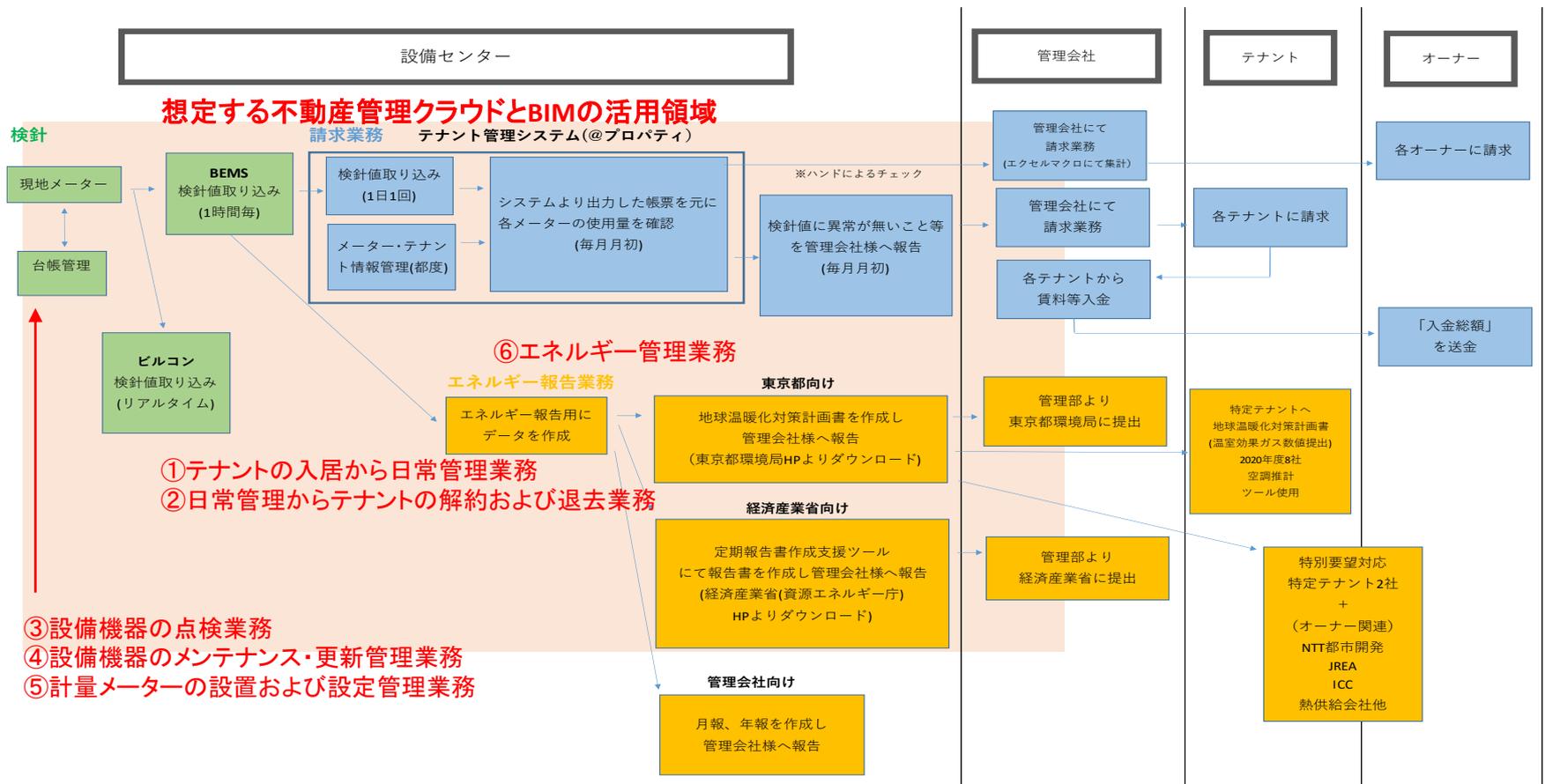
図 分類別で表示したBIMデータ



## 課題② 実際の業務フローへの対応

### ■検討の方向性（検討の前提条件）

テナント管理、エネルギー管理、設備・メーターの管理を対象に実業務検証、BIMと不動産管理システムを一元化させたITツール活用について確認するとともにBIM導入効果を評価（定量化）する。  
 既存施設においてすでに管理業務が日常遂行されている。BIMやクラウドの導入により日常業務に支障をきたすことがないように、また効果的にBIMやクラウドを活用するために現状の業務フローへの対応が必要である。以下に示すように実際の業務フローと既存の不動産管理システムを活用している領域を確認した。



## 課題② 実際の業務フローへの対応

### ■実施方法、体制

実際の業務フローを再確認しBIMとの連携が効果的であり業務効率化のニーズの高い以下の①から⑥の業務を対象に選択。最終的にはBIMと不動産管理システムが連携した一体システムを構築し、業務フローへの対応が可能かどうかの検証や、BIM導入の効果などを検証した。

- ①テナントの入居から日常管理 ②日常管理からテナントの解約および退去 ③設備機器の点検  
④設備機器のメンテナンス・更新管理 ⑤計量メーターの設置及び設定管理 ⑥エネルギー管理

選定した理由は以下となる。

### ■テナント管理 ①②

以下のマニュアルに基づき業務を行っている中で、新規契約及び解約が中核マニュアルであることから、新規契約と解約を対象とした。その中で、図面情報を活用する フェーズを抽出し、効果を検証した。

新規契約マニュアル／解約マニュアル／増床マニュアル

契約変更マニュアル／定期借家再契約マニュアル

### ■エネルギー機器点検メンテナンス管理 ③④

日常の維持管理に係わる業務がBM(ビルマネジメント)業務量の太宗を占めること、また位置情報が必要な業務であることとその中でも「点検」及び、「更新・メンテナンス」がメイン業務であることから、この2項目を対象とした。その中で、図面情報を活用するフェーズを抽出し効果を検証した。

### ■エネルギー使用量管理 ⑤⑥

計量(使用料把握・請求)業務がPM(プロパティマネジメント)業務のうちテナント管理に係わる定型業務であること、また誤作動・ご請求があってはならない重要な業務であることから「メーターの設定・管理」及び、「使用料請求に係わる業務」を対象とした。これらの中で、図面情報を活用する フェーズを抽出し、効果を検証した。

### ■課題分析等の結果 BIMと不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フローにおける効果を確認

#### ①新規契約～日常契約管理・会計処理ワークフローへの活用

テナントの賃貸契約の管理、請求入金管理、予算・収支管理まで一連の業務は賃貸事業の根幹業務。BIM活用により区画の確認や面積情報の管理を円滑に遂行可能であることを確認した。

賃貸契約管理

会計・決算

#### 新規契約

契約法人、賃料、面積、契約諸条件（段階賃料、フリーレント等）および区画情報を登録



#### 賃貸契約管理（日常・月次）

契約更新、賃料交渉、解約予約区画の営業展開などの業務支援にツール活用



#### 請求・入金管理

#### 月次報告

月次の請求、入金（債権管理）などの会計業務やマンスリーレポートなどに契約情報を活用。最終的には会計報告を作成。

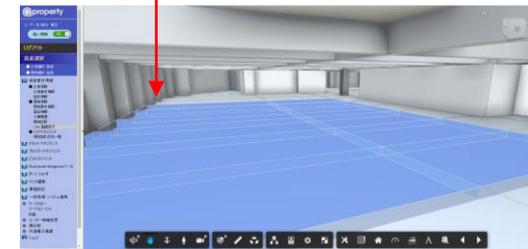


不動産管理クラウド

BIM

現地作業

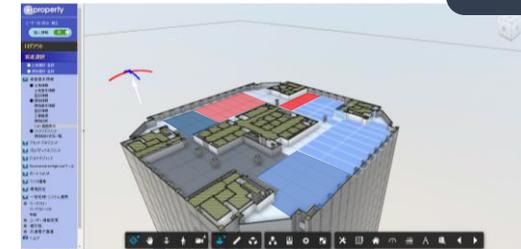
区画情報の登録



継続区画・更新候補解約予約・空室など テナント情報の可視化



区画ごと賃料、契約期間など各種指標に対応して可視化（将来）



現地区画の確認

現地区画の確認

### ■課題分析等の結果 BIMと不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フローにおける効果を確認

#### ②解約予約～営業展開～新規契約ワークフローへの活用

テナントのリーシングおよび営業は賃貸事業において非常に重要な業務。契約更新、賃料交渉に加え解約予告などの初期情報を効率よく営業につなげる必要がある。随所でBIMの区画情報を活用可能であることを確認した。

賃貸契約管理

営業展開

#### 賃貸契約管理（解約予約登録）

契約更新候補、賃料交渉状況、解約予約区画などの進捗を一元管理

区画ID	区画名	契約種別	契約期間	解約日	更新日	更新可否	更新予定日	更新予定賃料	更新予定坪単価	更新予定総額	更新予定坪単価	更新予定総額
01	001	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	不可	2021/01/01	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
02	002	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	1100000	1100000	1100000	1100000	1100000
03	003	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	1200000	1200000	1200000	1200000	1200000
04	004	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	1300000	1300000	1300000	1300000	1300000
05	005	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	1400000	1400000	1400000	1400000	1400000
06	006	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	1500000	1500000	1500000	1500000	1500000
07	007	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	1600000	1600000	1600000	1600000	1600000
08	008	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	1700000	1700000	1700000	1700000	1700000
09	009	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	1800000	1800000	1800000	1800000	1800000
10	010	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	1900000	1900000	1900000	1900000	1900000
11	011	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000
12	012	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	2100000	2100000	2100000	2100000	2100000
13	013	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	2200000	2200000	2200000	2200000	2200000
14	014	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	2300000	2300000	2300000	2300000	2300000
15	015	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000
16	016	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	2500000	2500000	2500000	2500000	2500000
17	017	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	2600000	2600000	2600000	2600000	2600000
18	018	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	2700000	2700000	2700000	2700000	2700000
19	019	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	2800000	2800000	2800000	2800000	2800000
20	020	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	2900000	2900000	2900000	2900000	2900000
21	021	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	3000000	3000000	3000000	3000000	3000000
22	022	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	3100000	3100000	3100000	3100000	3100000
23	023	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	3200000	3200000	3200000	3200000	3200000
24	024	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	3300000	3300000	3300000	3300000	3300000
25	025	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	3400000	3400000	3400000	3400000	3400000
26	026	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	3500000	3500000	3500000	3500000	3500000
27	027	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000
28	028	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	3700000	3700000	3700000	3700000	3700000
29	029	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	3800000	3800000	3800000	3800000	3800000
30	030	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	3900000	3900000	3900000	3900000	3900000
31	031	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000
32	032	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	4100000	4100000	4100000	4100000	4100000
33	033	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	4200000	4200000	4200000	4200000	4200000
34	034	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	4300000	4300000	4300000	4300000	4300000
35	035	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	4400000	4400000	4400000	4400000	4400000
36	036	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	4500000	4500000	4500000	4500000	4500000
37	037	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	4600000	4600000	4600000	4600000	4600000
38	038	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	4700000	4700000	4700000	4700000	4700000
39	039	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	4800000	4800000	4800000	4800000	4800000
40	040	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	4900000	4900000	4900000	4900000	4900000
41	041	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	5000000	5000000	5000000	5000000	5000000
42	042	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	5100000	5100000	5100000	5100000	5100000
43	043	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	5200000	5200000	5200000	5200000	5200000
44	044	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	5300000	5300000	5300000	5300000	5300000
45	045	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	5400000	5400000	5400000	5400000	5400000
46	046	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	5500000	5500000	5500000	5500000	5500000
47	047	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	5600000	5600000	5600000	5600000	5600000
48	048	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	5700000	5700000	5700000	5700000	5700000
49	049	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	5800000	5800000	5800000	5800000	5800000
50	050	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	5900000	5900000	5900000	5900000	5900000
51	051	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	6000000	6000000	6000000	6000000	6000000
52	052	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	6100000	6100000	6100000	6100000	6100000
53	053	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	6200000	6200000	6200000	6200000	6200000
54	054	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	6300000	6300000	6300000	6300000	6300000
55	055	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	6400000	6400000	6400000	6400000	6400000
56	056	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	6500000	6500000	6500000	6500000	6500000
57	057	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	6600000	6600000	6600000	6600000	6600000
58	058	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	6700000	6700000	6700000	6700000	6700000
59	059	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	6800000	6800000	6800000	6800000	6800000
60	060	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	6900000	6900000	6900000	6900000	6900000
61	061	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000
62	062	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	7100000	7100000	7100000	7100000	7100000
63	063	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	7200000	7200000	7200000	7200000	7200000
64	064	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	7300000	7300000	7300000	7300000	7300000
65	065	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	7400000	7400000	7400000	7400000	7400000
66	066	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	7500000	7500000	7500000	7500000	7500000
67	067	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	7600000	7600000	7600000	7600000	7600000
68	068	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	7700000	7700000	7700000	7700000	7700000
69	069	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	7800000	7800000	7800000	7800000	7800000
70	070	賃貸	2018/01/01	2020/12/31	2020/12/31	可	2021/01/01	7900000	7900000	7900000	7900000	7900000
71	07											

### ■テナント管理における不動産管理クラウド画面イメージ

#### 不動産管理クラウド

**賃貸契約リスト**

建物名称: 0001 プロパティビレッジ東海岸 事務所棟

対象期間: 2021/01/22 → 2021/01/22

区分指定: < ● 貸室 ○ 土地・駐車場・付帯設備他 > 出力指定 < ● 契約ベース ○ 持分 >

契約開始日の表示方法: < ● 異動日 ○ 契約開始日 >  空室も併せて表示

テナント: コード \_\_\_\_\_ 名称 \_\_\_\_\_

フロア: \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_

大区分: \_\_\_\_\_ 小区分: \_\_\_\_\_ 方式: \_\_\_\_\_

13件中 1-13 件目 ヘッダーのうしろ下線部をクリックするとソート指定と昇順、降順が選択できます

▲前 20 50 100 件ずつ 全て 検索 次▼

自動更新の賃貸契約: 更新のアラートを表示しない

更新まで \_\_\_\_\_ ヶ月以内 更新もれ 期間満了 % 固定+売上歩合 % 売上歩合 自動更新 有

選択	フロア	空間区分		テナントコード	テナント名	原(当初)契約開始日	契約期間		解約日	契約締結日	営業情報	契約タイプ	歩合	段階	フリーレント	解約予告(ヶ月)	自動更新(ヶ月)	
		大区分	小区分				開始	終了										
<input type="checkbox"/>	10F	10A	事務所	E0001	テナント_320671	2015/03/15	2018/03/15	2021/03/14				借地					6	0.0
<input type="checkbox"/>	10F			A0003	テナント_6001679		2020/04/01	2021/03/30				一般	%				6	0.0
<input type="checkbox"/>	8F	08A	事務所	T0017	テナント_6037949	2013/07/05	2019/07/05	2021/07/04				一般					6	0.0
<input type="checkbox"/>	8F	08B	事務所	N0008	テナント_3534803	2013/08/15	2017/08/15	2019/08/14				一般					6	0.0
<input type="checkbox"/>	7F	07A	事務所	K0004	テナント_5479077	2019/07/02	2019/07/02	2020/06/30		2018/07/01		一般					6	0.0
<input type="checkbox"/>	6F	06A	事務所	M0013	テナント_5781133	2012/04/01	2019/08/01	2021/05/31				一般					6	0.0
<input type="checkbox"/>	5F	05A	事務所	M0013	テナント_5781129	2012/04/01	2019/08/01	2021/05/31				一般					6	0.0
<input type="checkbox"/>	4F	04B	事務所	H0034	テナント_5482312	2016/08/15	2018/08/26	2020/08/25				一般					6	0.0
<input type="checkbox"/>	3F	03A	事務所	A0003	テナント_422943	2019/03/15	2019/03/15	2021/03/31				一般					6	0.0

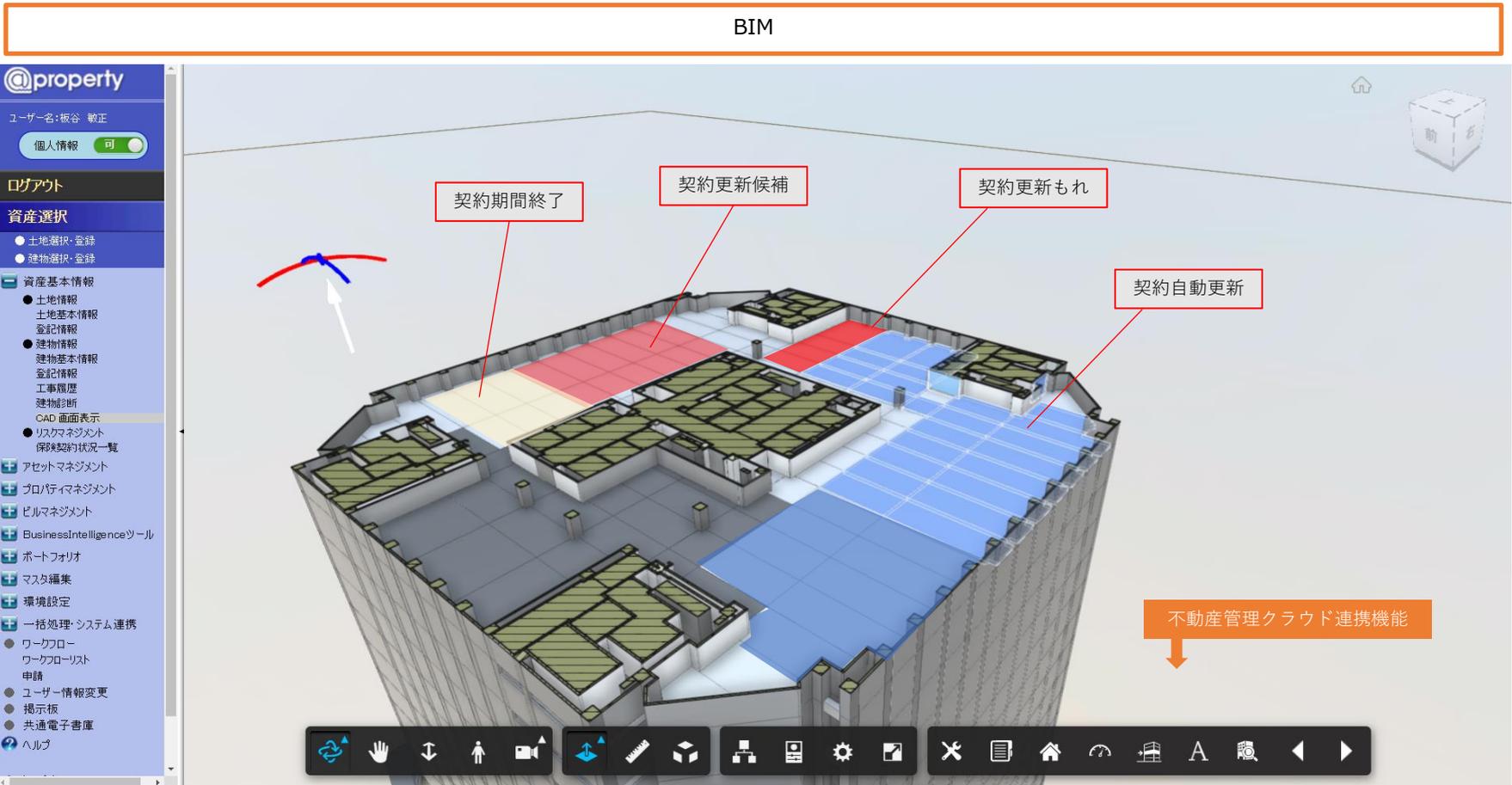
▲前 20 50 100 件ずつ 全て 検索 次▼

**個別賃貸契約情報**

### 試行錯誤した点)

確認したい区画や設備を表示させる場合には当該フロアを優先させる必要がある。ビューワの標準機能においては超高層建物全体がデフォルトで表示されるため、不動産管理システムとの連携により区画や設備を抽出しても埋没してしまい確認することができないことが発覚した。ビューワが保有する断面表示機能などで補完することはできるがある程度操作に習熟する必要があることと操作の手間が発生した。本プロジェクトではビューワのAPI機能を活用しプログラムを追加し当該フロアが優先表示される機能を追加した。詳細は課題③-4に記述。

### ■テナント管理におけるBIM画面イメージ



### 試行錯誤した点)

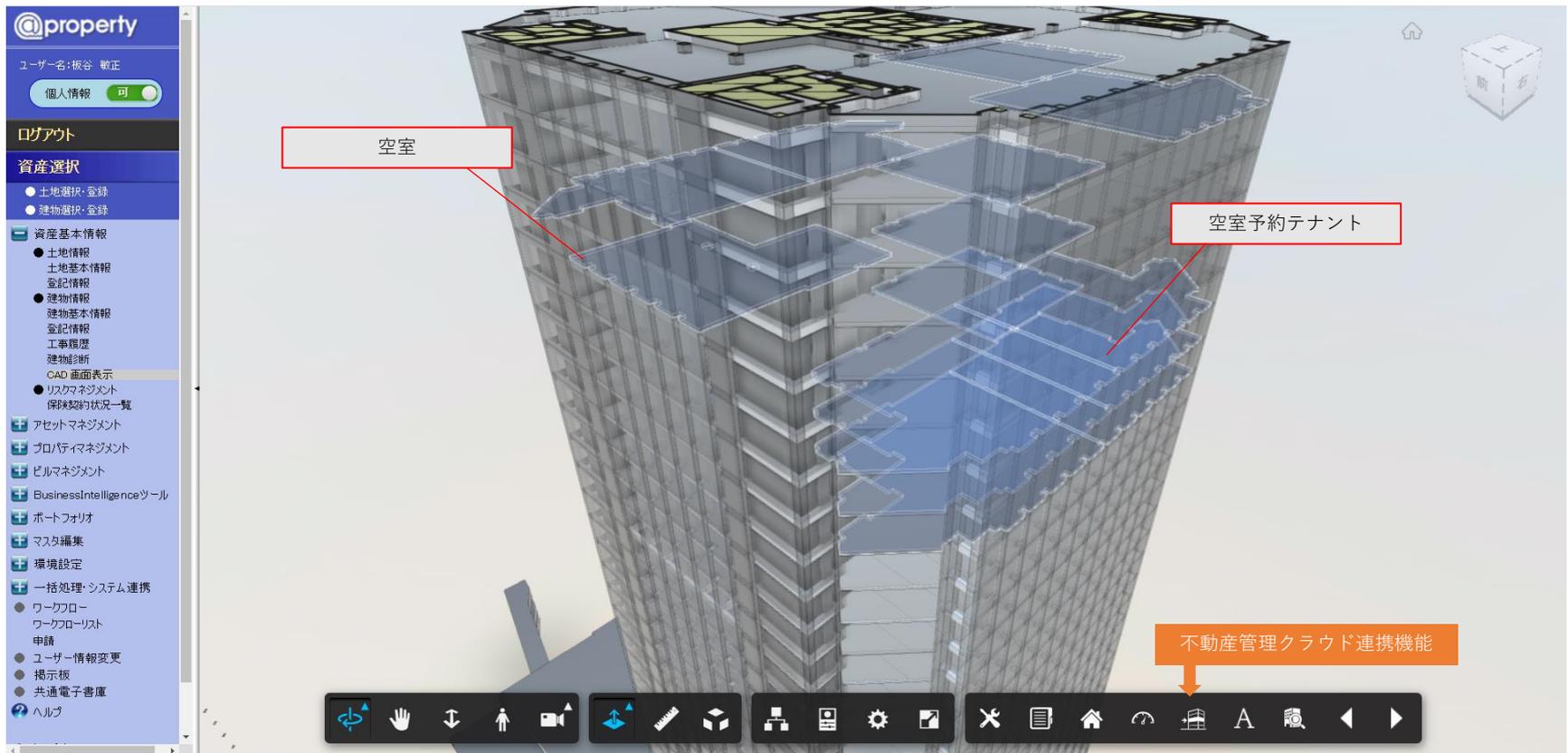
超高層ビルであり複数フロアにまたがる区画や設備の表示方法やBIMの視認性については、事前には把握できないため実際にビューワ等で確認しながらの検討となった。アジャイル開発の考え方で標準階での複数回検討調整(イテレーション)に加え不動産管理システムとBIMの連携完了後も継続して実施した。詳細は課題③-4に記述。

### 今後の課題)

当該業務におけるBIMと不動産管理システムを実際のワークフローに適用することはできたと思料。今後はより広い関係者への利用促進や一定期間の本番運用などを通じて操作性、省力化効果などを検証する必要がある。

### ■テナント管理におけるBIM画面イメージ

BIM



### ■課題分析等の結果 BIMと不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フローにおける効果を確認

#### ③点検対象機器確認～点検実施・報告～履歴管理ワークフローへの活用

スケジュールされた点検、障害対応、修繕・修理に加え突発的な不具合対応業務において、対象となる設備機器、部材等(メーター等)の抽出およびその位置確認にBIMを活用。点検結果の登録においてもBIMを活用できることを確認した。

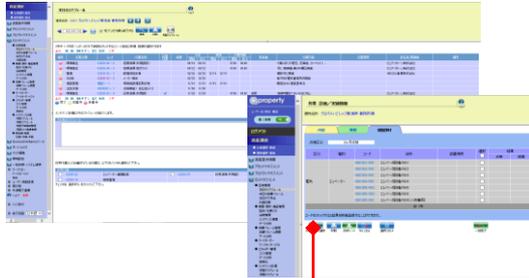
設備台帳管理

点検結果登録・履歴管理

不動産管理クラウド

#### 対象機器検索

スケジュールされた点検、障害対応、修繕・修理に加え突発的な不具合対応などにおいて対象となる機器を検索



#### 各機器確認

各機器の設置場所・仕様・系統・経過年数・不具合状況など確認



#### 点検・不具合結果登録

各機器の点検結果・不具合詳細内容・原因・対応状況・コストなど記録  
その後は複数年にわたって履歴管理を実施

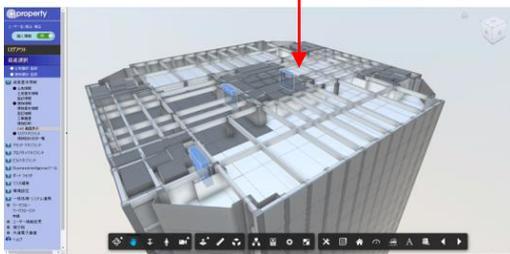


#### 点検・不具合等履歴管理

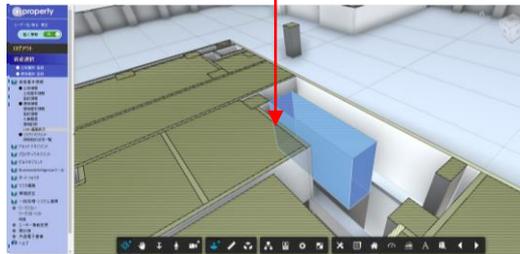


BIM

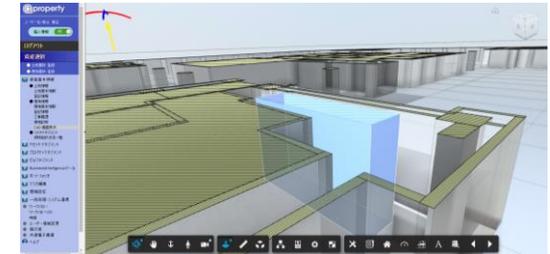
対象設備機器確認



位置確認



詳細な点検結果  
不具合結果等登録



現地作業

現地設備の確認・点検



■課題分析等の結果 BIMと不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フローにおける効果を確認

④更新・メンテナンス対象機器確認～更新・メンテナンス実施・報告～履歴管理ワークフローへの活用

経過年数などにより更新・メンテナンスの対象となる建物内の設備機器(メーター等)の抽出およびその位置確認にBIMを活用。実際の更新・メンテナンス結果の登録においてもBIMを活用できることを確認した。

設備台帳管理

点検結果登録・履歴管理

対象機器検索

各機器確認

更新・メンテナンス結果登録

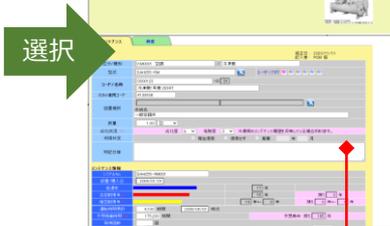
設備台帳履歴管理

経過年数や工事計画内容などの条件で対象設備機器の抽出および選択

各機器の設置場所・仕様・系統・経過年数・不具合状況など確認

各機器の点検結果・不具合詳細内容・原因・対応状況・コストなどを記録  
その後は複数年にわたって履歴管理を実施

不動産管理クラウド

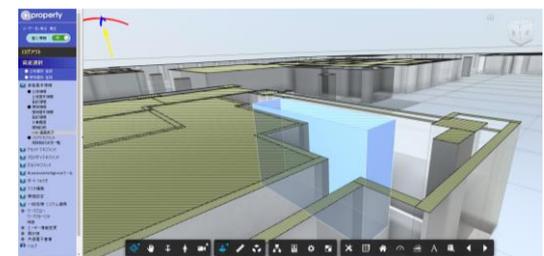
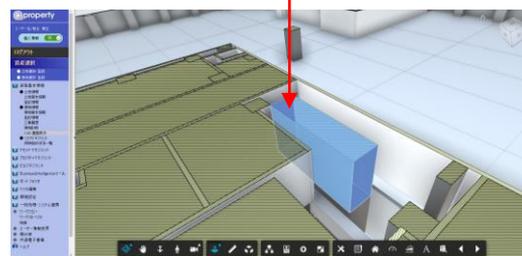
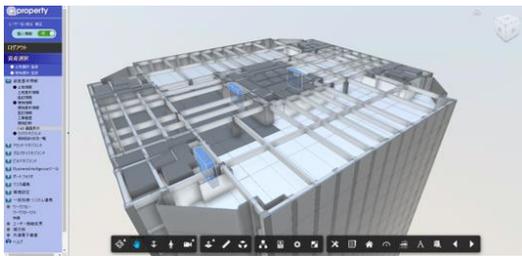


対象設備機器確認

位置確認

更新・メンテナンス結果登録

BIM



現地作業

現地設備の更新・メンテナンス

■ 設備機器管理における不動産管理クラウド画面イメージ (例)

不動産管理クラウド

**BIM連携機能**

建物名称: T0001 TOC

区分:  種類:

型式:  機器:

部分一致で検索する  
 その他、詳細な検索条件を指定します

検索 新規登録 印刷 Data

1047件中 1-1047件目 ヘッダーのうら下線をクリックするとソート指定と昇順、降順が選択  
 ▲前 20 50 100 件ずつ 全て 検索 次▼

区分	種別	選択	コード	機器名称	製造者	型式	階	室名	MTRE(H)	経過年	推定耐用年	法定耐用年	資産番号
空調	空調機	<input type="checkbox"/>	K00001-R01	空調機	KW					0	14	15	
		<input type="checkbox"/>	D001-KWH-501-R01	M2PM-S34VR	M2PM-S34VR-5	18F				2	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D002-KWH-502-R01	M2PM-S34VR	M2PM-S34VR-5	18F				2	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D003-T-52-RU-1-R01	M2PM-S34VR	M2PM-S34VR-6	00F				2	5	6	
		<input type="checkbox"/>	D004-KWH-415-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D005-KWH-416-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D006-KWH-404-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D007-KWH-405-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D008-KWH-417-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D009-KWH-406-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D010-KWH-407-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D011-KWH-418-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D012-KWH-408-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D013-KWH-409-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D014-KWH-410-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D015-KWH-411-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-5	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D016-KWH-412-R01	M2LM-K5	M2LM-K5-9	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D017-KWH-413-R01	M2LM-K5	M2LM-K5-9	54F				5	4	5	
		<input type="checkbox"/>	D018-KWH-414-R01	M2LHM-K5	M2LHM-K5-9	00F				5	4	5	

**劣化度および危険度**

**機器名称**

**機器型式**

**経過年数が耐用年数を超えた機器**

**個別機器詳細情報**

機器-部材-備品台帳管理

検索: 区分: 空調機, 型式: SAK25-IM, コード: 000013, 階: 54F, 室名: 54F, 経過年: 4, 推定耐用年: 5, 法定耐用年: 5, 資産番号: 00001311

#### 試行錯誤した点)

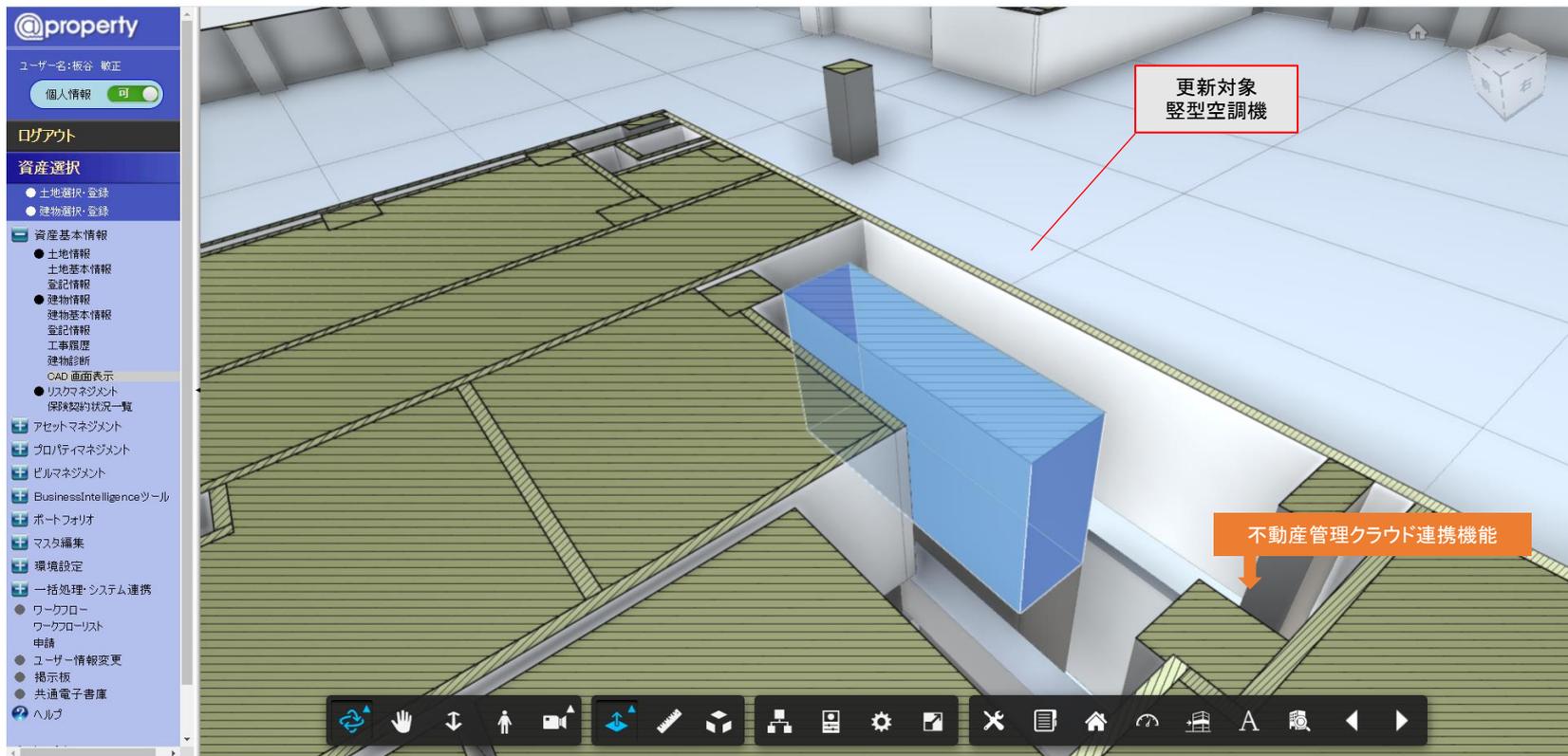
空調機などの設備機器については既存図面などから位置、大きさ、高さなどをある程度正確に設定することができたが関連する配管やダクト等については情報収集が十分にできないことと、管理上は上記情報で十分であることからBIM化はしないこととした。配管、ダクト等のBIM化については今後の検討課題とすることとした。

#### 今後の課題)

当該業務におけるBIMと不動産管理システムを実際のワークフローに適用することはできたと思料。管理の現場を含む関係者への利用促進や一定期間の本番運用などを通じて操作性、省力化効果などを検証する必要がある。

#### ■ 設備機器管理におけるBIM画面イメージ (例)

BIM



■課題分析等の結果 BIMと不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フローにおける効果を確認

⑤メーターの設定管理およびテナント入れ替えなどに伴うメーターの対応変更ワークフローへの活用

変動費のもととなる電力・時間外空調・水道などの利用量を計量する各種目メーターの設定および対応テナント管理においてBIMと連携。テナントの入れ替えに伴う各メーターの対応区画の変更もBIMで確認可能であることを確認した。

メーター台帳管理

メーターの設定変更および対応テナントの更新・修正

対象メーター検索

メーター区分、メーターNo.、検定期間等で条件指定しメーターを抽出および選択

個別メーター設定確認

各メーターの設置場所・詳細設定および対応テナント（法人および区画）の確認

メーター各種設定登録

各メーターの設定変更および対応するテナントの法人変更、区画変更などについて最新情報に更新

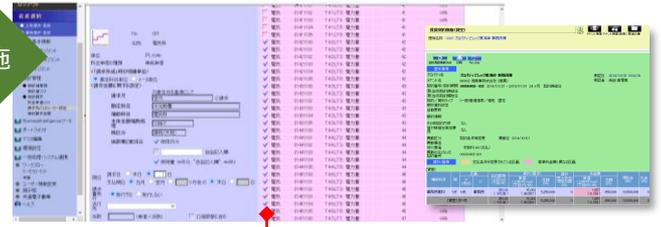
不動産管理クラウド



選択



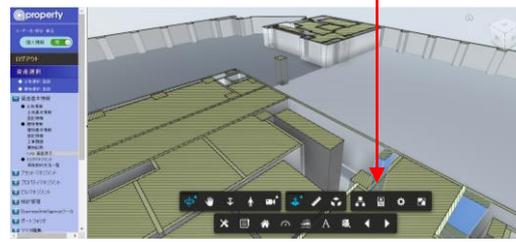
実施



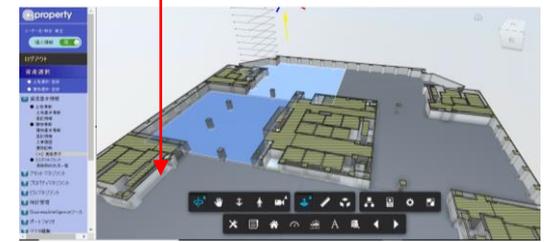
対象メーター位置確認



個別メーター確認



対応テナントの区画確認



BIM

現地メーターの確認

現地メーター及びテナントの確認

現地作業

■課題分析等の結果 BIMと不動産管理システムが連携した一体システムを構築し業務フローにおける効果を確認

⑥エネルギー及び各種使用料管理ワークフローへの活用

電力・時間外空調・水道などの利用料の前月との比較や異常値の確認などにおいてBIMを活用。当該メーターの位置や対応テナントの確認を円滑に実施できることを確認した。

メーター台帳管理

メーターの設定および対応テナントの確認

対象メーター検索

前回検針値を下回るメーターおよび設定した閾値と乖離するメーターを抽出

個別メータ設定確認

各メーターの設置場所・詳細設定および対応テナント（法人及び区画）の確認

テナントの利用状況確認

対応するテナントの利用状況およびメーターの設定等確認

不動産管理クラウド



選択



実施

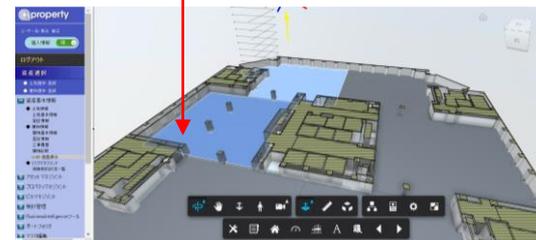


対象メーター位置確認

個別メーター位置確認

対応テナントの区画確認

BIM



現地作業

現地メーターおよびテナントの確認





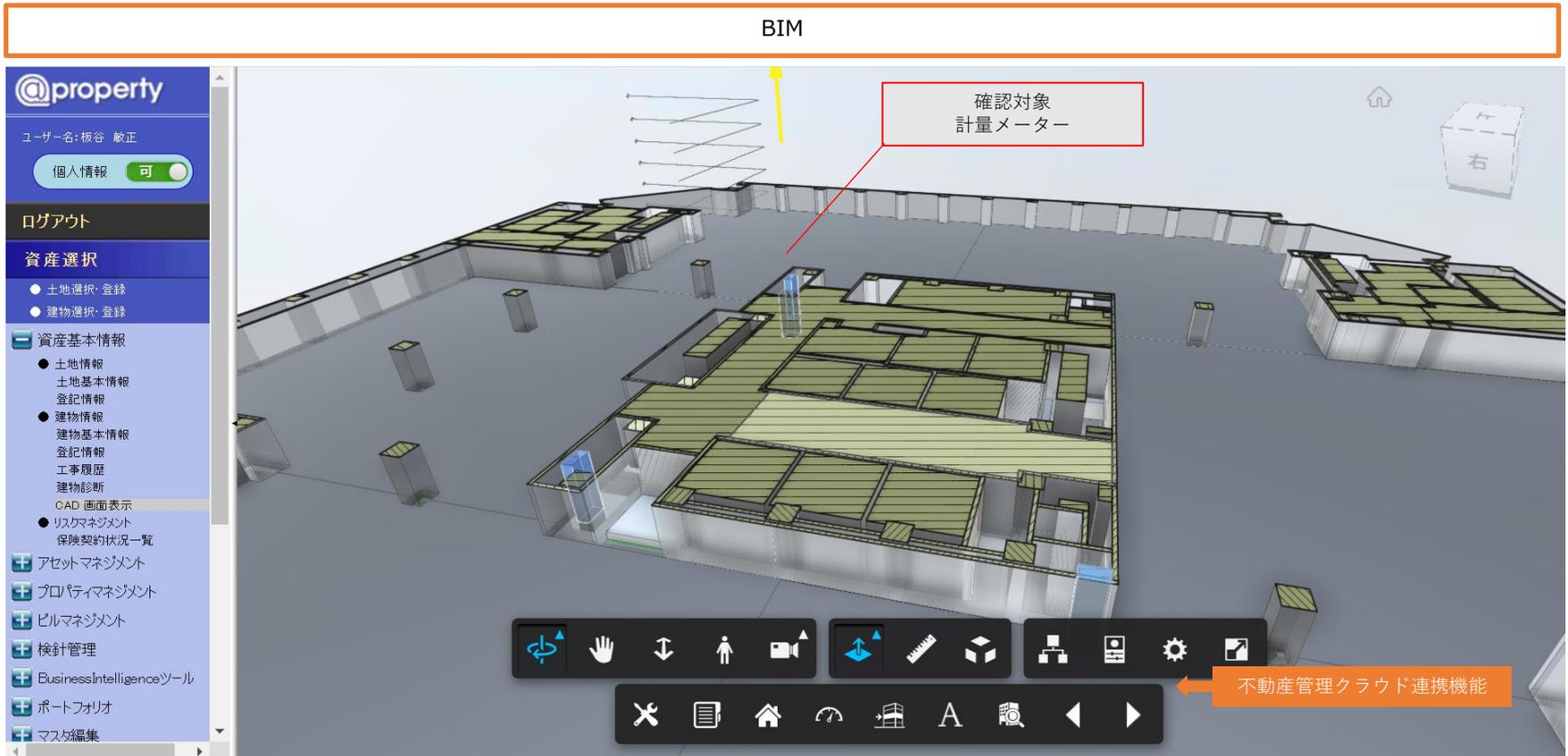
#### 試行錯誤した点)

計量メーターについては既存図面などから位置、大きさ、高さなどをある程度正確に設定することができたが、そのままの大きさではコア壁などに阻まれ視認性が確保できないことがわかった。管理上は位置が把握できることが重要なので本プロジェクトでは高さをデフォルメ（大きく）し、視認性を確保した。

#### 今後の課題)

当該業務におけるBIMと不動産管理システムを実際のワークフローに適用することはできたと思料。メータ計量の現場や賃料請求を含む関係者への利用促進や、一定期間の本番運用などを通じて操作性、省力化効果などを検証する必要がある。

#### ■ 計量メーター管理におけるBIM画面イメージ（例）



不動産管理クラウド連携機能

## 課題③-1

# 不動産管理に対応したBIM構築/テナントの入れ替えに伴う区画変更への対応

### ■検討の方向性（検討の前提条件）

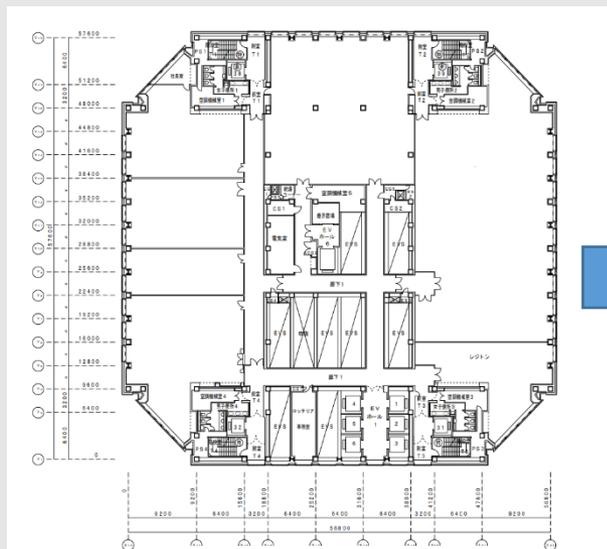
前提条件は以下となる。

- ・ オフィス・ビルでは新築時に想定通りにテナントが募集できるわけではないため、区画の変更、共用部の変更、分電盤の増設など様々な変更が起こる。
- ・ 入居を希望する企業とオフィス・ビルの所有者との相対取引により賃料、区画、利用方法が決まるため、竣工後も、区画の変更が継続的に発生する。
- ・ 東京オペラシティの場合、随時テナントの入れ替わりがあり図面の更新、区画変更の工事、空調・分電盤の変更工事が発生するため、BIMデータについても恒常的な変更が発生する。

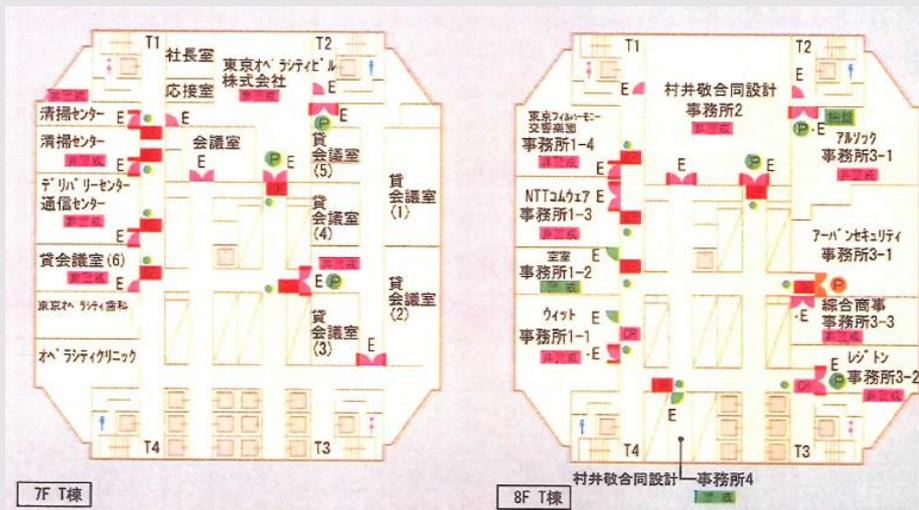
以上を踏まえ、テナント貸出区画の変更にフレキシブルに対応できる空間オブジェクトを設定した。

テナント区画の現状→フレキシブルな対応が必要

EIR発注者情報要件に反映



基準階平面



2020年時点での7, 8階の区画

# 課題③-1

## 不動産管理に対応したBIM構築/テナントの入れ替えに伴う区画変更への対応 課題分析等の結果

### ■実施方法、体制

実際のテナント区画などを参考に、現状あるいは将来の変更にも対応できる空間オブジェクトを設定。空間オブジェクトの選択によりフレキシブルにテナント契約区画の変更に対応可能とした。

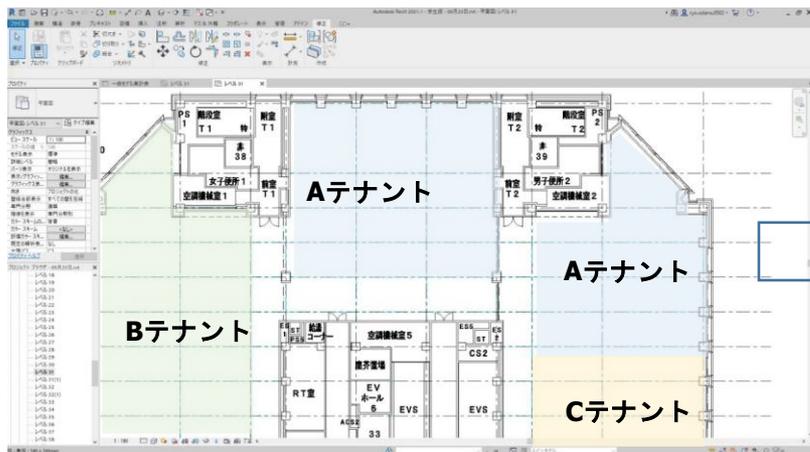
### ■課題分析等の結果

原状のテナント区画は空間オブジェクトの選択により適切に再現できることが確認された。1フロア貸し出しの場合には共用廊下なども区画に含む必要があるが当該事項などのイレギュラーケースにも対応できることが確認できた。

原状)

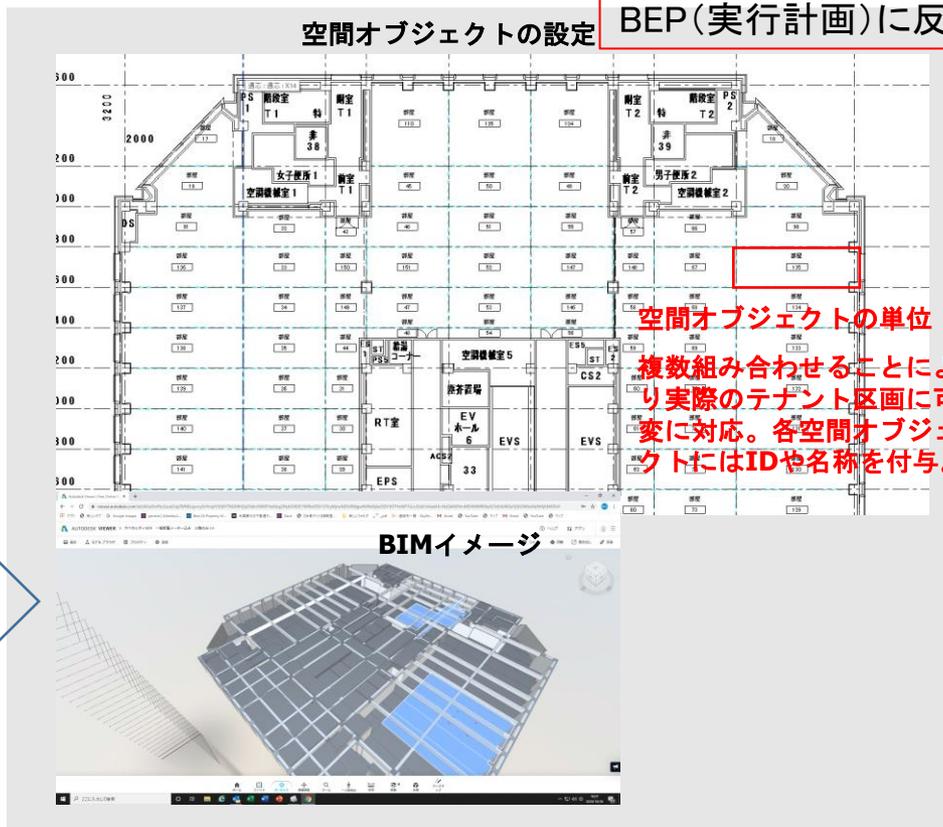
実際のテナント区画は長年の賃貸事業の中で変化しており、当初のゾーニングを分割・統合するなど多様化している。竣工時の空調システムよりもきめ細かい対応が必要。また区画の変更には簡易に対応することが肝要。

実際のテナント区画



空間オブジェクトの設定

BEP(実行計画)に反映



### 今後の課題)

原状のテナント区画などについては十分に対応できたと思料。コロナ対応など今後も区画の考え方や利用状況は変化すると考えられるので、今後も継続的な検証や改良を実施する必要がある。

## 課題③-2

# 不動産管理に対応したBIM構築/既存情報システムとの連携

### ■検討の方向性（検討の前提条件）

前提条件は以下となる。

- ・東京オペラシティではビル内の空調設備やセキュリティ管理を行うBEMSや、ビル全体の改修工事履歴や日常点検を記録する建物履歴情報データベース、テナントとの契約や光熱水費の請求を処理する不動産管理クラウドが既に導入されていて、「BIMデータだけが存在しない」状況である
- ・既存のシステム上で実施されてきた、テナント管理や工事履歴、日常的な点検結果、空調設備の運用状況をBIMデータ上で把握できるようにして、効率的な不動産管理業務の実現を目指しているが、このためには「BIMデータが既存の情報システムの要求に合わせる」という考えが必要になる

以上を踏まえ、既存システムの調査と各システムベンダーとのヒアリングをBIM構築初期段階から事前にすすめ、構築すべきBIMの形状、情報、データの形式について設定を行った。

EIR発注者情報要件に反映

### 現状のシステムの状況

#### BEMS

空調やエネルギー利用状況、天候の記録、セキュリティシステムの管理に利用

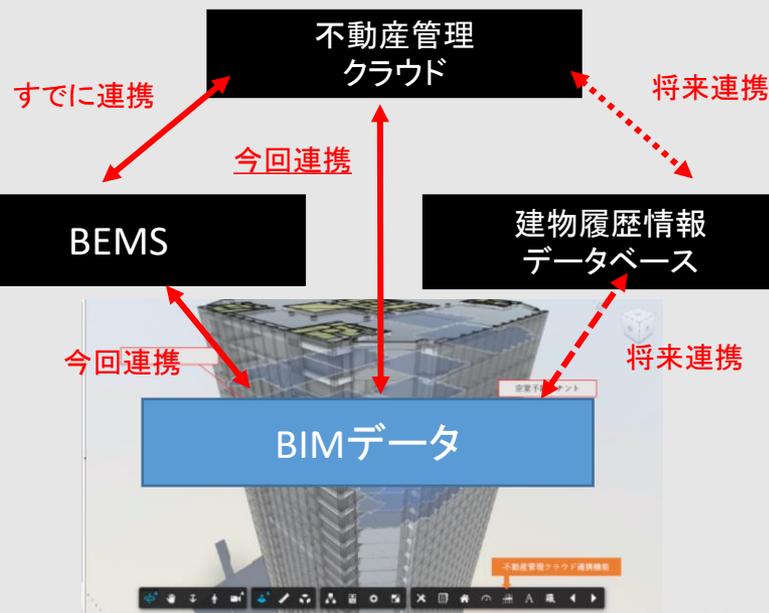
#### 不動産管理クラウド

テナントとの契約、光熱水費の請求などに利用

#### 建物履歴情報データベース

日常的な点検、工事履歴の記録に利用

### 既存システムにBIMデータを含めた状況



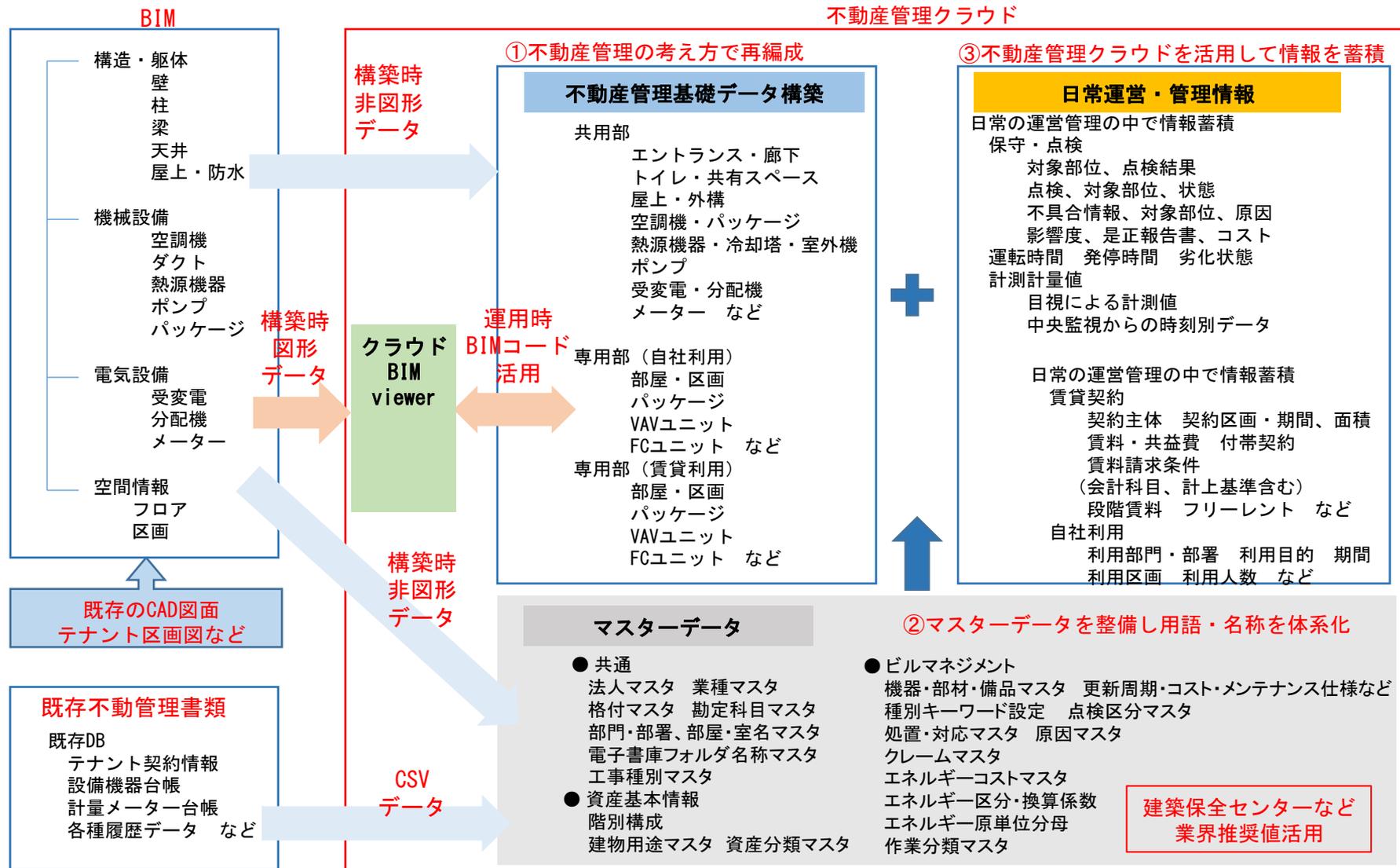
# 課題③-2

## 不動産管理に対応したBIM構築/既存情報システムとの連携

### ■実施方法、体制 BIMと不動産管理クラウドの連携の考え方

連携当初の構築段階においてはBIMおよび既存不動産管理書類などから非図形情報を抽出し、不動産管理クラウドの基礎情報として活用。BIMの図形情報はクラウド型のBIMビューワー(Forge)に取り込むことで不動産クラウドとの連携を開始する。

全体の連携調整は不動産管理システム統括でもあるBIMマネージャーが推進した。



# 課題③-2

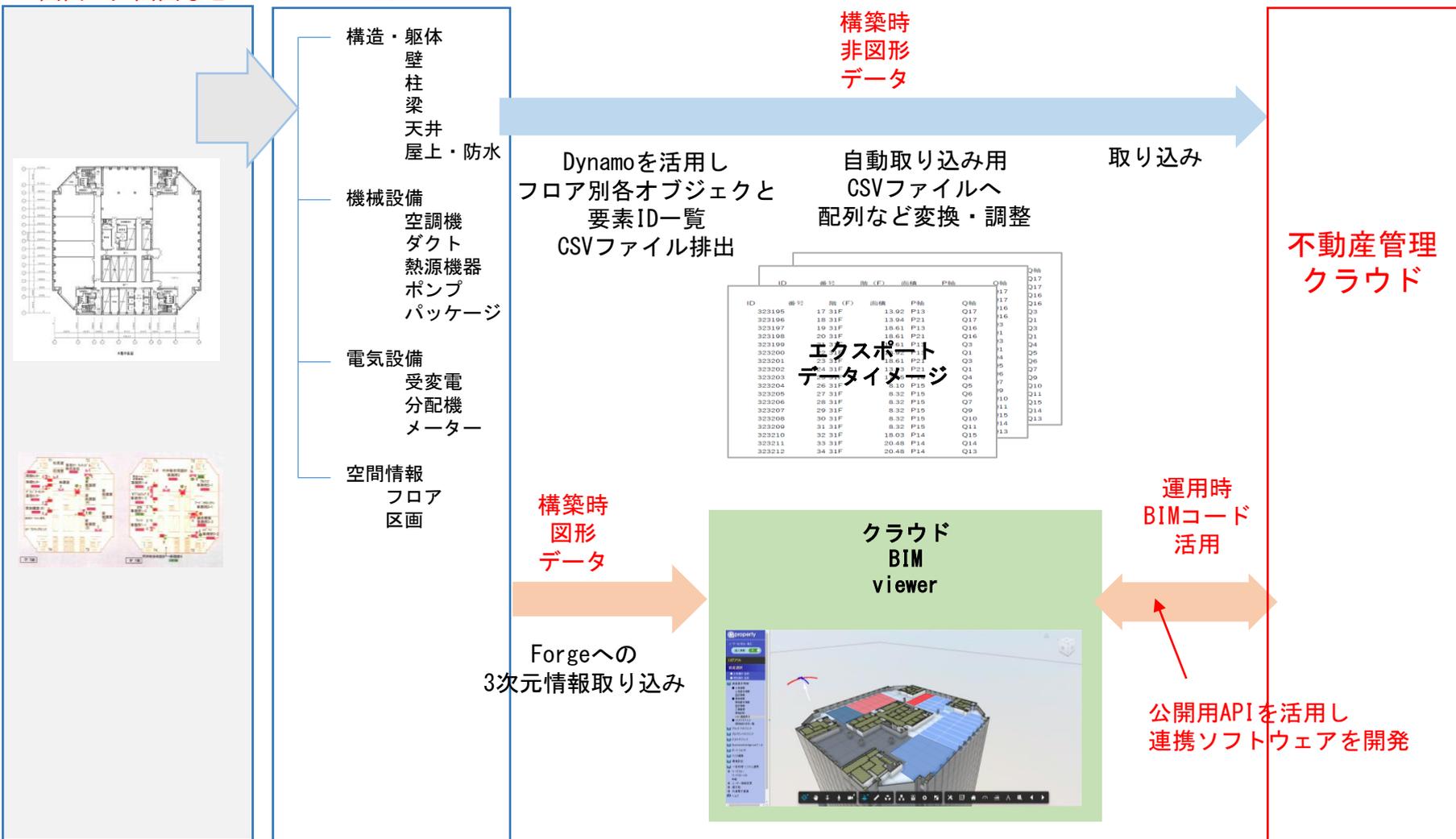
## 不動産管理に対応したBIM構築/既存情報システムとの連携

### ■実施方法、体制 BIMコード(要素ID)を活用した図形情報と非図形情報の連携

BIMで構築された空間・躯体・設備機器などのオブジェクトと、不動産管理で取り扱うテナント区画や管理対象設備機器との連携にはBIMコード(Autodesk社では要素ID)を活用。設定されたBIMコードを意識することなく双方の情報を確認可能とする。構築時の取り込み機能および運用時の連携機能については本プロジェクトにて開発

図面・区画図など

BIM

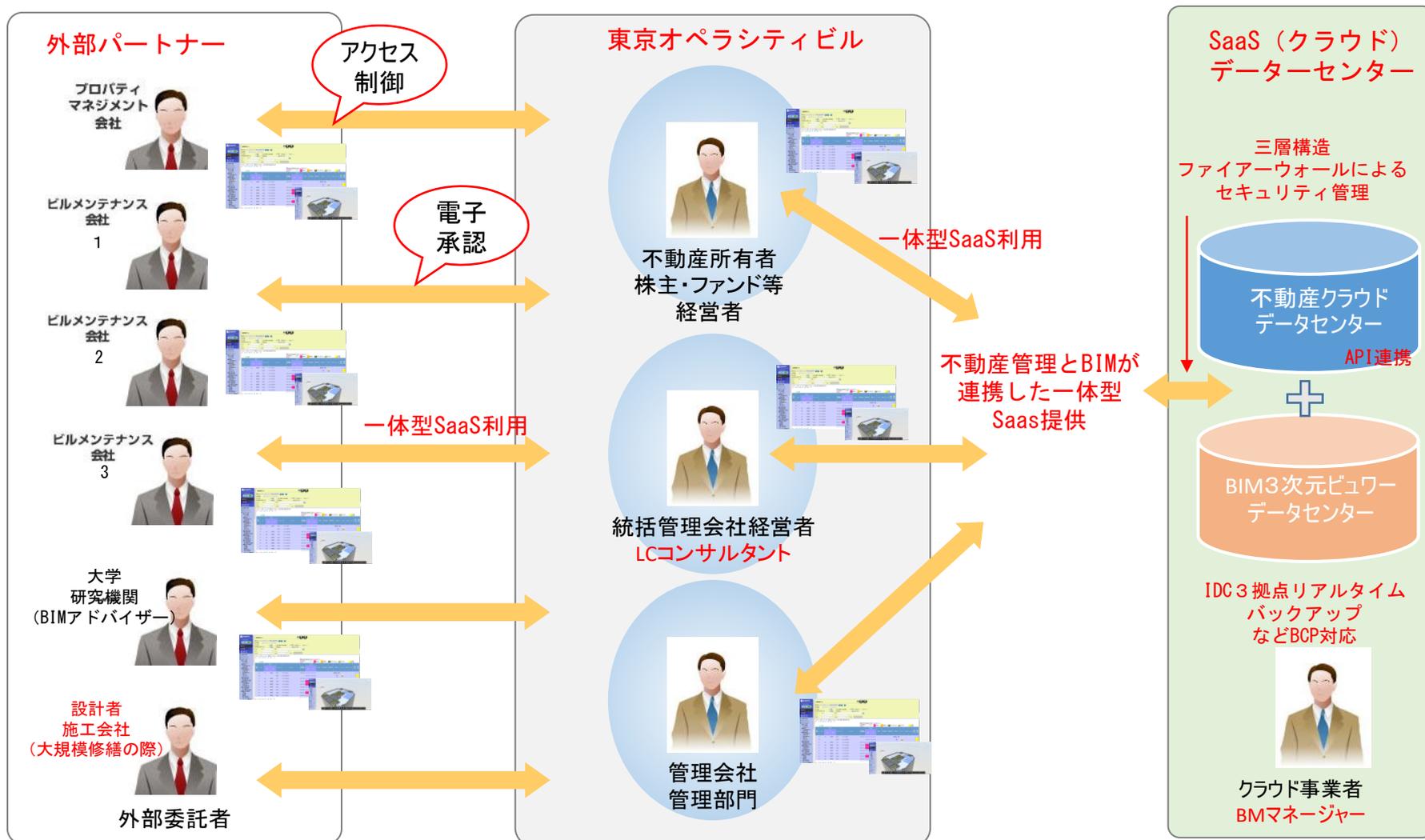


## 課題③-2

# 不動産管理に対応したBIM構築/既存情報システムとの連携 課題分析等の結果

### ■課題分析等の結果 SaaSを活用したBIMと不動産クラウドの一体運用を実施しその効果を確認

本プロジェクトでは不動産管理クラウドとBIMの連携を実施した。両システムともに同一のSaaS (Software as a Service) 上に統合するとともに、インターフェイスを不動産クラウドに統一しているため、ユーザーにおいては日常利用している不動産管理システムの中でBIM管理機能を活用することができるように工夫した。ビルオーナー、投資家、管理会社幹部および担当者、管理受託会社(複数)など多くの関係者の情報共有も促進する。



## 課題③-2

# 不動産管理に対応したBIM構築/既存情報システムとの連携 課題分析等の結果

■課題分析等の結果 SaaSを活用したBIMと不動産クラウドの一体運用を実施しその効果を確認（現場での運用確認）ビルオーナー、投資家、管理会社幹部および担当者、管理受託会社（複数）など多くの関係者がBIMと不動産管理クラウドの一体システムを利用することが可能となった。今後想定される大規模な修繕などにおいては設計会社や施工会社の参画も可能となる。

### 今後の課題

導入は完了しているが、今後は一定期間の利用のもとで操作性、導入効果などを継続検証する必要がある。また多くのユーザを想定した場合には、ITに不慣れなケースも想定されるため、教育・研修あるいはよりわかりやすいマニュアルの整備も必要である。

東京オペラシティビル  
(統括管理会社/プロパティマネージャー)

不動産管理クラウド運用風景

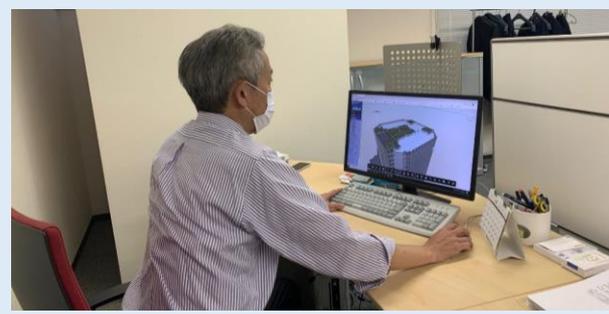


大星ビル管理  
(ビル管理会社)

不動産管理クラウド運用風景



プロパティデータバンク  
(不動産管理システム統括+BIMマネージャー)



## 課題③-3

# 不動産管理に対応したBIM構築/国際不動産面積測定基準への対応

### ■検討の方向性（検討の前提条件）

前提条件は以下となる。

- ・経済のグローバル化に伴い、多国籍企業への貸出やオフィスへの投資が増加すると考えられるが、国際不動産面積測定基準連合（IPMSC：International Property Measurement Standards Coalition）が2014年に作成した国際不動産面積測定基準（IPMS；International Property Measurement Standards）オフィス版に準拠した貸室の面積算出が求められる
  - ・IPMSに記載のある面積の算出方法のうち、BIMデータを最も詳細に作りこむ必要があるIPMS2にあるオフィスの構成要素面積を算出できるようなBIMデータの作成を目指す
  - ・IPMS2では構造体部分の面積を分けて算出する必要がある、BIMデータに記載する必要がある
- 以上を踏まえ、面積算定の基本となる構造躯体、柱、シャフトなどは正確にBIMを構築。テナント貸出区画については空間オブジェクトを設定することで対応した。

### ■課題と前提条件を踏まえた検討の実施方法、体制

不動産管理システム統括であるBIMマネージャーはIPMSを構築し世界的に普及促進している英国RICS（Royal Institution of Chartered Surveyors）のフェローの資格を有する。保有する知見や情報を活用し将来必要があればIPMSに対応できるBIMの構築方針を策定しEIRに反映することとした。

### ■課題分析等の結果

現時点ではIPMS対応を要請するテナントや投資家は顕在化していないが将来対応できるように準備しておくこととした。

表 IPMS2における構成要素面積の定義

EIR発注者情報要件に反映

構成要素	名称	主な用途の例
構成要素面積A	垂直貫通部分	階段、エレベーターシャフト、PS、EPS
構成要素面積B	構造体	構造壁、柱
構成要素面積C	機械室	空調、電気、エレベーターの機械室、メンテナンス室
構成要素面積D	衛生エリア	トイレ、SK室、更衣室、シャワールーム
構成要素面積E	廊下	廊下
構成要素面積F	利便施設	カフェ、保育所、フィットネスクラブ、礼拝室
構成要素面積G	オフィス専有部	オフィスとして貸し出される個所
構成要素面積H	そのほか	バルコニー、屋根付き通路、駐車場、倉庫

（出典）日本ビルディング協会連合会：IPMSオフィス版日本語訳、

<http://www.jboma.or.jp/wp/wp-content/uploads/2016/04/20160407194359384.pdf>, 2021/3/1閲覧

## 課題③-4

# 不動産管理に対応したBIM構築/オーダーメイド管理に対応したBIMデータの作成

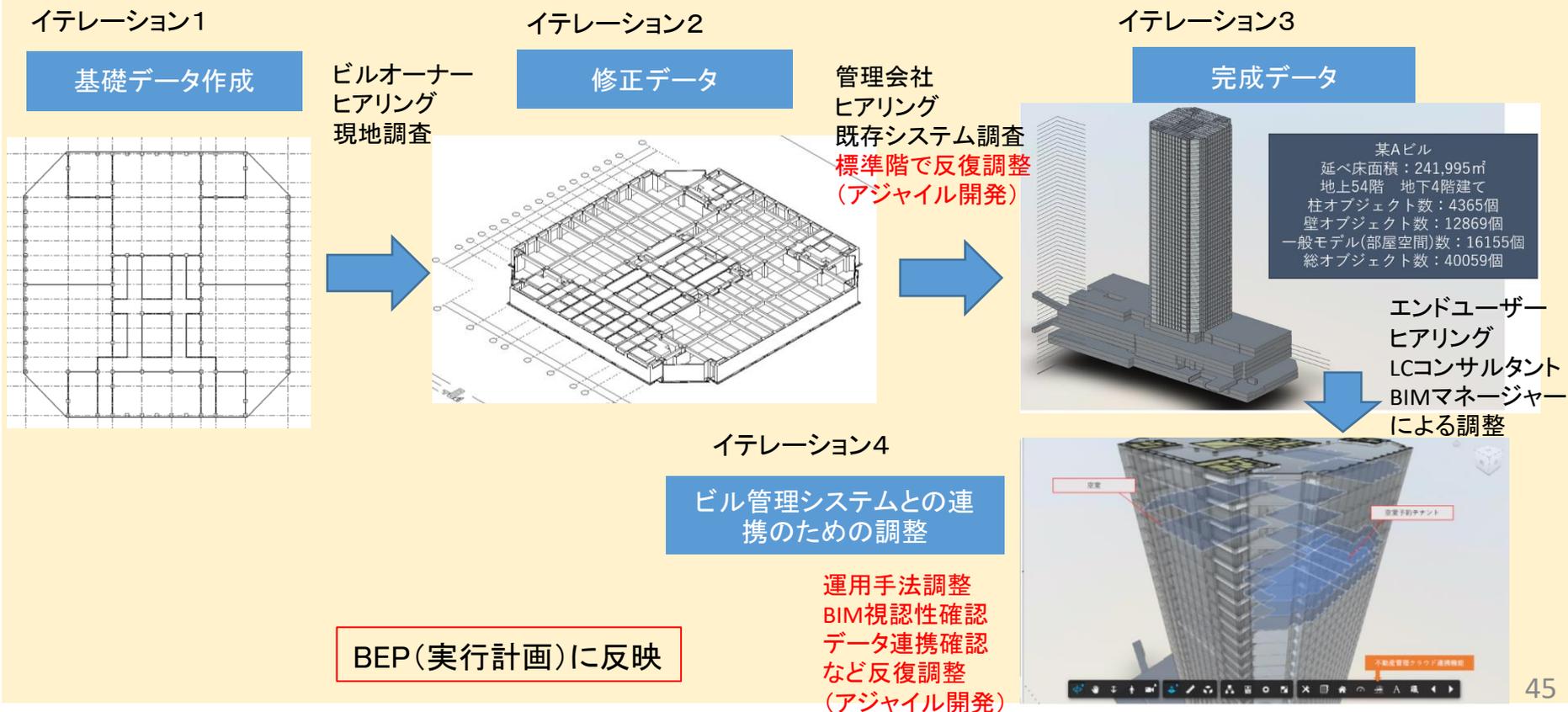
### ■検討の方向性（検討の前提条件）

前提条件は以下となる。

- ・不動産管理業務は不動産の規模や不動産所有者の運営への考え方の違いにより、管理業務における実施内容が多様化しやすい
- ・基本的な建物形状のようなオフィス・ビルで共通して入力すべき基礎データと、それぞれのオフィス・ビルごとに出てくるBIMデータの利用方法に対応するためのオーダーメイド部分を整理して、業務フローを作成する必要がある

### ■課題と前提条件を踏まえた検討の実施方法、体制

標準階BIM構築時にLCコンサルタント参加のもと管理会社、不動産管理システムベンダーのヒアリングを実施し、アジャイル開発の考え方で反復調整(イテレーション)を実施した。その後全フロアに展開した後も不動産管理システムとの連携について操作性、運用方法、BIMの視認性などの観点で反復調整(イテレーション)を実施し最適なBIM運用を目指した。

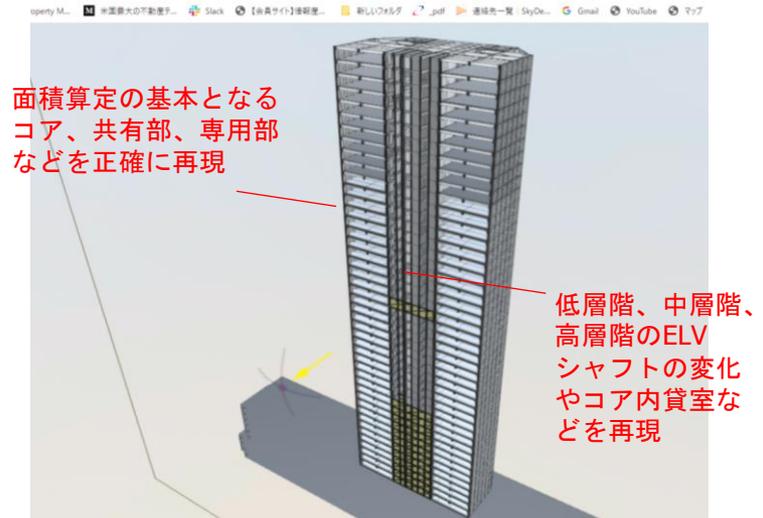
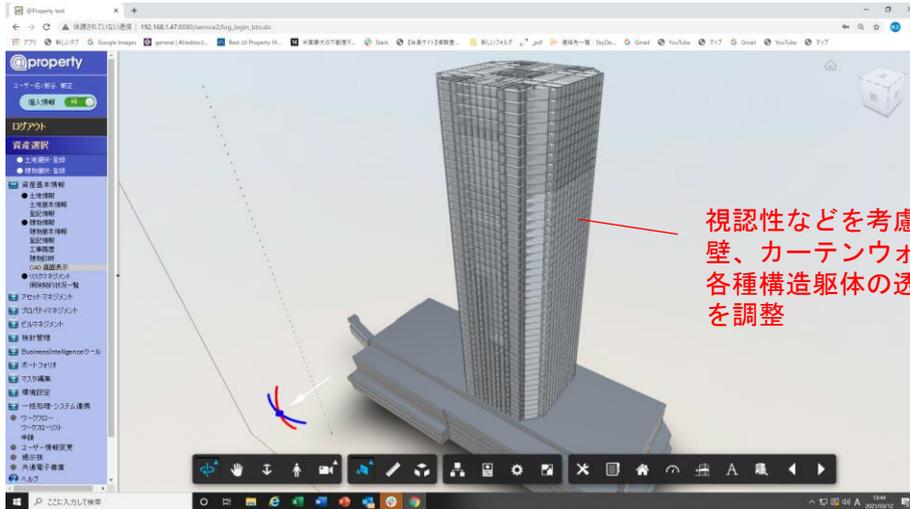


## 課題③-4

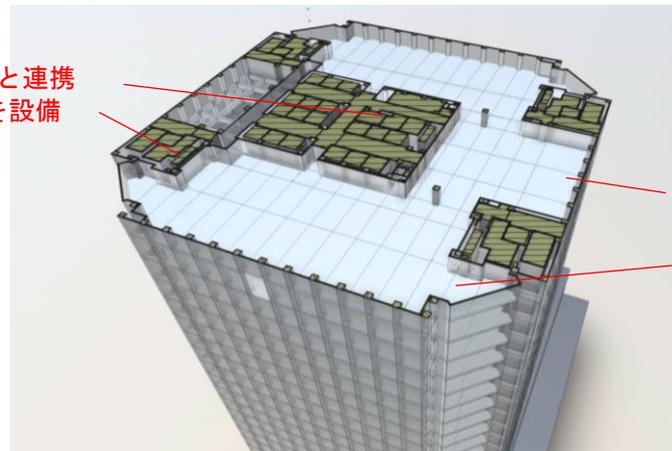
# 不動産管理に対応したBIM構築/オーダーメイド管理に対応したBIMデータの作成 課題分析等の結果

### ■課題分析等の結果

既存超高層施設の主要部分(オフィス棟)のBIMを構築。不動産管理のニーズに対応するとともに不動産管理システムやBEMSとの連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施。



BEMSや不動産管理クラウドと連携する設備機器や計量メータを設備モデルとして設定



### 今後の課題)

統括管理会社や現場を担当するビル管理会社などにおける要望や評価をフィードバックして、さらに修正や改良を加える必要がある。特に3次元上の視認性や操作性は継続検討課題とした。

# R3年度 報告

---

### 〔設定した検討課題〕

#### 検討課題(昨年度からの継続)

対象施設が既存・超高層施設である点や、今年度も低層部分(商業施設や共有施設)のBIM構築を実施することなどから、以下を継続課題と設定し検討することとした。

#### 課題① 大規模既存施設のBIM構築手法検討

#### ■検討にあたっての前提条件

当該施設は超高層大規模施設(延床面積242,544㎡)となるため、全体のBIM構築には多大な労力と期間が必要。ある程度のBIMの品質を維持しつつも効率的な構築手法の検討が必要。

#### ■検討の方向性

本プロジェクトでは対象部位、構造物、設備および空間の特性に合わせてオブジェクトを分類。BIMとして正確に構築するオブジェクトとモデル化するオブジェクトに分類し効率の良いBIM構築手法を選択した。また、1フロアやゾーン(部分)で反復検討後、全施設に展開することとした。

#### ■前提条件を踏まえた検討の実施方法、体制

BIM構築にあたっては各オブジェクトの空間特性や活用目的に対応し、以下の3分類を設定し取り組んだ。

不変オブジェクト →BIMとしてある程度正確に入力(LOD200程度)  
主に構造躯体などがこれに該当する。運営上必要となる面積の算定や大規模な設備更新などに活用する観点から正確に寸法および位置を反映する。また、建物内ではEVシャフトやパイプスペース・耐力壁・共有部内壁などもこれに該当する。

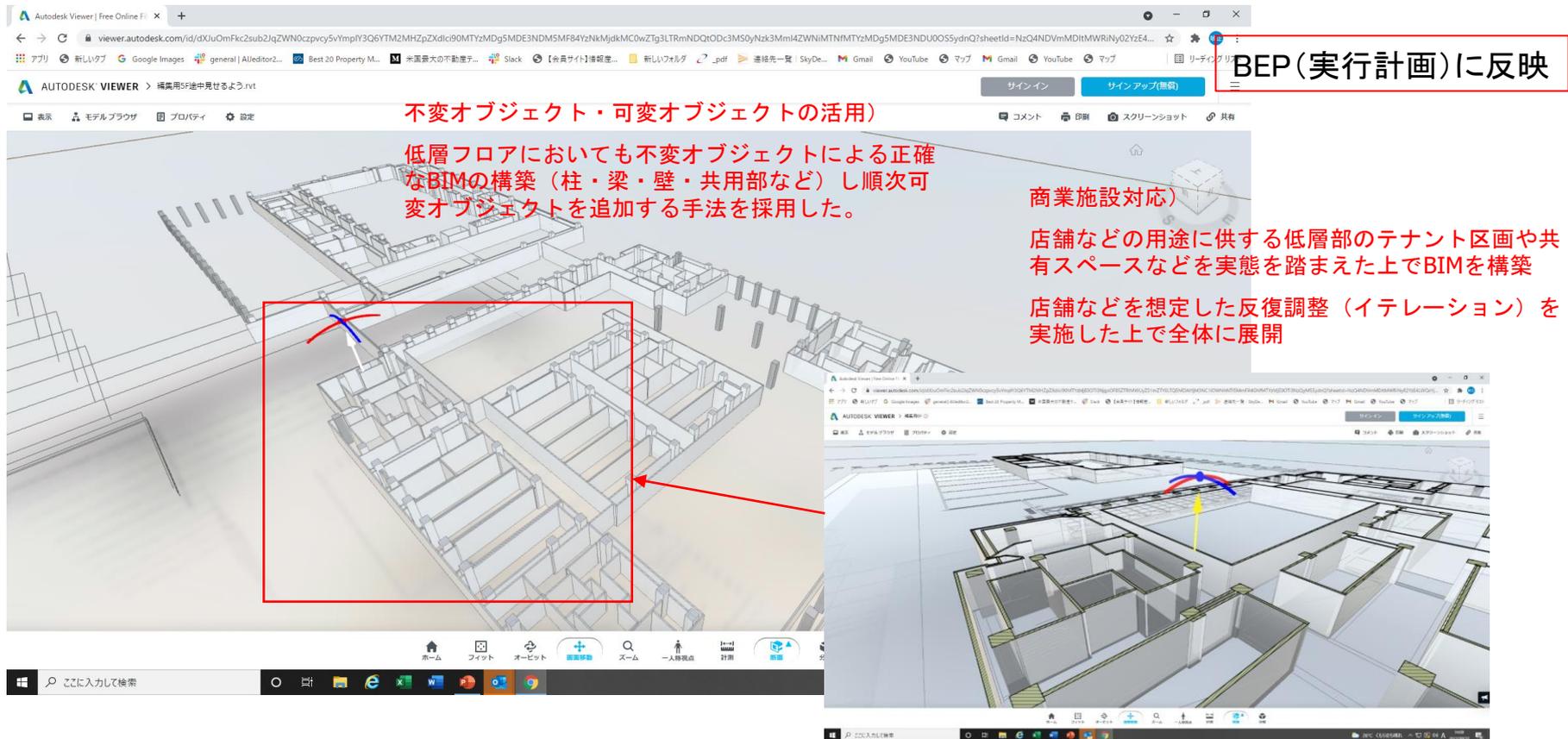
可変オブジェクト →モデル化するか空間として入力(モデル化するが寸法や位置は正確に入力する)  
日常の運営管理において変化するものをこれに分類する。主に賃貸スペースの間仕切壁、専有部分がこれに該当する。

半不変オブジェクト →モデル化して入力定期的に更新する設備や共用部の壁など。

# 課題① 既存大規模施設のBIM構築手法検討

## ■課題と前提条件を踏まえた検討の実施方法、体制（超高層BIMの構築手順）

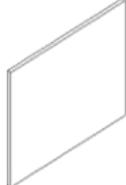
高層棟と同様に、最新の図面及びCADを活用し、不変オブジェクトに相当する柱・梁・壁および共用部諸室についてBIMを構築。その後、順次可変オブジェクトを追加する手法を採用。ただし、高層棟とは異なり標準階は存在しないので、店舗区画などが比較的多いゾーンにおいて反復調整（イテレーション）を実施し不変オブジェクトの正確性や求積性能などを確認の上、低層部全体に展開した。コアの位置、形状の変化、吹き抜け、ロビーなど共用スペースのフロアによる変化などを検証し正確にBIMに反映した。結果として、2から3人のチームで準備作業および標準階事前検証に1か月、全フロア展開に同様のチームで1か月程度の作業で構築を完了することができた。

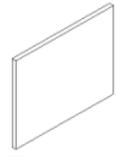
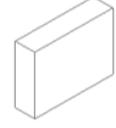


# 検討する課題② 既存大規模施設のBIM構築手法検討

以上の結果を踏まえ本プロジェクトで活用したBIM構築の際のLOD一覧は以下となる。

資料2より

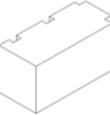
分類	ファミリー	タイプ	LOD/用途	作例	その他
通り芯					
	高層階柱	745 x 745mm	LOD: 200 正確な直径で作成すること		
	低層階角柱	390×600 400×400 400×600 480×480 500×500 500×800 500×400 517×517 520×655 520×520 520×520 570×570 600×600 600×680 他 250 種類	LOD: 200 正確な直径で作成すること		
	低層階 M_円柱	直径 1400 mm 直径 1010 mm 直径 1000 mm 直径 1300 mm 直径 1270 mm 直径 1170 mm 直径 1230 mm 直径 1210 mm 直径 1200 mm	LOD: 200 正確な直径で作成すること		
	壁高層階	一般 - 130 mm 内壁 - 135 mm 間仕切り (2 時間) 一般 - 350 mm 一般 - 400 mm 一般 - 200 mm 一般 - 445 mm 一般 - 450 mm 他 139 種類	LOD: 200 正確な壁厚で作成すること		

	壁低層階	一般 - 350 mm 一般 - 400 mm 一般 - 200 mm 一般 - 445 mm 一般 - 450 mm 他 140 種類	LOD: 200 正確な壁厚で作成すること		
	メーター		LOD: 200 正確な位置に設置することに加え、遠景から見える大きさとする		
	AHU		LOD: 200 正確な位置に設置することに加え、遠景から見える大きさとする		
	FCU		LOD: 200 正確な位置に設置することに加え、遠景から見える大きさとする		
	AC		LOD: 200 正確な位置に設置することに加え、遠景から見える大きさとする		
部位	床		LOD: 200 内部を閲覧する際に歩行者のオブジェクトが歩行できるようにする。 Revit 上でのモデル: 一般モデル使用		ウォークスルー時に歩行が可能なモデルとする
空間	居室 (床下)		LOD: 200 床下の空間の厚みがわかるように	床と兼用	ウォークスルー時に歩行が可能なモデル

# 課題① 既存大規模施設のBIM構築手法検討

本プロジェクトで構築したBIMの図面、アウトライン、分類別のBIMデータは以下となる。

資料2より

空間	居室		<p>する</p> <p>LOD: 200 内法天井高さで表現する。</p> <p>Revit 上でのモデル： 部屋機能で作成</p>		<p>とする。</p> <p>ウォークスルーで閲覧するため、非表示。</p>
空間	居室 (天井裏)		<p>LOD: 200 天井裏の空間の厚みがわかるようにする。</p> <p>Revit 上でのモデル： エリア機能で作成</p>		<p>ウォークスルーで閲覧するため、非表示。</p>
空間	共用部		<p>LOD: 200 Revit 上でのモデル： 一般モデル</p>		
	共用部		<p>LOD: 200 Revit 上でのモデル： 一般モデル</p>		<p>共用部にある居室を表現する。</p>
空間	EV		<p>LOD: 100 各階で分割して作成する。</p> <p>Revit 上でのモデル： 一般モデル</p>		<p>エレベータ空間の形状を描く。</p>
空間	階段室		<p>LOD: 100 階段室の大きさがわかるように作成する。</p> <p>Revit 上でのモデル： 一般モデル</p>		

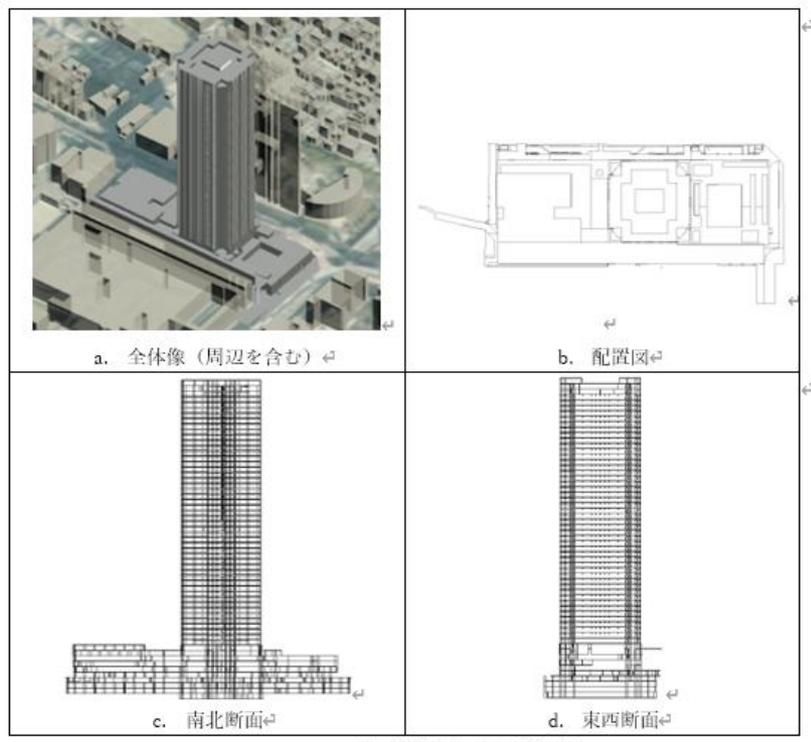


図 BIMデータの全体像

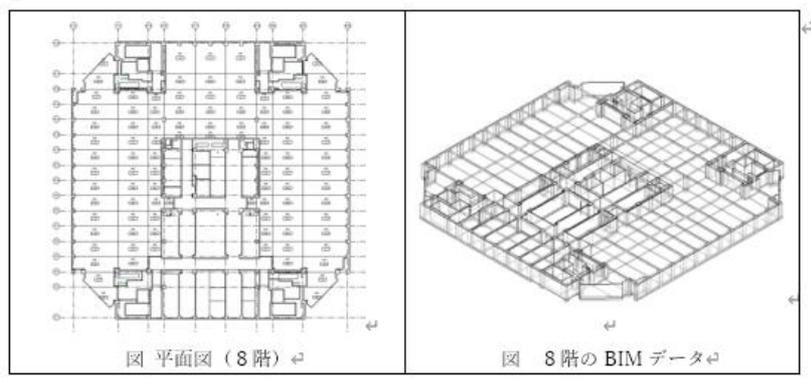
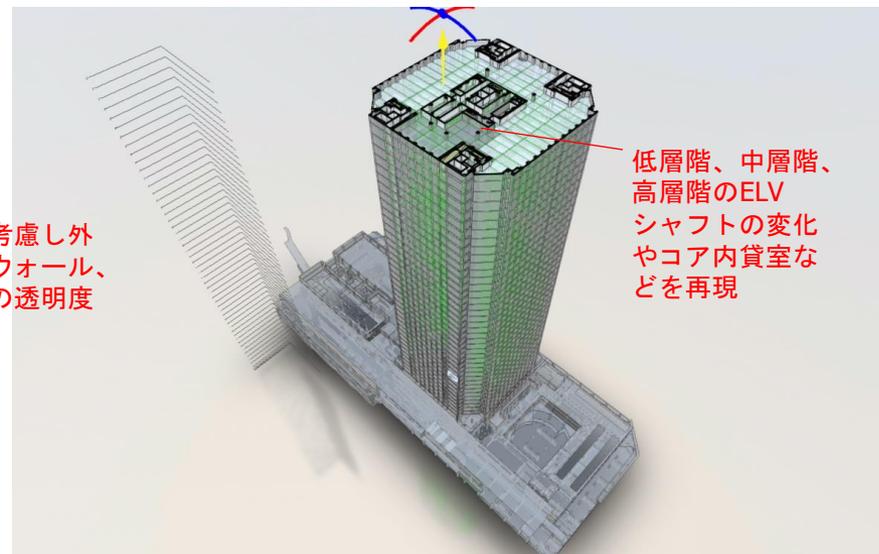
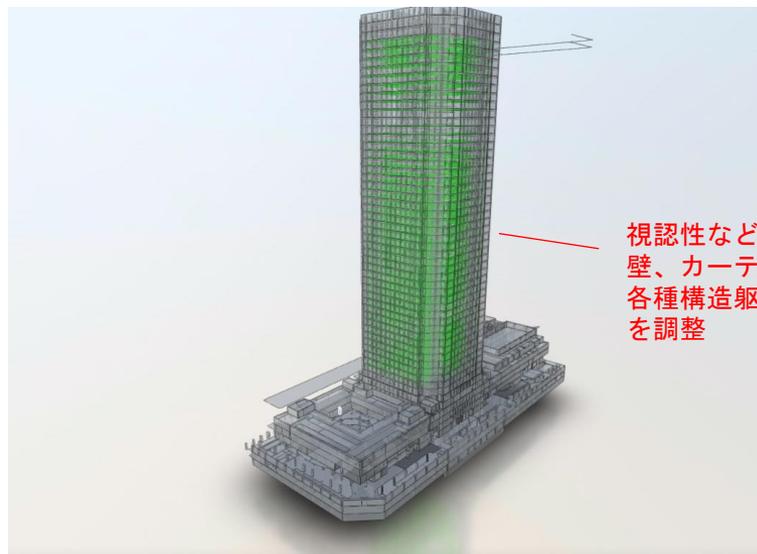


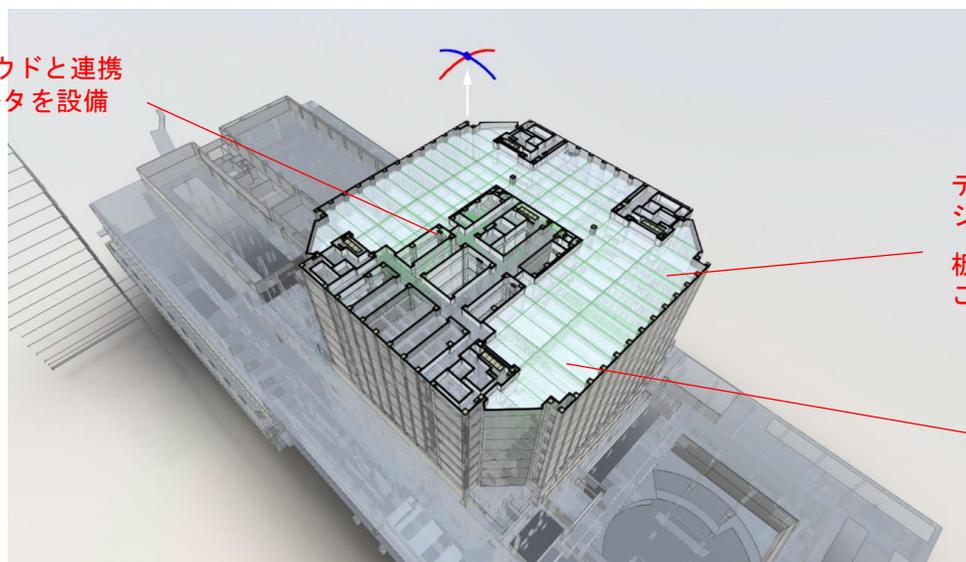
図 平面図 (8階)

図 8階の BIM データ

R2年度においては既存超高層施設の主要部分(オフィス棟)のBIMを構築した。不動産管理のニーズに対応するとともに不動産管理システムやBEMSとの連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施している。

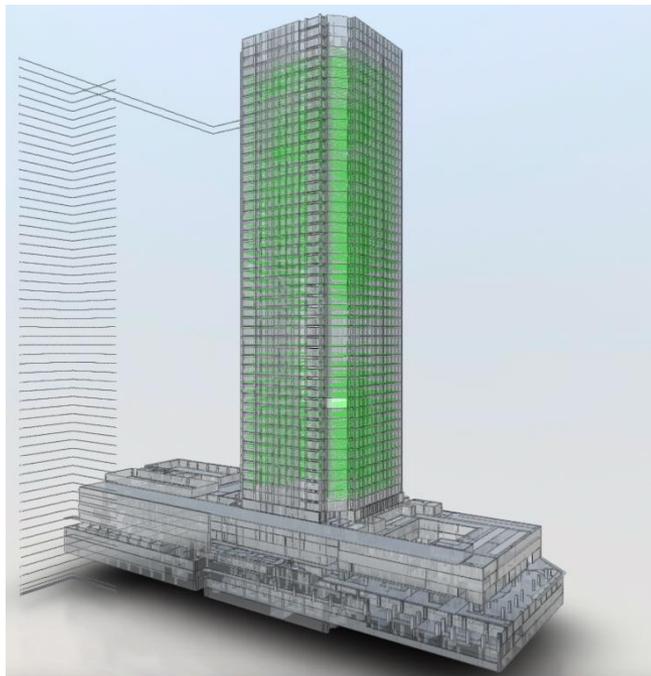


BEMSや不動産管理クラウドと連携する設備機器や計量メータを設備モデルとして設定

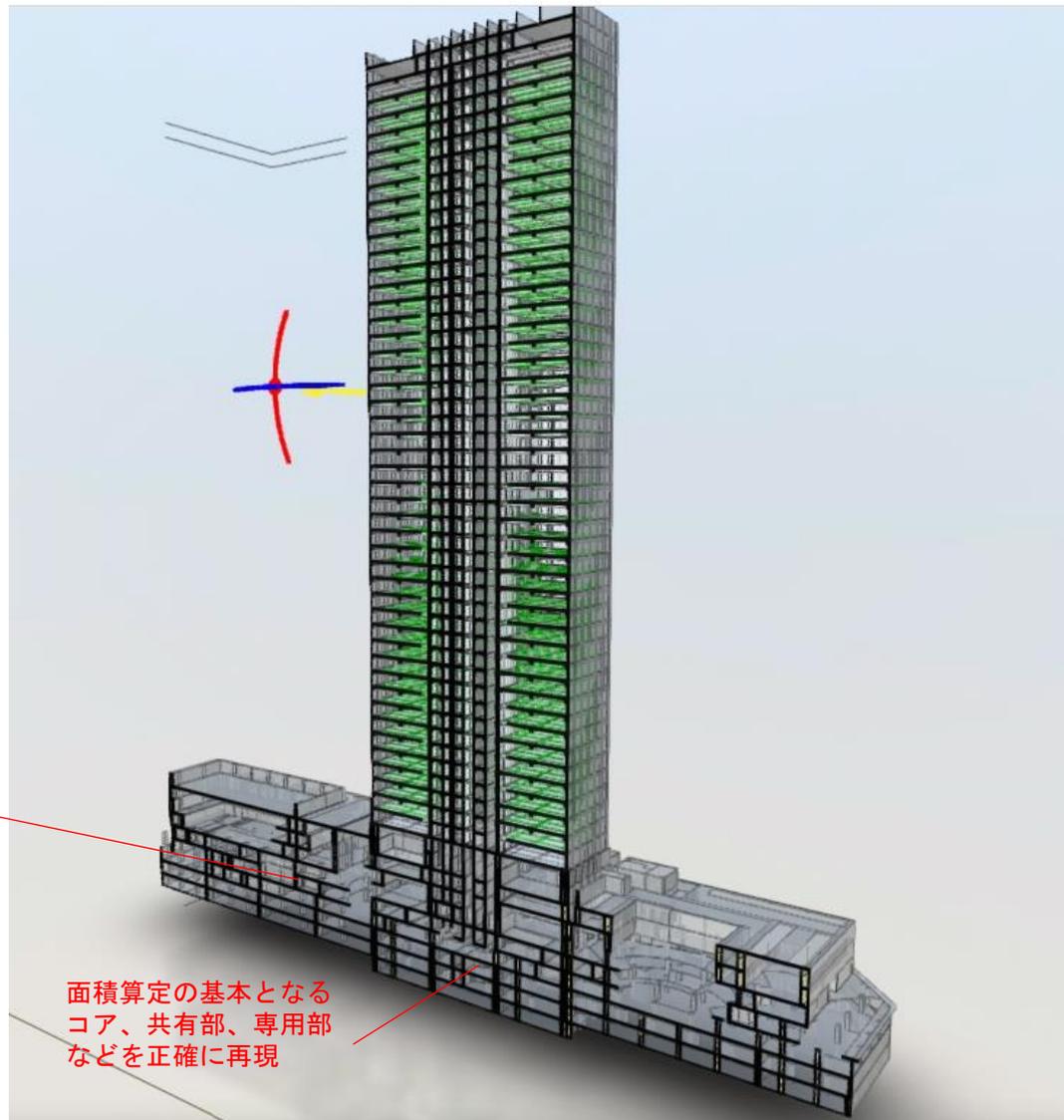


■課題分析等の結果

既存超高層施設の低層部分(主に共有施設と商業施設)のBIMを構築。商業施設を対象とした不動産管理のニーズに対応するとともに不動産管理システムやBEMSとの連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施。



BEMSや不動産管理クラウドと連携する設備機器や計量メータを設備モデルとして設定



面積算定の基本となるコア、共有部、専用部などを正確に再現

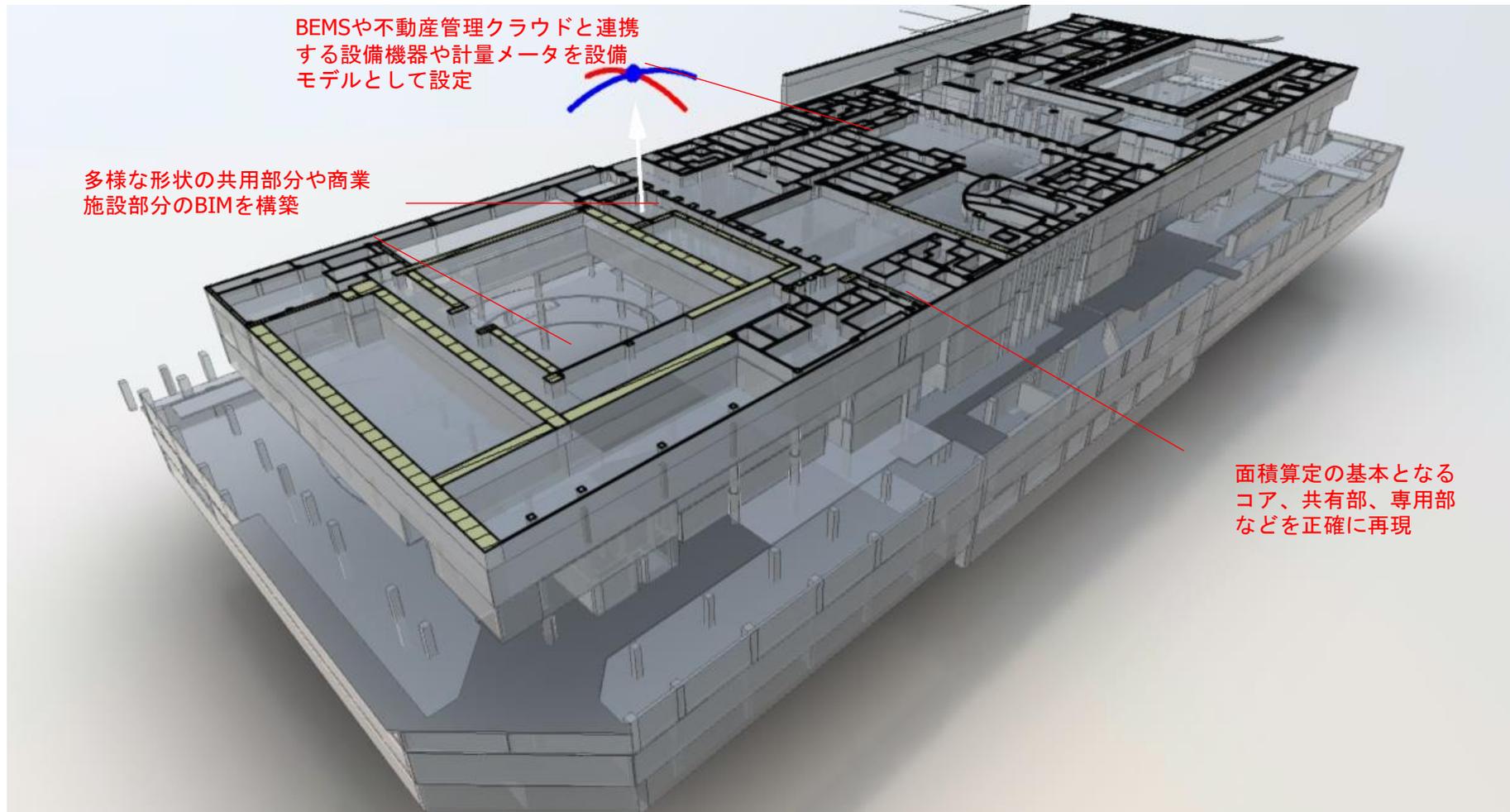
■課題分析等の結果

既存超高層施設の低層部分(主に共有施設と商業施設)のBIMを構築。商業施設および様々な共有部分の不動産管理ニーズに対応するとともに。連携する不動産管理システムやBEMSとの連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施。

BEMSや不動産管理クラウドと連携する設備機器や計量メータを設備モデルとして設定

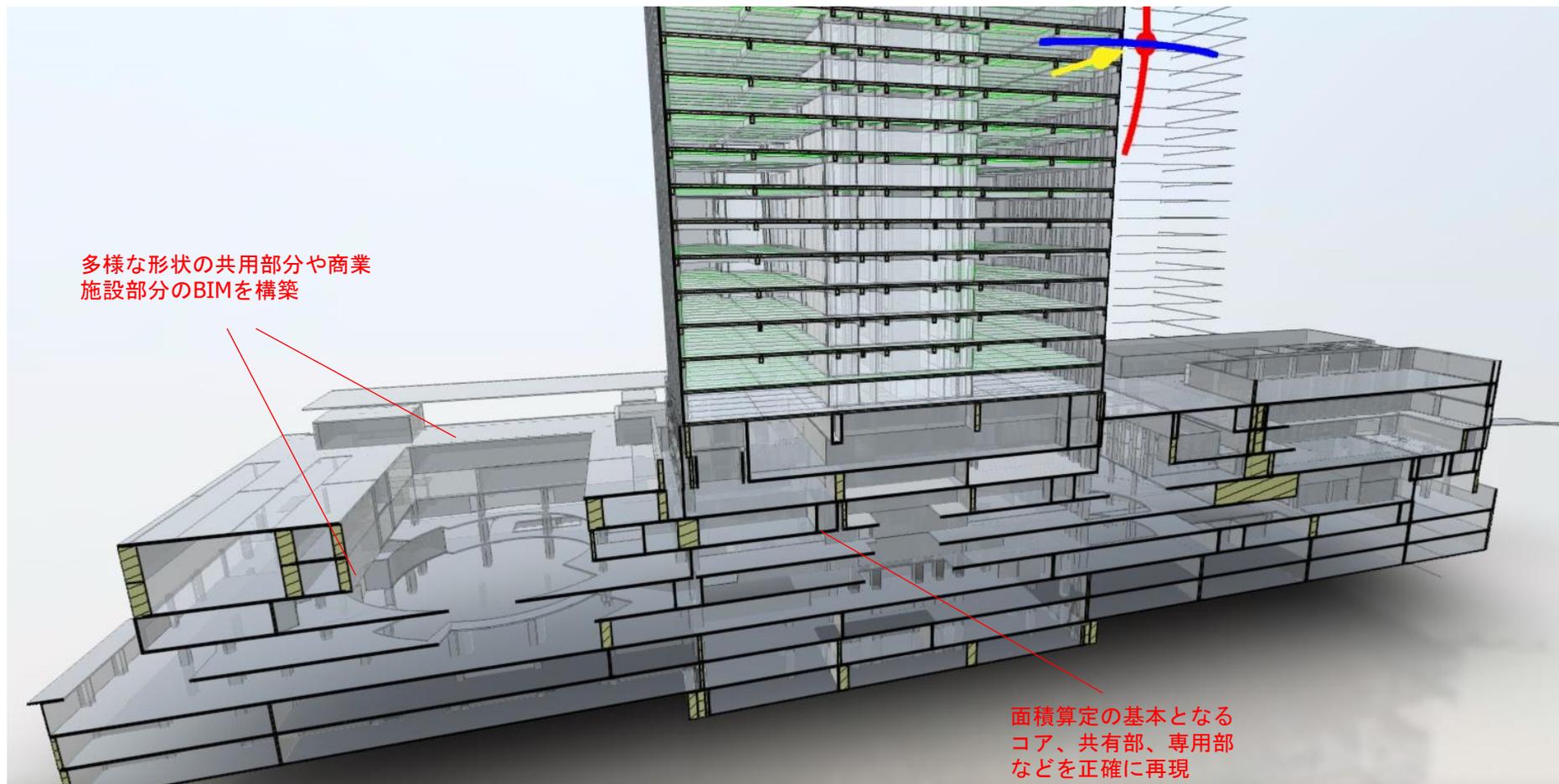
多様な形状の共用部分や商業施設部分のBIMを構築

面積算定の基本となるコア、共有部、専用部などを正確に再現



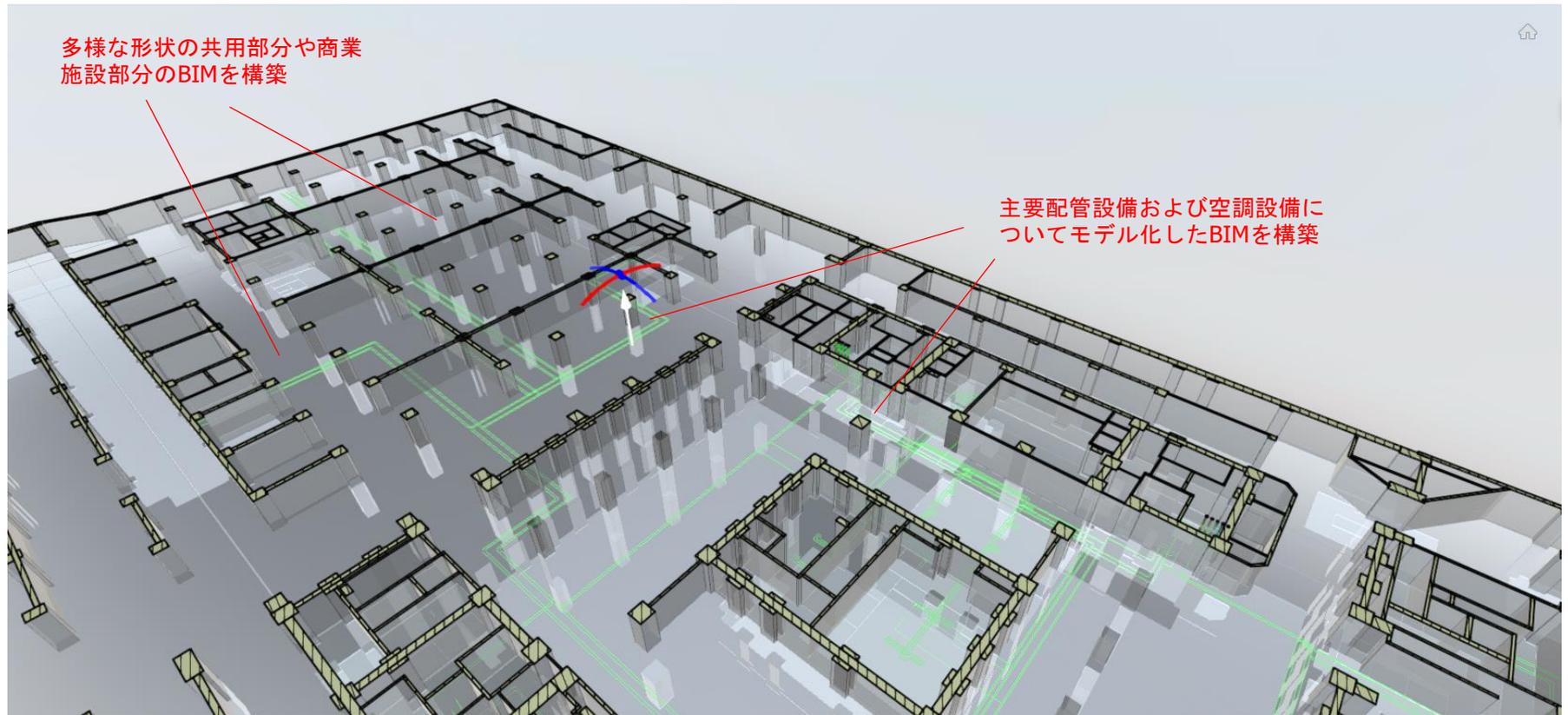
■課題分析等の結果

既存超高層施設の低層部分(主に共有施設と商業施設)のBIMを構築。多様な空間や形状をもつ低層部分の不動産管理ニーズに対応するとともに不動産管理システムやBEMSとの連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施。



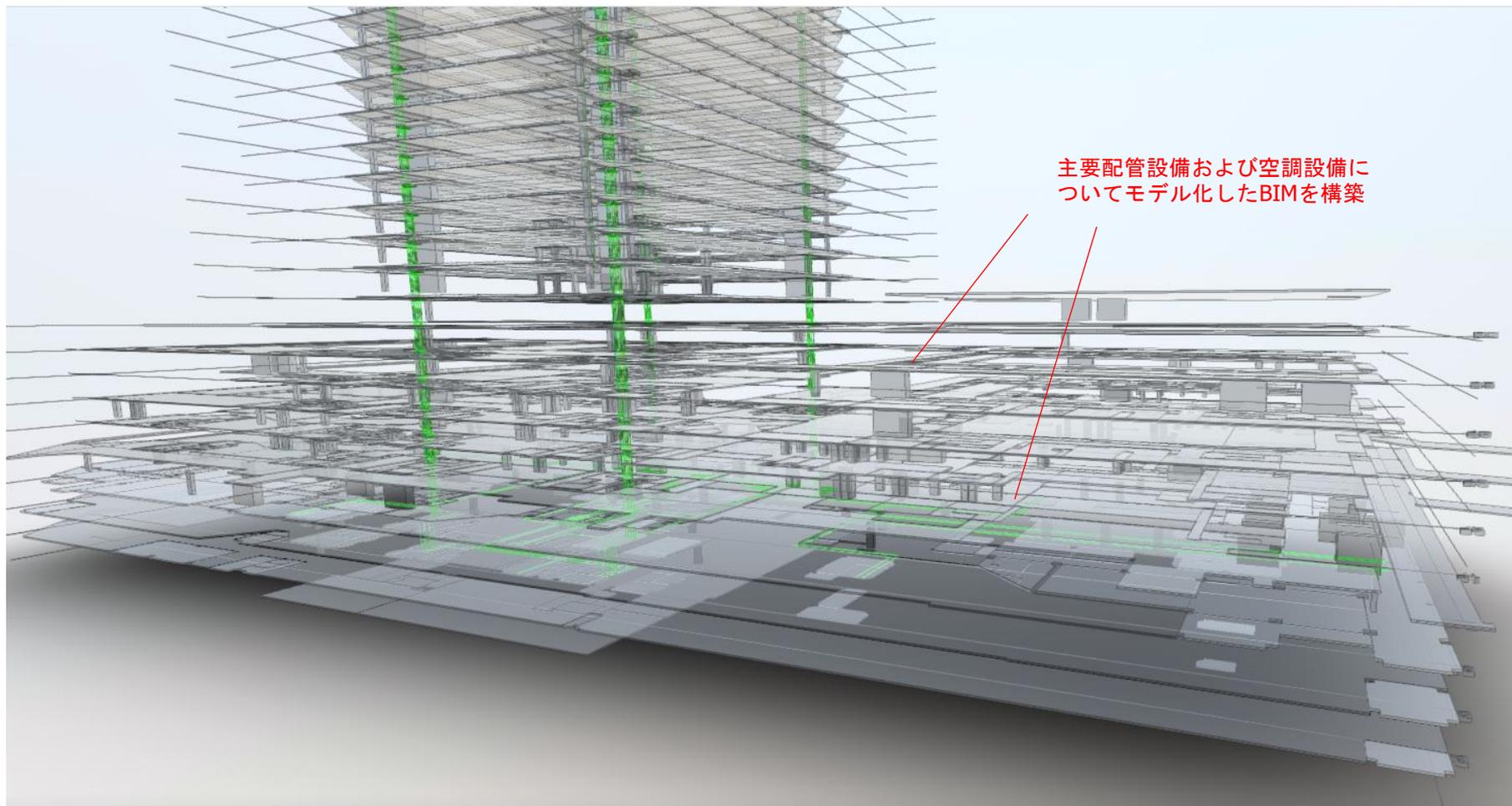
■課題分析等の結果

既存超高層施設の低層部分(主に共有施設と商業施設)のBIMを構築。多様な空間や形状をもつ低層部分の不動産管理ニーズに対応するとともに不動産管理システムやBEMSとの連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施。



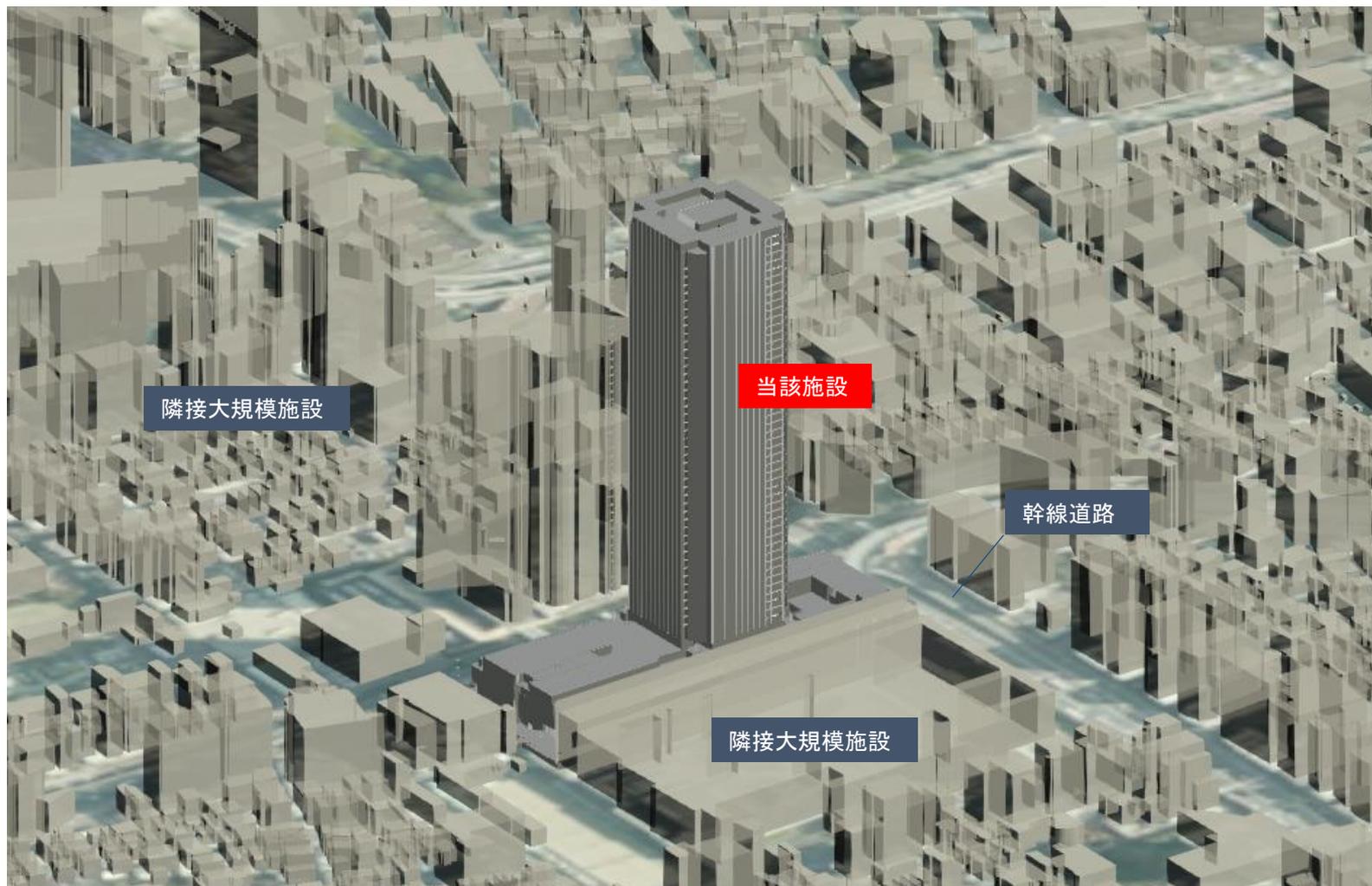
■課題分析等の結果

既存超高層施設の低層部分(主に共有施設と商業施設)のBIMを構築。多様な空間や形状をもつ低層部分の不動産管理ニーズに対応するとともに不動産管理システムやBEMSとの連携や実際の視認性などを配慮した調整を実施。



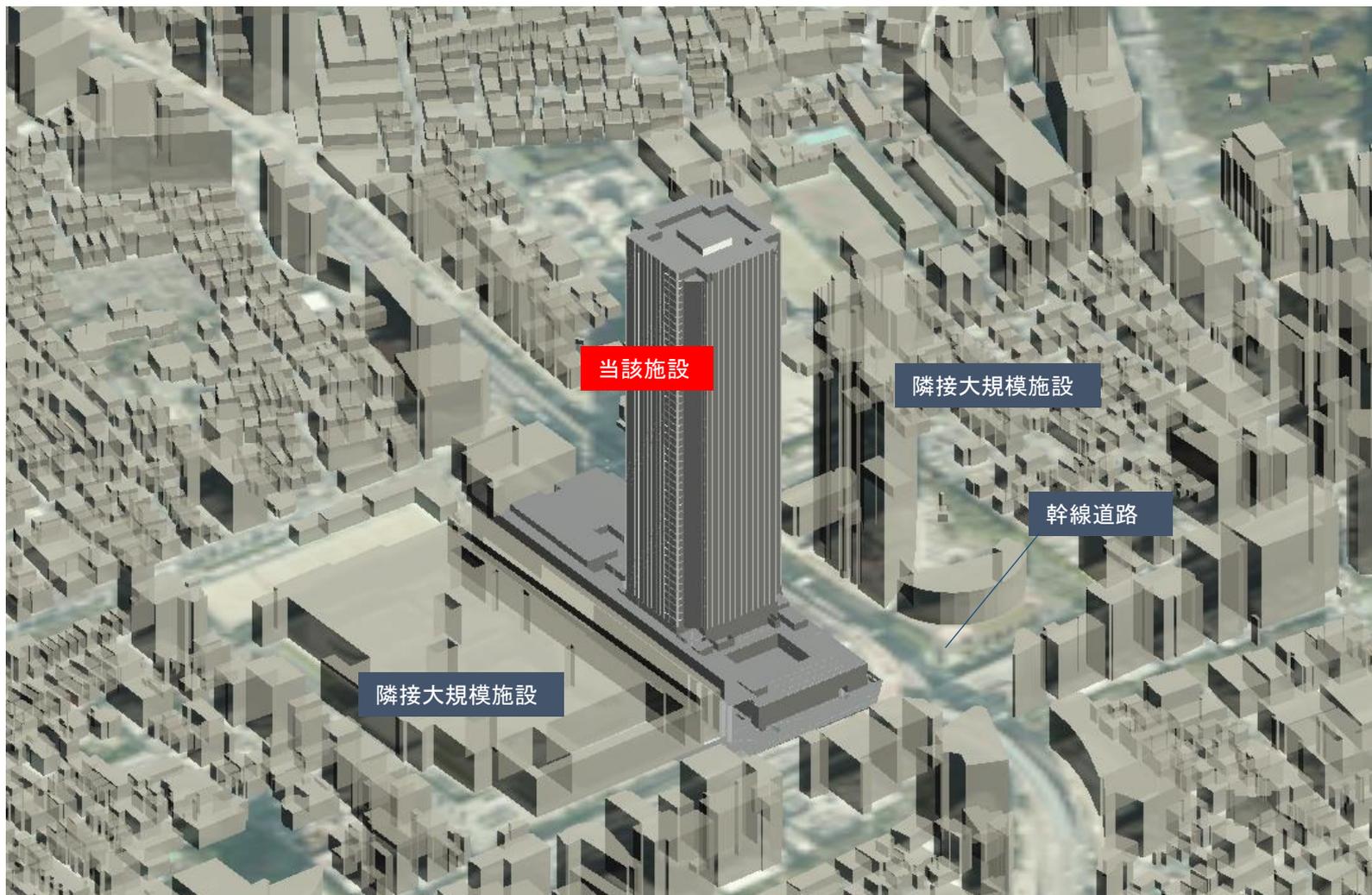
■課題分析等の結果

大規模施設のBIMであるため構築された全体像については都市レベルでの確認も重要である。国土交通省が推進する日本全国の3D都市モデルの整備・オープンデータ化プロジェクト「PLATEAU」のOBJ形式データを活用し、構築されたBIMデータの都市情報レベルにおける外観確認を実施した。隣接する大規模施設や幹線道路との位置関係などを構築されたBIMの規模や位置関係について確認した。



■課題分析等の結果

大規模施設のBIMであるため構築された全体像については都市レベルでの確認も重要である。国土交通省が推進する日本全国の3D都市モデルの整備・オープンデータ化プロジェクト「PLATEAU」のOBJ形式データを活用し、構築されたBIMデータの都市情報レベルにおける外観確認を実施した。隣接する大規模施設や幹線道路との位置関係などを構築されたBIMの規模や位置関係について確認した。



# 設定した「分析する課題」と検討の方向性

令和3年度実施

## 〔設定した分析する課題〕

### 検討課題(令和3年度実施)

**課題a.** 修繕工事における図面情報の共有化と履歴管理の方法において、クラウド化した不動産管理システムとBIM情報をどの程度連動させるかという課題

**課題b.** BIMを活用したプラットフォームを資産管理データ(工事实績情報)とBIM上の情報をどのように連動させるかという課題

## ■検討の前提条件

修繕工事は経費的支出と資本的支出に分類される。経費的支出(小修繕など)は件数が多く日常的に対応している。当該施設においては不具合やクレーム情報に加え小修繕についても竣工時よりソフトウェアで管理されており過去の履歴のDBが構築されている。一方、資本的支出は件数は少ないが一件あたりの金額が大きく固定資産計上の基礎となるため長期修繕計画などと連携している。実際に予算化し工事を実施するにあたっては現状の発生不具合や点検結果などを考慮している。現状では一連の情報管理は書類や図面が中心となっている。

それぞれの現状や特性を分析するとともに、**現状の管理手法に対応した連携手法や範囲、粒度を設定**する。

## ■検討の方向性・実施方法・体制

### 課題a. b

有識者として早稲田大学の参画のもと、ライフサイクルコンサルタントとBIMマネージャが連携しながら以下の業務を推進。現状調査およびデータ分析については早稲田大学にて実施。

- ①資本的支出および経費的支出(小規模修繕やメンテナンス)について、**実施状況の現状把握と各工事履歴の分析を実施**。
- ②修繕工事の企画・実施・完了から固定資産計上までのワークフローにおけるBIMと不動産管理システムの連携すべき範囲や粒度を検討する。
- ③令和2年度同様に**一体システムを構築し試運用を実施**するとともに、省力化効果などを検証する。
- ④不動産管理でBIMを活用するイメージを具現化し、それを実現するためのEIRを策定する。その効果を検証するとともに、不動産オーナーや管理者が効果的にBIMを活用するために必要なスキルや手法などについて検証する。

# 課題a. 修繕工事における図面情報の共有化と履歴管理の方法について、クラウド化した管理システムとBIM情報をどの程度連動させDB化するかという課題

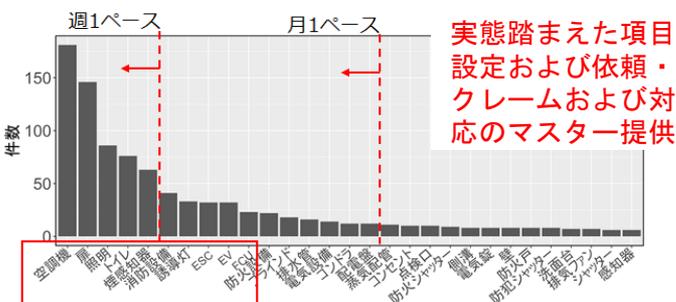
## ■課題分析等の結果

過去の経費的支出(小規模修繕やメンテナンス)について、事前の実態調査を実施。修繕工事の発端となる依頼事項やクレームの実態を調査するとともに、対応した小修繕などの内容や範囲あるいは対象となる空間や部屋の粒度や単位などを整理した。調査結果を活用して不動産管理システムの依頼・クレーム事項のマスターや対象となる空間や室の(空間マスター)として活用するとともに、その設定された空間マスターの単位でBIM連携を実装した。

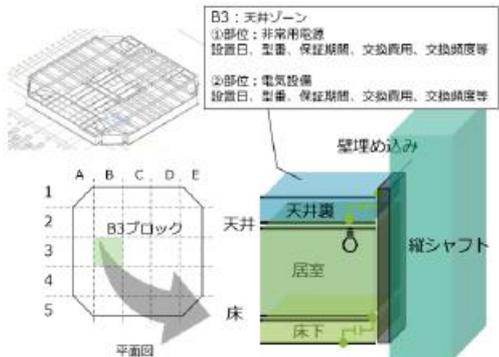
### 試行錯誤した点)

従前の管理システムや履歴データなどを調査することにより、BIM活用の対象となる修繕工事の種類や規模あるいは粒度や管理状況などを把握することができる。早稲田大学の約1年間にわたる基礎調査(資料3)により、効果的な工事項目や属性情報あるいは管理に必要となるLODなどを把握することができたためそれを活用している。

小修繕の実態に関する分析結果



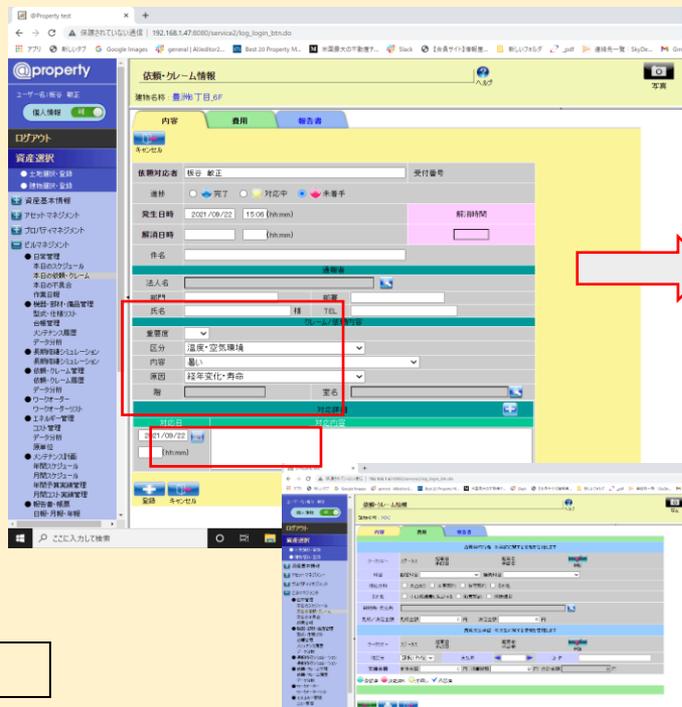
小修繕のBIM化検討イメージ



資料3より

実態を踏まえた空間・室名の粒度や単位を想定しBIM連携することとした

不動産管理システムにおける依頼クレームおよび対応小修繕の管理インターフェイス



BEP(実行計画)に反映

メンテナンス履歴分析



大量のメンテナンス履歴をその原因、対応詳細、コストなどの観点で分析

# 課題a. 修繕工事における図面情報の共有化と履歴管理の方法について、クラウド化した管理システムとBIM情報をどの程度連動させDB化するかという課題

## ■課題分析等の結果

- ・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などを検証。
- ・不具合対応や定期的なメンテナンスなど修繕工事の企画・実施・完了までのワークフローの各段階において、情報集約・作成にかかわる業務量(人・日)の削減を検証する。例として図面情報検索や現地調査業務の軽減、工事内訳書の数量精度の向上等の効果等が期待できる。

### 👉 一体システムの試行イメージ

BEP(実行計画)に反映

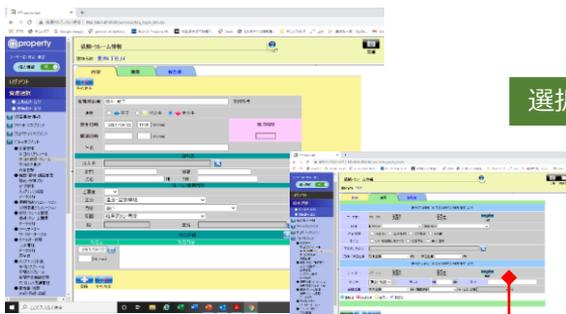
依頼・クレーム対応

依頼・クレーム対応の履歴管理

不動産管理クラウド

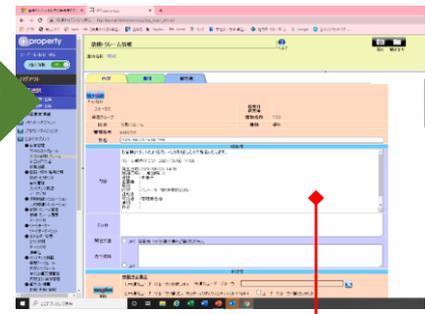
#### 依頼・クレーム管理

テナントや管理会社からの要望やクレーム事項をリアルタイムにDBに登録。完了までフォローする。



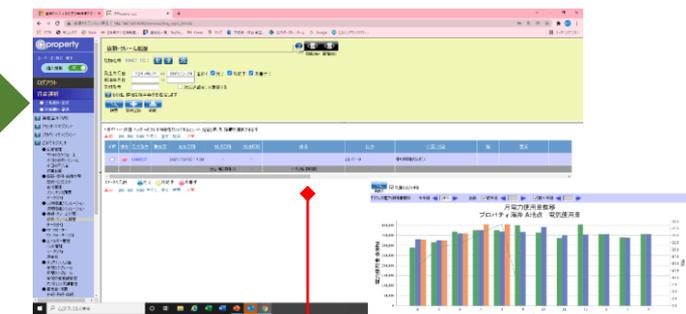
#### 対応管理および完了報告

対応が完了した場合はオーナーを含む関係者へ報告を実施する。必要があれば修繕を提案。



#### 実施状況・詳細情報確認

過去のクレームおよび対応内容や実施した工事の実施状況については継続的にDBにて管理する。定期的に分析や報告を実施。

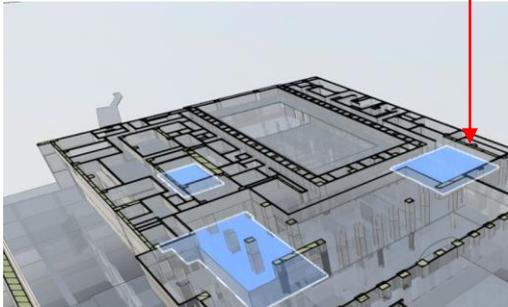


選択

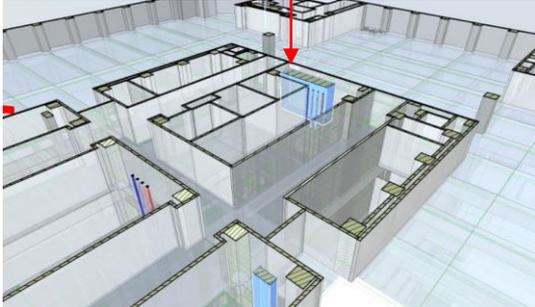
実施

BIM

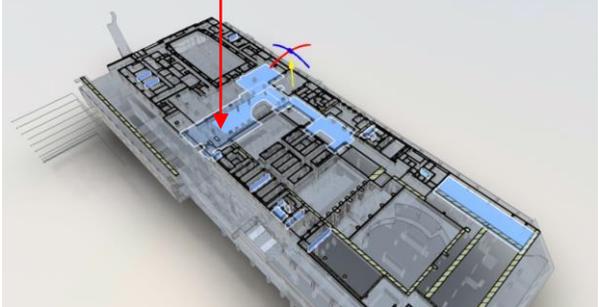
#### 対象区画・ゾーン確認



#### 対応工事確認



#### 実施工事の確認



# 課題a. 修繕工事における図面情報の共有化と履歴管理の方法について、クラウド化した管理システムとBIM情報をどの程度連動させDB化するかという課題

## ■課題分析等の結果

・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果や視認性などを検証。

**BIMを活用した一定期間の小修繕実施個所の確認（イメージ）**

The screenshot displays a software interface for BIM management. On the left, a sidebar lists various management functions such as '日常管理' (Daily Management), '見積管理' (Estimate Management), and '検索管理' (Search Management). The main area is divided into two sections. The top section is a data table with columns for 'No.', '竣工年度', '竣工月', '私名', '私名ID', '用途', '用途ID', '用途名', '用途ID', '用途名', and '用途ID'. The table contains multiple rows of data, with some cells highlighted in blue. An orange callout box labeled 'BIM連携機能' (BIM Collaboration Function) points to the top right of the table. The bottom section shows a 3D wireframe model of a building. A red box labeled '小修繕実施個所' (Small Repair Implementation Location) points to a specific area on the building's facade. An orange callout box labeled '不動産クラウド連携機能' (Real Estate Cloud Collaboration Function) points to the bottom right of the 3D model. The interface also includes a search bar at the top left, a navigation menu on the left, and a toolbar at the bottom.

No.	竣工年度	竣工月	私名	私名ID	用途	用途ID	用途名	用途ID	用途名
000001	2020/10/01	09/01	-	-	雑用	000001	雑用	000001	雑用
000002	2020/10/18	11/01	-	-	雑用	000002	雑用	000002	雑用
000003	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000003	10F, 11F, 12F, 13F	000003	10F, 11F, 12F, 13F	000003	10F, 11F, 12F, 13F
000004	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000004	10F, 11F, 12F, 13F	000004	10F, 11F, 12F, 13F	000004	10F, 11F, 12F, 13F
000005	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000005	10F, 11F, 12F, 13F	000005	10F, 11F, 12F, 13F	000005	10F, 11F, 12F, 13F
000006	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000006	10F, 11F, 12F, 13F	000006	10F, 11F, 12F, 13F	000006	10F, 11F, 12F, 13F
000007	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000007	10F, 11F, 12F, 13F	000007	10F, 11F, 12F, 13F	000007	10F, 11F, 12F, 13F
000008	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000008	10F, 11F, 12F, 13F	000008	10F, 11F, 12F, 13F	000008	10F, 11F, 12F, 13F
000009	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000009	10F, 11F, 12F, 13F	000009	10F, 11F, 12F, 13F	000009	10F, 11F, 12F, 13F
000010	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000010	10F, 11F, 12F, 13F	000010	10F, 11F, 12F, 13F	000010	10F, 11F, 12F, 13F
000011	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000011	10F, 11F, 12F, 13F	000011	10F, 11F, 12F, 13F	000011	10F, 11F, 12F, 13F
000012	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000012	10F, 11F, 12F, 13F	000012	10F, 11F, 12F, 13F	000012	10F, 11F, 12F, 13F
000013	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000013	10F, 11F, 12F, 13F	000013	10F, 11F, 12F, 13F	000013	10F, 11F, 12F, 13F
000014	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000014	10F, 11F, 12F, 13F	000014	10F, 11F, 12F, 13F	000014	10F, 11F, 12F, 13F
000015	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000015	10F, 11F, 12F, 13F	000015	10F, 11F, 12F, 13F	000015	10F, 11F, 12F, 13F
000016	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000016	10F, 11F, 12F, 13F	000016	10F, 11F, 12F, 13F	000016	10F, 11F, 12F, 13F
000017	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000017	10F, 11F, 12F, 13F	000017	10F, 11F, 12F, 13F	000017	10F, 11F, 12F, 13F
000018	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000018	10F, 11F, 12F, 13F	000018	10F, 11F, 12F, 13F	000018	10F, 11F, 12F, 13F
000019	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000019	10F, 11F, 12F, 13F	000019	10F, 11F, 12F, 13F	000019	10F, 11F, 12F, 13F
000020	2020/10/18	09/01	2020/10/18	000020	10F, 11F, 12F, 13F	000020	10F, 11F, 12F, 13F	000020	10F, 11F, 12F, 13F



# 課題b. 資産管理データ(工事実績情報)とBIM上の情報をどのように連動させるかという課題

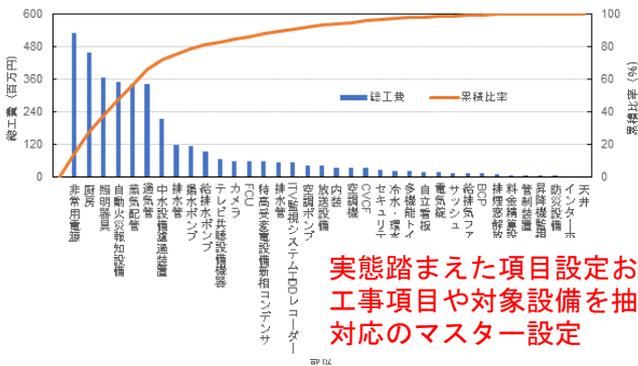
## ■課題分析等の結果

資産計上する工事(資本的支出)について、実施状況の現状把握と各工事履歴の分析を実施。工事の企画・実施・完了から資産計上までのワークフローにおけるBIMと不動産管理システムの連携すべき範囲や粒度を検討。

### 試行錯誤した点

従前の管理手法や履歴データなどを調査することにより、BIM活用の対象となる資本的支出工事の種類や規模、あるいは粒度や管理状況などを把握した。早稲田大学の約1年間にわたる基礎調査(資料3)により、効果的な工事項目や属性情報あるいは対応したLODなどを把握することができたためそれを活用している。

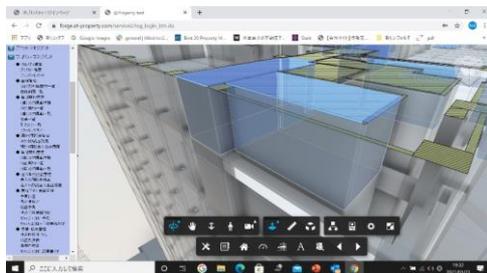
### 投資的工事(資本的支出)の実態に関する分析結果



実態踏まえた項目設定および工事項目や対象設備を抽出、対応のマスター設定

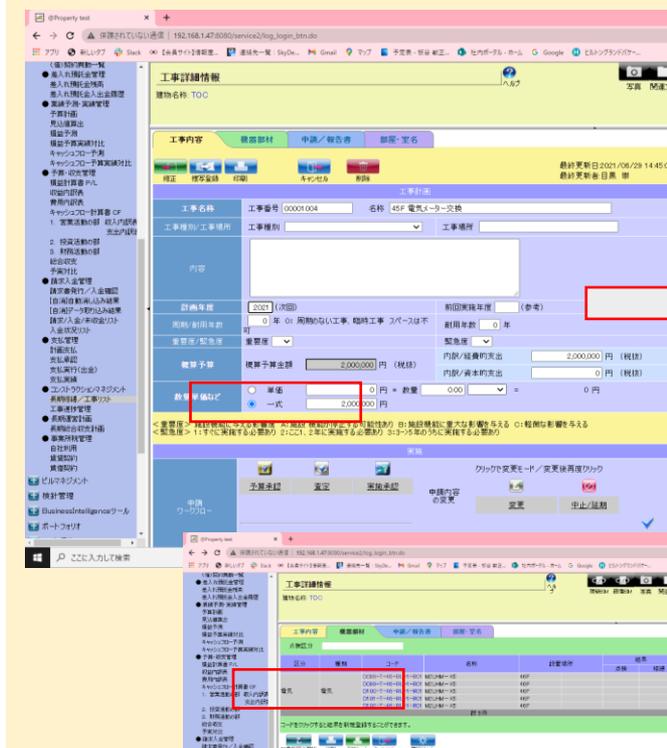
### 投資的工事(資本的支出)のBIM化検討イメージ

空調設備、主要衛生設備および部屋単位での工事が多いことから、BIMとの連携も設備単位や部屋単位を想定することとした。LODも資料3などの実態調査を参考としている。



資料3より

### 不動産管理システムにおける工事管理インターフェイス



空間・室・対象設備台帳

### BEP(実行計画)に反映

### 固定資産計上データ



経費的支出と固定資産計上する資本的支出それぞれの算出および償却計算の基礎となる名目など提示

# 課題b. 資産管理データ(工事実績情報)とBIM上の情報をどのように連動させるかという課題

## ■課題分析等の結果

- ・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などを検証。
- ・修繕工事の企画・実施・完了から固定資産計上までのワークフローの各段階において、情報集約・作成にかかわる業務量(人・日)の削減を検証する。例として図面情報検索や現地調査業務の軽減、劣化予兆把握の迅速化、工事内訳書の数量精度の向上等の効果が期待できる。

### 👉 一体システムの試行イメージ

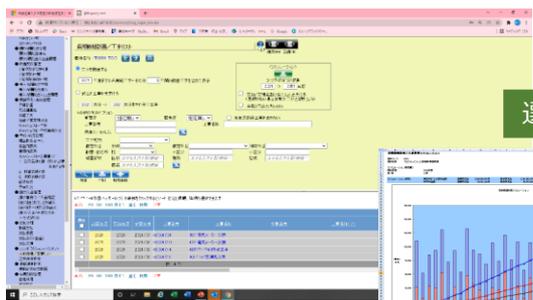
BEP(実行計画)に反映

工事計画および履歴管理

工事の実施管理

長期修繕計画策定

過去の工事の実施期間、種別、個所などの情報で工事を検索



実施判断・時期調整

該当工事の内容に対応した設備機器あるいは部屋・区画を確認



予算申請および実施

実施工事の予算申請、実施承認および進捗管理を実施するとともに工事完了時点では固定資産計上データとして活用する。



ワークフロー

予算・査定・実施・完了について「電子申請」「電子承認」を実施

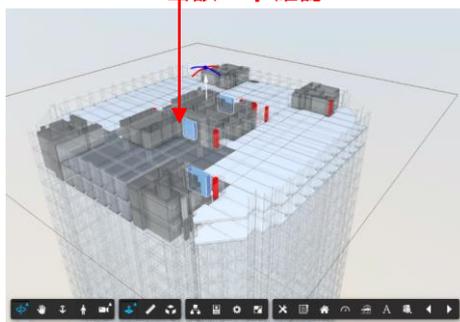
固定資産計上データ

不動産管理クラウド

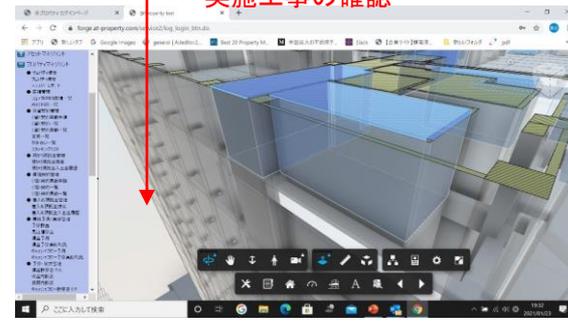
対象工事確認



当該工事確認



実施工事の確認



BIM

# 課題b. 資産管理データ(工事実績情報)とBIM上の情報をどのように連動させるかという課題

## ■課題分析等の結果

・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などや視認性などを検証。

### 👉 BIMを活用した更新工事（資本的支出）実施個所の確認（イメージ）

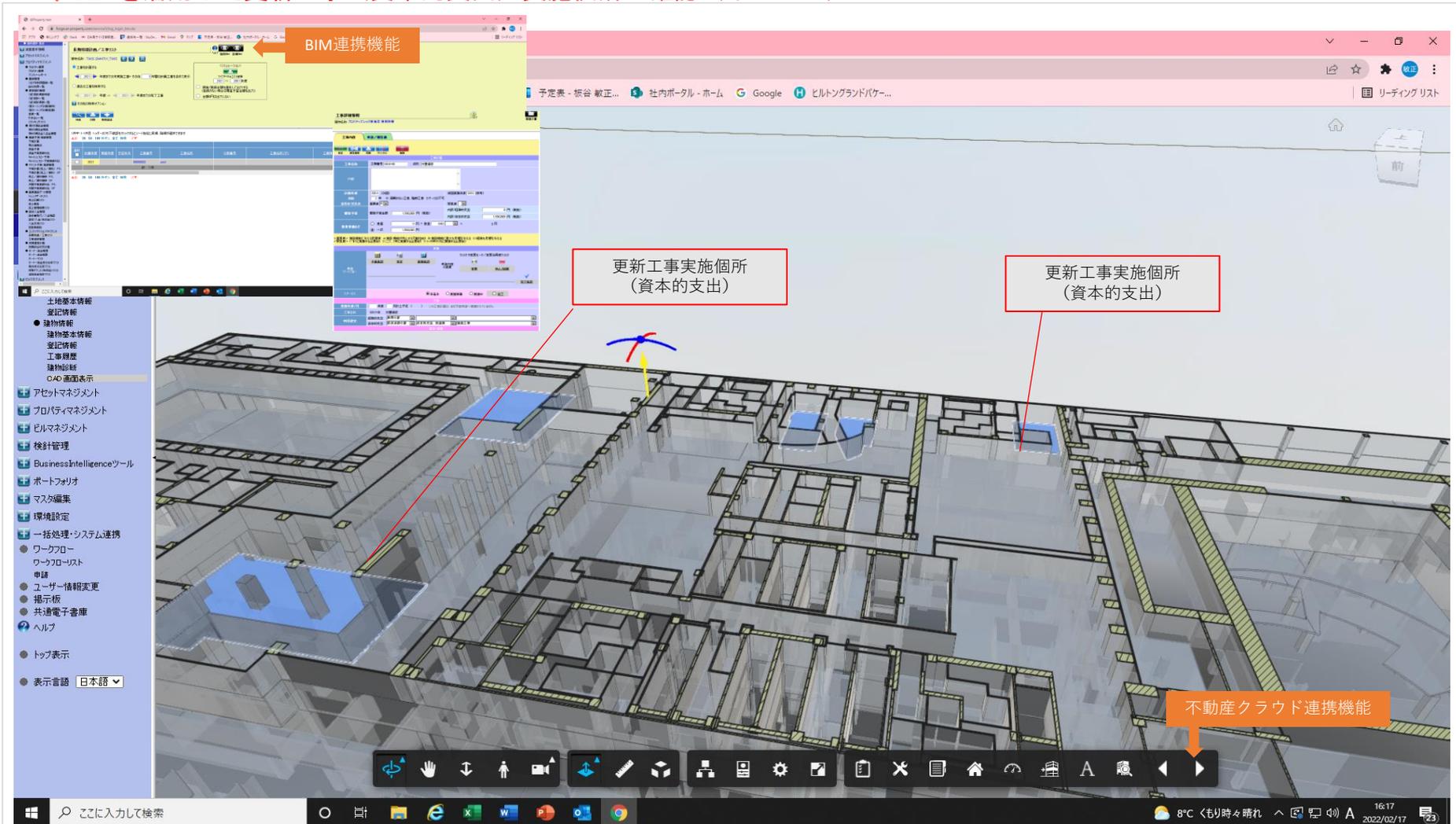


# 課題b. 資産管理データ(工事实績情報)とBIM上の情報をどのように連動させるかという課題

## ■課題分析等の結果

・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などや視認性などを検証。

### BIMを活用した更新工事（資本的支出）実施個所の確認（イメージ）



## 〔設定した分析する課題〕

### 検討課題(令和3年度実施)

課題c. 中長期修繕計画策定において、劣化調査から整備計画策定、工事実施までの業務での関係者間で共有するデータの量と質の設定

#### ■ 検討の前提条件 1

資本的支出は件数は少ないが一件あたりの金額が大きく固定資産計上の基礎となるため長期修繕計画などと連携するとともに各工事の詳細な情報が書類により蓄積されている。本事業ではこれらの書類情報を分析し今後のDB構築の基礎情報とするとともに、発生事由や内容などから設備・部位ごとの信頼度や故障率を算定し更新周期等の基礎情報として活用する。

#### ■ 検討の前提条件 2

当該施設では各工事の実施にあたっては統括管理会社、オーナー、設計者などが連携しその実施の可否について検討している。現状では一連の申請や承認は書類や図面が中心となっているが最終的には長期修繕計画に基づいた工事の予算化、申請、実施、完了および会計システムとの連携など、一連のワークフローのシステム化が可能となる。また事前調査などにより算定された信頼度などの情報は長期修繕計画の基礎情報として活用できる。

#### ■ 検討の方向性・実施方法・体制

有識者として早稲田大学の参画のもと、ライフサイクルコンサルタントとBIMマネージャが連携しながら以下の業務を推進。現状調査およびデータ分析については早稲田大学にて実施。

#### 課題c

- ①故障、不具合の発生履歴を Kaplan-Meier 法などを適用して分析(信頼度・故障率を算定)する。
- ②部位、部材ごとに近似するワイブル関数などを活用し最適な更新周期を設定する。
- ③以上を活用しリスクベースメンテナンスなどの考え方に基づく長期修繕計画を策定する。

# 課題c. 中長期修繕計画策定において、劣化調査から整備計画策定、工事実施までの業務での関係者間で共有するデータの量と質の設定

## ■課題分析等の結果

- ・故障、不具合の発生履歴を Kaplan-Meier 法などを適用して分析し、各設備や部材ごとの信頼度・故障率を算定する。
- ・部位、部材ごとに近似するワイブル関数などを活用し、ライフサイクルコストなどの観点から最適な更新周期を設定する。算出された最新の更新周期に基づく長期修繕計画を策定する。

### 試行錯誤した点)

長期修繕計画には業界推奨値の更新周期などが参考となるが推奨する団体などによりバラティリティは高く、現実には管理の状況や施設の特性などを踏まえ、当該施設に対応した調整が必要となる。今回は既存施設である点を踏まえ、大量の履歴データなどを調査することが可能である。早稲田大学の基礎調査(資料3)により、故障、不具合の発生履歴を、Kaplan-Meier 法などを適用して分析し、各設備や部材ごとの信頼度・故障率を算定した。部位、部材ごとに近似するワイブル関数などを活用し、ライフサイクルコストなどの観点から最適な更新周期を設定することができた。算出された最新の更新周期に基づく長期修繕計画を策定することができた

### 当該施設の工事履歴を活用した信頼度および故障率の算定例

資料3より

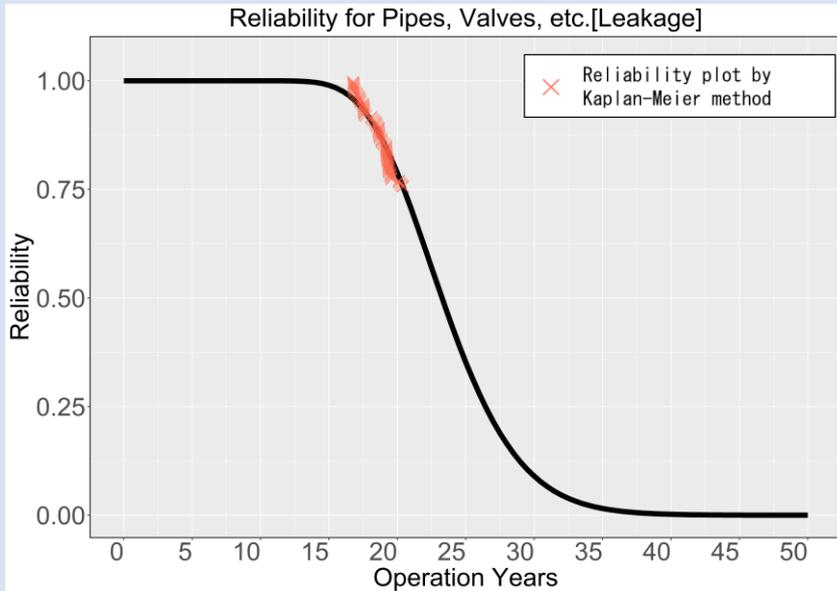
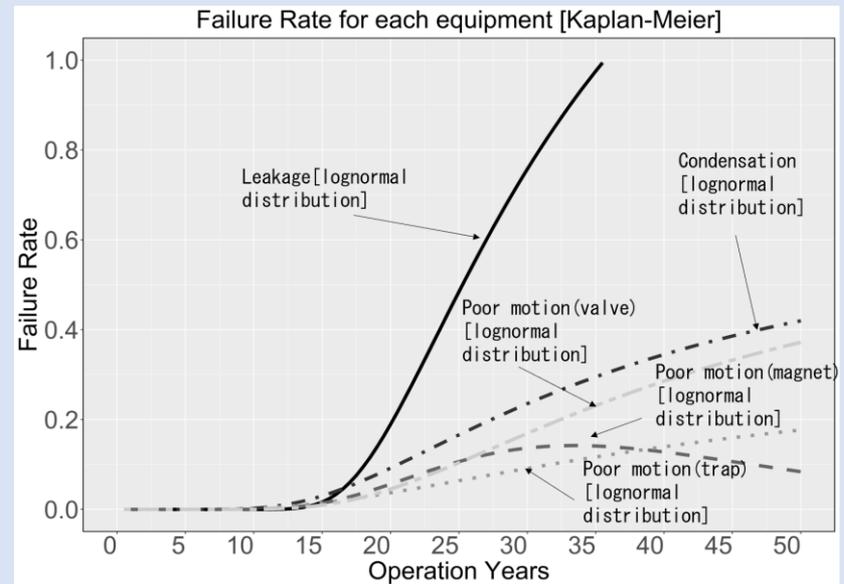


図 故障モード「漏れ」の空調機の配管、弁等の信頼度フィッティングは対数正規分布。



故障モード 図 各故障モードの故障率

- ・ 漏れ「leakage」
- ・ 結露「condensation」
- ・ 動作不良「poor motion」弁 トラップ マグネットスイッチ

# 課題c. 中長期修繕計画策定において、劣化調査から整備計画策定、工事実施までの業務での関係者間で共有するデータの量と質の設定

## ■課題分析等の結果

算出された信頼度などを参考に、リスクベースメンテナンスなどの考え方に基づく工事ワークフローを構築した。ワークフローは管理会社（PM）、オーナーなど関係者が参加できるものとし、長期修繕計画は工事実績や最新の劣化状況などを反映し、毎年更新するものとする。

### 📌 工事ワークフローと長期修繕活用イメージ

#### 長期修繕計画 最新の計画を常に見える化

ワイブル関数などを活用し最適な更新周期を設定



工事実施

予・実績管理を効率化  
長期修繕計画を年度毎に切り出し、各計画工事の進捗状況（予算化・査定・実施・完了）を管理できます

最新の劣化状況やリスクを勘案し修正

#### ワークフロー

予算・査定・実施・完了  
について「電子申請」  
「電子承認」を実施



#### 工事進捗管理

予算・査定・実施・完了

固定資産の基礎情報

連携

#### 長期修繕計画 更新

実績を反映

工事完了

伝票データ

支払い  
経費計上  
資産計上  
償却計算

基幹システム  
会計システム

固定資産計上データ

# 課題c. 中長期修繕計画策定において、劣化調査から整備計画策定、工事実施までの業務での関係者間で共有するデータの量と質の設定

## ■課題分析等の結果

- ・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などを検証。
- ・長期修繕計画策定から修繕工事の企画・実施・完了から固定資産計上までのワークフローの各段階において、情報集約・作成にかかわる業務量(人・日)の削減を検証。例として図面検索や現地調査業務の軽減、劣化予兆把握の迅速化等の効果等が期待できる。

### 👉 一体システムの試行イメージ

BEP(実行計画)に反映

工事計画および実施判断・時期調整

工事の実施および履歴管理

#### 長期修繕計画策定

過去の工事の実施期間、対象設備や部位の種別、個所の診断状況などを勘案して長期修繕計画を立案

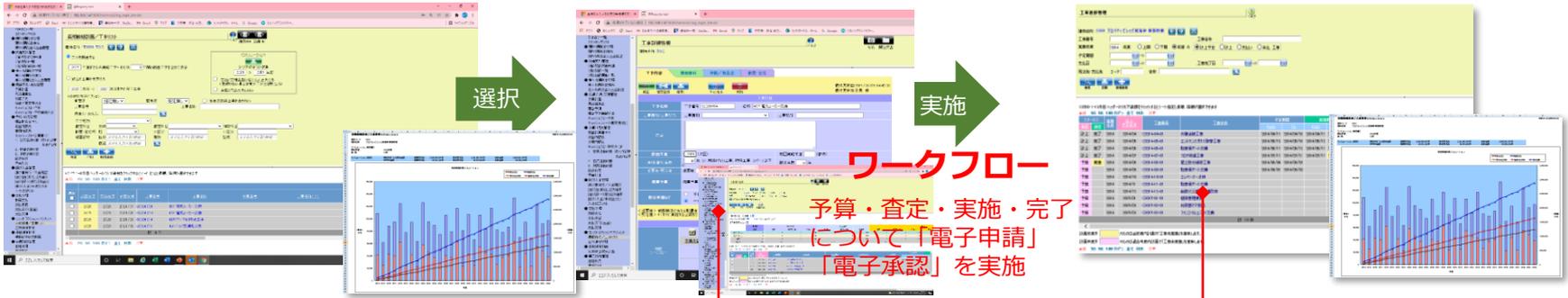
#### 実施判断・時期調整

該当工事の内容に対応した設備機器あるいは部屋・区画を確認の上実施を判断

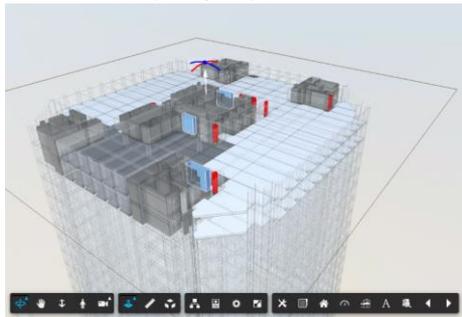
#### 工事履歴の分析・計画の調整

過去の工事の実施状況や事故発生時のリスクなどを勘案して長期修繕計画を調整する。

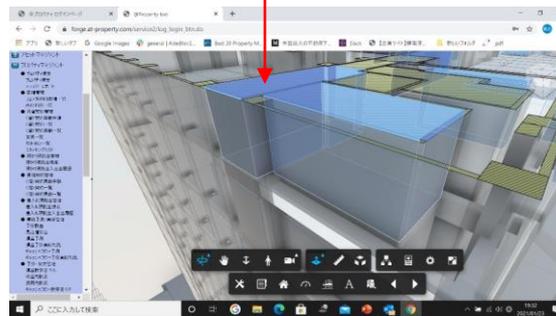
不動産管理クラウド



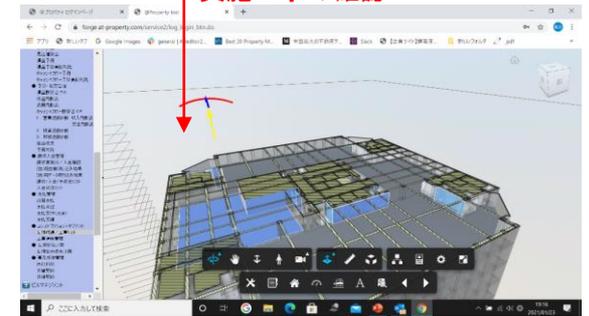
#### 対象工事確認



#### 当該工事確認



#### 実施工事の確認



BIM

# 課題c. 中長期修繕計画策定において、劣化調査から整備計画策定、工事実施までの業務での関係者間で共有するデータの量と質の設定

## ■課題分析等の結果

・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などや視認性などを検証。

👉 BIMを活用した更新工事（資本的支出）実施個所の確認（イメージ） 長期修繕計画との連携

The screenshot displays a software interface with several key components:

- BIM連携機能 (BIM Integration Function):** Located at the top left, it shows a sidebar with various project management tools.
- 長期修繕計画 (Long-term Maintenance Plan):** A central chart showing a bar graph of maintenance costs over time, with a blue trend line. A red box highlights the data for the year 2029.
- 築29年目に実施予定 屋上防水改修工事予定 (Planned Roof Waterproofing Renovation in Year 29):** A red box points to the 2029 data point in the chart.
- 長期工事計画台帳 (Long-term Construction Plan Ledger):** A table at the bottom left listing construction items, including dates, descriptions, and costs. A red box highlights the entry for the 2029 roof waterproofing project.
- 3D Building Model:** A 3D perspective view of a building with a blue roof. A red box highlights a specific area on the roof, with an arrow pointing to the text: **築29年目に実施予定 屋上防水改修工事予定 個所 (Location of Planned Roof Waterproofing Renovation in Year 29)**.
- 不動産クラウド連携機能 (Real Estate Cloud Integration Function):** An orange box at the bottom right with an arrow pointing to the 3D model, indicating the integration of BIM with cloud-based real estate data.

# 課題c. 中長期修繕計画策定において、劣化調査から整備計画策定、工事実施までの業務での関係者間で共有するデータの量と質の設定

## ■課題分析等の結果

・令和2年度同様に一体システムを構築し試運用を実施するとともに、省力化効果などや視認性などを検証。

👉 BIMを活用した更新工事（資本的支出）実施個所の確認（イメージ） 長期修繕計画との連携

The screenshot displays a software interface with several key components:

- BIM連携機能 (BIM Integration Function):** Located at the top left, it indicates the connection between BIM and the maintenance planning system.
- 長期修繕計画 (Long-term Maintenance Plan):** A central bar chart showing maintenance costs over time, with a blue trend line and red bars representing individual projects.
- 築30年目に実施予定 AHU更新工事予定個所 (Planned AHU Renovation Locations at 30 Years):** A red box highlights specific areas on the 3D BIM model of a building, indicating where AHU updates are planned.
- 長期工事計画台帳 (Long-term Construction Plan Ledger):** A table on the left side of the interface listing various construction projects, including their start and end dates, and associated costs.
- 不動産クラウド連携機能 (Real Estate Cloud Integration Function):** Located at the bottom right, it shows the connection to cloud-based real estate data.

The interface also features a navigation menu on the left, a search bar at the top, and a Windows taskbar at the bottom showing the system date and time as 2022/03/03 15:30.

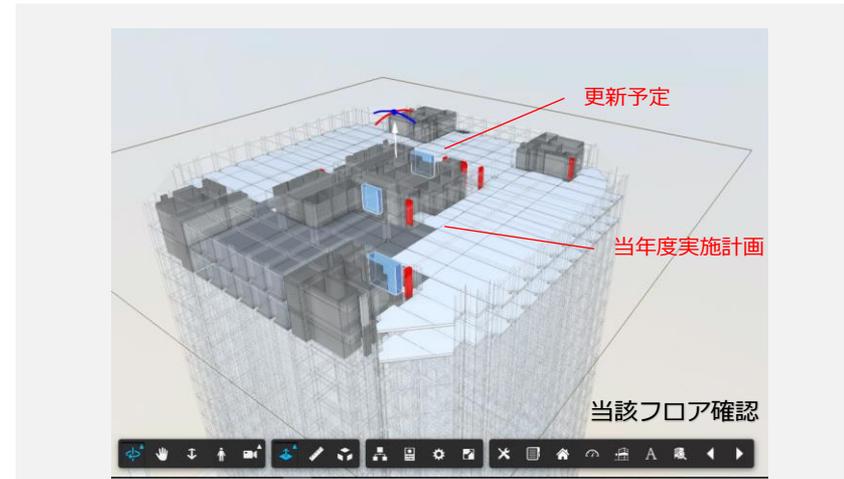
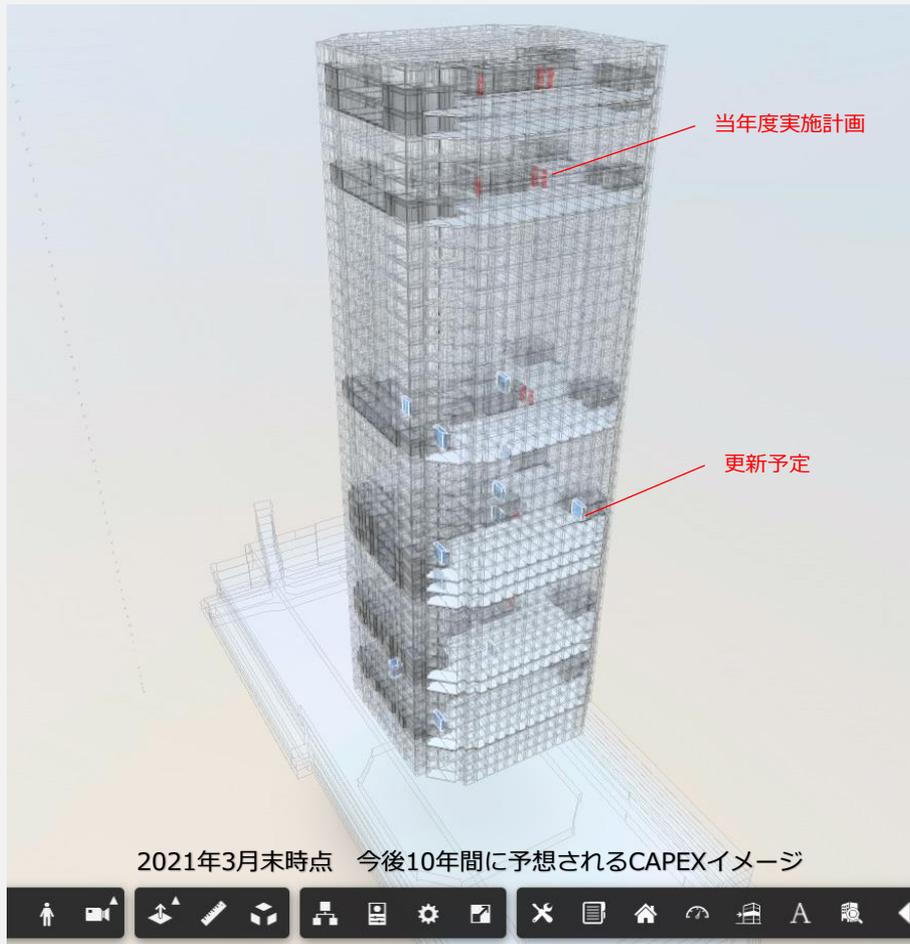
# 課題c. 中長期修繕計画策定において、劣化調査から整備計画策定、工事実施までの業務での関係者間で共有するデータの量と質の設定

## ■課題分析等の結果

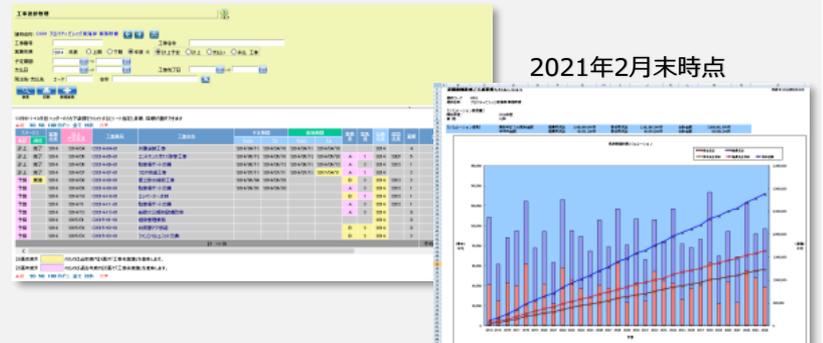
長期修繕計画およびリスクベースメンテナンスなどの考え方に基づく具体的な工事計画に関する情報共有のイメージを作成。共同オーナーや統括管理会社などの関係者へのヒアリングなどからその効果を把握する。

👉 BIMを活用した長期修繕計画（CAPEX）に関するダッシュボード（イメージ）

## BIM-Dashboard



## 今後10年間に予想されるCAPEXレポート



BIMの活用による生産性向上、建築物・データの  
価値向上や様々なサービスの創出等を通じた  
メリットの検証等について

---



## 設定した定量的に検証する効果と比較基準、目標

### 【比較基準、目標】

対象業務のそれぞれの業務フローに関し、BIM情報活用前後で、業務量(人・日)の2割削減を目標とする。主に以下1)2)3)についてBIM情報活用前後における業務量(人・日)を導入前後で定量的に比較する。R2年度は1)2)を実施、R3年度は3)について実施した。

### 【定量的に検証する効果】

- 1) 修繕工事の企画・実施・完了から固定資産計上までのワークフローの各段階において、情報集約・作成にかかわる業務量(人・日)の削減を検証する。例として図面情報検索や現地調査業務の軽減、劣化予兆把握の迅速化、工事内訳書の数量精度の向上等の効果等が期待できる。
- 2) 上記修繕履歴DBを活用し、中長期修繕計画の立案の業務フローの効率化を図る上で業務フローの改善による付加価値の向上と業務量(人・日)の削減を検証する。
- 3) 入居者(テナント)管理、エネルギー管理情報をBIMと連携させることによるワークフローの改善をはかる。既存のワークフローと導入後のワークフローを比較することにより削減される業務量(人・日)を検証する。



# 検証の方向性・前提条件・実施方法・体制

## 〔検証の方向性と前提条件〕

当該施設では不動産管理システムによる一定の省力化は実現しているが、設備や躯体あるいはテナント居室の位置情報については、従来からの管理書類や図面を活用しているのが現状である。入居者（テナント）管理、エネルギー管理情報、工事管理情報においてBIMと連携させることにより、テナント情報、メーターを含む設備情報、空間や居室情報あるいはメンテナンスや工事情報をBIM上で可視化することによる業務量（人・日）の削減を検証する。

### 「効果の目標」

対象業務のそれぞれの業務フローに関し、BIM情報活用前後で、業務量（人・日）の2割削減を目標とする。

### 「比較基準」

BIM情報活用前後における業務量（人・日）を導入前後で定量的に比較する。

### 「実施方法・体制」

- ・関係する各社における当該業務ワークフローの洗い出し
- ・各社毎に現行業務量（人・日）を確認
- ・BIMを今回導入した不動産管理システム（クラウドシステム）上で一体運用する
- ・構築後の業務フローの見直し
- ・各社毎に導入後の業務量（人・日）などサンプリング調査

# R2年度 報告

---

# 検証の方向性

# 従来のテナント管理における書類・図面活用のイメージ

## ①新規契約～日常契約管理・会計処理

テナントの賃貸契約の管理、請求入金管理、予算・収支管理まで一連の業務は賃貸事業の根幹業務。従来業務においては複数の図面や関係書類の確認や現地区画の確認などの業務が発生。

賃貸契約管理

会計・決算

不動産管理クラウド

### 新規契約

契約法人、賃料、面積、契約諸条件（段階賃料、フリーレント等）および区画情報を登録



契約書等

集計

契約更新、新規契約などの契約ワークフローを活用

### 賃貸契約管理（日常・月次）

契約更新、賃料交渉、解約予約区画の営業展開などの業務支援にツール活用

反映

### 請求・入金管理

月次の請求、入金（債権管理）などの会計業務やマンスリーレポートなどに契約情報を活用。最終的には会計報告を作成。

### 月次報告

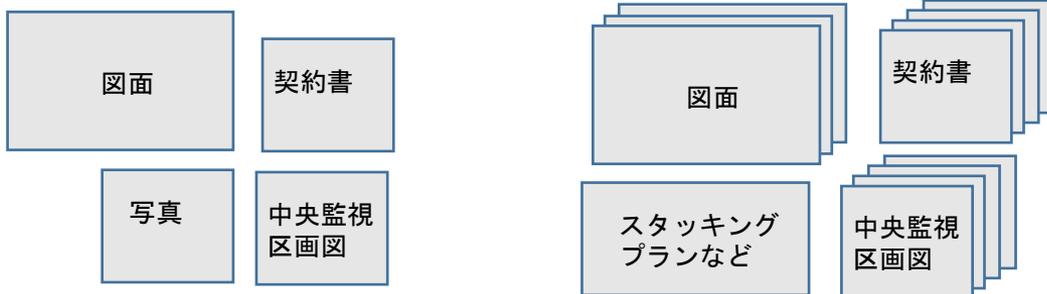


反映

予算・収支管理 (CF、P/L)

複数の図面や関係書類を確認

書類・図面



現地作業

現地区画の確認

現地区画の確認

BIM活用により業務省力化  
及び現地確認業務削減

## ①新規契約～日常契約管理・会計処理

テナントの賃貸契約の管理、請求入金管理、予算・収支管理まで一連の業務は賃貸事業の根幹業務。BIM活用により区画の確認や面積情報の管理を円滑に遂行可能。

賃貸契約管理

会計・決算

不動産管理クラウド

### 新規契約

契約法人、賃料、面積、契約諸条件（段階賃料、フリーレント等）および区画情報を登録



### 賃貸契約管理（日常・月次）

契約更新、賃料交渉、解約予約区画の営業展開などの業務支援にツール活用



### 請求・入金管理

### 月次報告

月次の請求、入金（債権管理）などの会計業務やマンスリーレポートなどに契約情報を活用。最終的には会計報告を作成。



紐付け

集計

反映

反映

契約更新、新規契約などの契約ワークフローを活用

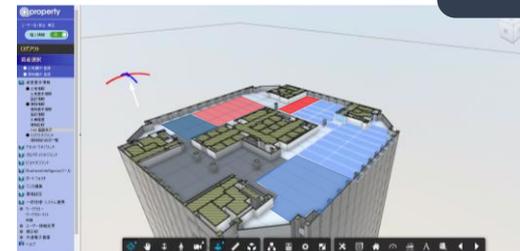
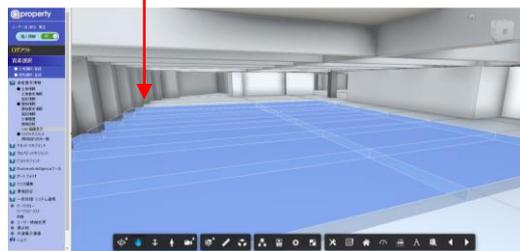
区画情報の登録

継続区画・更新候補解約予約・空室などテナント情報の可視化

区画ごと賃料、契約期間など各種指標に対応して可視化（将来）

予算・収支管理 (CF、P/L)

BIM



現地作業

現地区画の確認

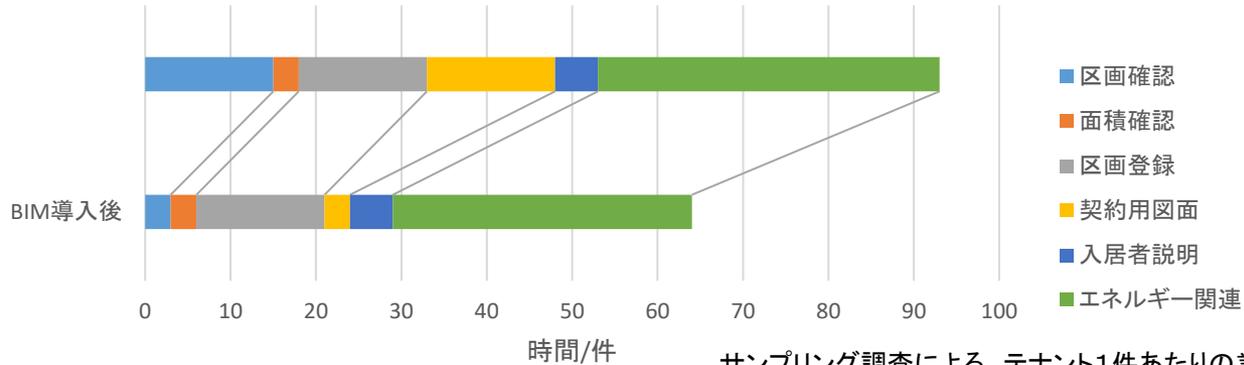
現地区画の確認

# 検証等の結果 **テナント管理(入居時)におけるBIM情報活用の定量的効果**

## ①新規契約～日常契約管理におけるBIM情報活用効果

テナントの賃貸契約の管理、請求入金管理、予算・収支管理まで一連の業務は賃貸事業の根幹業務です。BIM活用により関連書類の作成や対象計量メータの確認業務などが省力化できます。

テナント入居時対応業務省力化効果



サンプリング調査による テナント1件あたりの業務量 単位:h

		Before		After	
	作業概要	作業内容	時間数	作業内容	時間数
内覧会の実施	当該フロア図面作成	契約図面のコピー	5	契約図面のコピー <b>BIM活用</b>	3
		色塗り	10	色塗り	
契約条件の決定	契約面積の確定 (賃料の確定)	面積割付表で確認	3	面積割付表で確認	3
		契約区画の登録	中央監視盤CRT変更 階段図 (Excel) の変更	10 5	中央監視盤CRT変更 <b>@プロパティ上のBIM図出力</b>
	契約書添付図作成	契約図面のコピー 区画の色塗り	5 10	<b>@プロパティ上のBIM図出力</b>	3
入居に伴う工事関連	入居者説明会	CAD図出力	5	CAD図出力	5
入居に伴うエネルギー関連		メーター表作成	10	<b>メーター表出力</b>	5
		現地立会読み合せ	20	現地読み合わせ	20
		メーター表チェック	10	メーター表チェック	10
			<b>93</b>		<b>64</b>

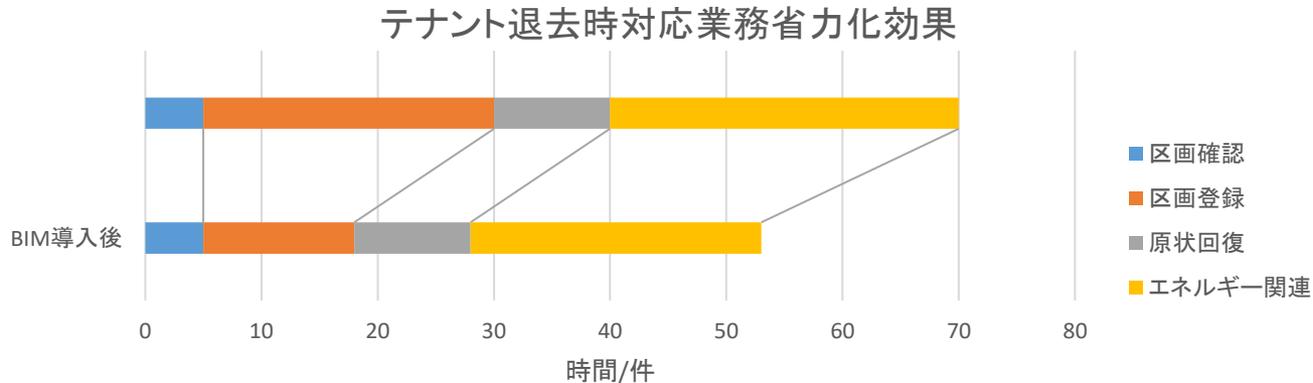
業務時間削減率

31.2%

# 検証等の結果 **テナント管理(退去時)におけるBIM情報活用の定量的効果**

## ②解約予約～営業展開～新規契約

テナントのリーシングおよび営業は賃貸事業において非常に重要な業務。随所でBIMの区画情報を活用可能。BIM活用により解約区画の確認や関連書類の作成や対象計量メータの確認業務などが省力化できます。



サンプリング調査による テナント1件あたりの業務量 単位:h

	作業概要	Before		After	
		作業内容	時間数	作業内容	時間数
解約予告	解約区画の登録予約	階段図 (Excel) の解約予約	5	階段図 (Excel) の解約予約	5
解約覚書調印	解約区画の登録	階段図 (Excel) の解約登録	5	@プロパティ上のBIM図出力	3
		区画の色塗り	10		
		中央監視盤CRT変更	10	中央監視盤CRT変更	10
退去に伴う工事関連	原状回復工事	工事前) 回復範囲確定 立会	5	回復範囲確定 立会	5
		工事後) 現地区画の確認	5	工事後) 現地区画の確認	5
退去に伴うエネルギー関連		現地立会読み合わせ	20	現地読み合わせ	20
		メーター区分け作成 及びチェック	10	@プロパティ上のBIM メーター図出力	5
			<b>70</b>		<b>53</b>

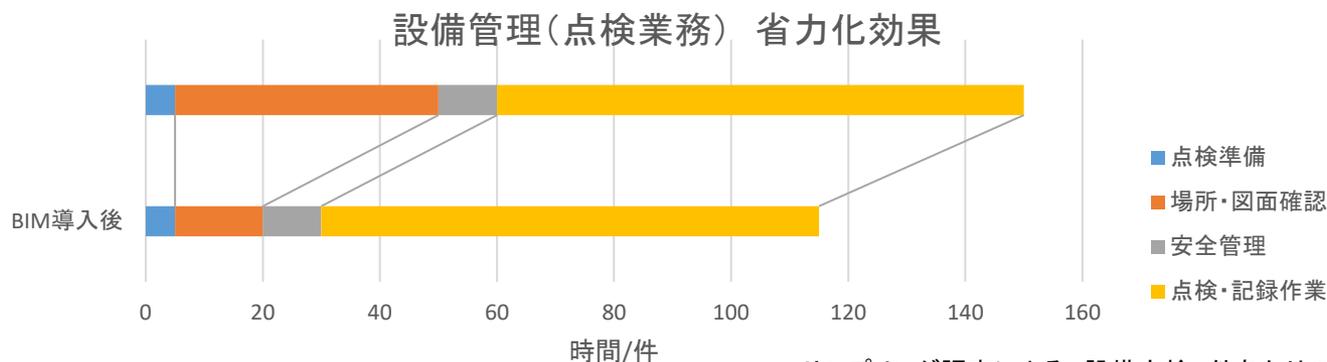
業務時間削減率

24.3% 83

# 検証等の結果 設備管理(点検)におけるBIM情報活用の定量的効果

## 3) 点検対象機器確認～点検実施・報告～履歴管理

スケジュールされた点検、障害対応、修繕・修理に加え突発的な不具合対応業務において、対象となる設備機器、部材等(メーター等)の詳細情報およびその位置確認にBIMを活用。



サンプリング調査による 設備点検1件あたりの業務量 単位:h

			Before		After	
	作業概要	担当者	作業内容	時間数	作業内容	時間数
設備点検 (月例点検) (25階想定)	空調機点検 ・外観点検等 ・計測機器記録	BM会社	点検表の準備	5	点検表の準備	5
			点検場所の確認		点検場所の確認	
			・図面で場所の確認	15	・図面で場所の確認	5
			・点検箇所の詳細情報確認	15	・点検箇所の詳細情報確認	5
			・図面のコピー	15	・BIM情報の出力	5
			安全ミーティング(KYK)	10	安全ミーティング(KYK)	10
			点検工具の準備	10	点検工具の準備	5
			点検場所へ移動	10	点検場所へ移動	10
			点検・記録	60	点検・記録	60
			点検結果をMOSSへ入力	10	点検結果をBIMへ入力	10
				<b>150</b>	<b>115</b>	

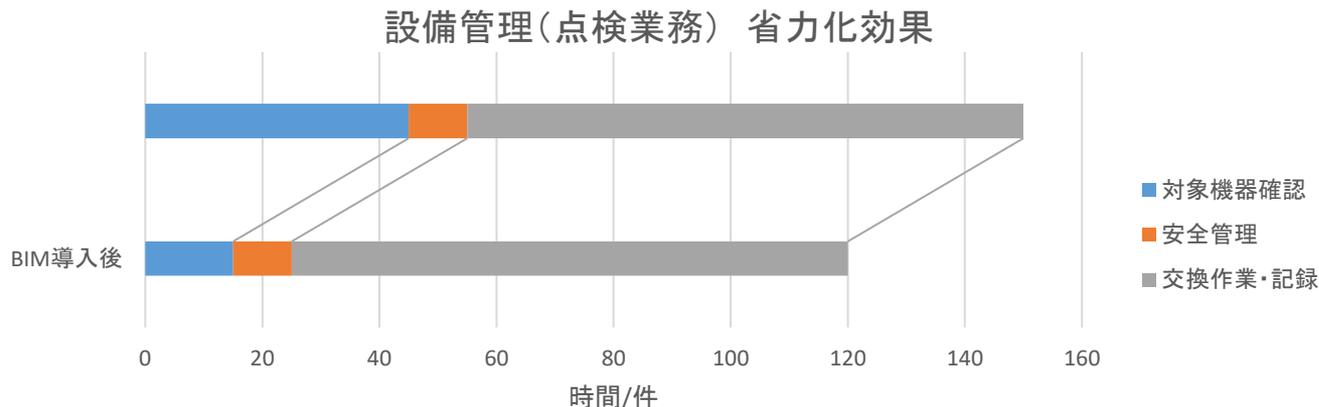
業務時間削減率

23.3%

# 検証等の結果 設備管理(更新・メンテナンス)におけるBIM情報活用の定量的効果

## ④更新・メンテナンス対象機器確認～更新・メンテナンス実施・報告～履歴管理

経過年数などにより更新・メンテナンスの対象となる建物内の設備機器(メーター等)の抽出およびその位置確認にBIMを活用。



サンプリング調査による 設備メンテナンス1件あたりの業務量 単位:h

作業概要	担当者	Before		After	
		作業内容	時間数	作業内容	時間数
空調機部品交換 (25階想定)	BM会社	更新機器確認・選定		更新機器確認・選定	
		・更新計画表確認	15	・更新計画表確認	5
		・図面で場所の確認	15	・図面で場所の確認	5
		・図面のコピー	15	・BIM情報の出力	5
		安全ミーティング(KYK)	10	安全ミーティング(KYK)	10
		機器設置場所へ移動	10	機器設置場所へ移動	10
		部品交換	60	部品交換	60
		作業内容をMOSSへ入力	10	作業内容をBIMへ入力	10
		更新計画表の更新	15	更新計画表の更新	15
			<b>150</b>		<b>120</b>

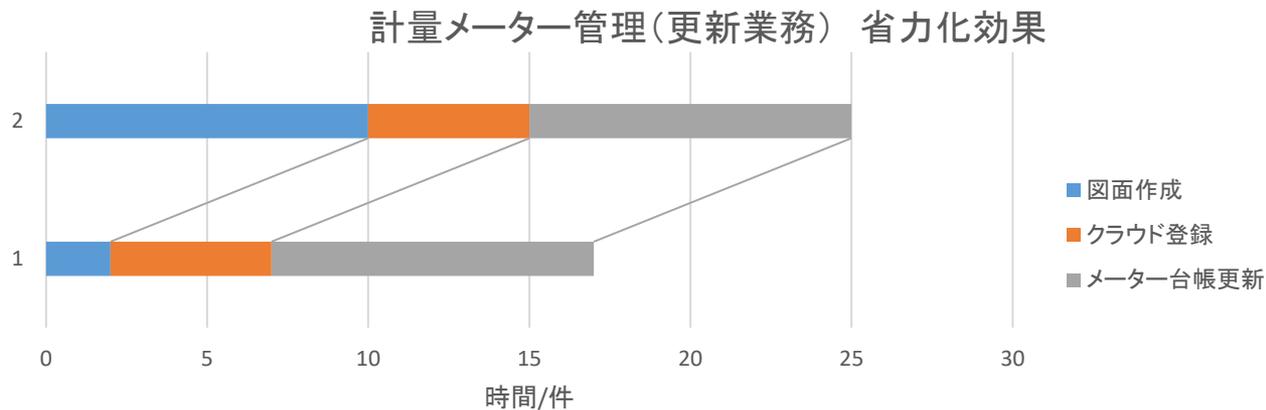
業務時間削減率

20.0%

# 検証等の結果

## エネルギー管理(計量メーター設定)におけるBIM情報活用の定量的効果

⑤メーターの設定管理およびテナント入れ替えなどに伴うメーターの対応変更  
 変動費のもととなる電力・時間外空調・水道などの利用量を計量する各種目メーターの設定および対応テナント管理においてBIMと連携。テナントの入れ替えに伴う各メーターの対応区画図の変更もBIMで確認可能。



サンプリング調査による メーター設定変更1件あたりの業務量 単位:h

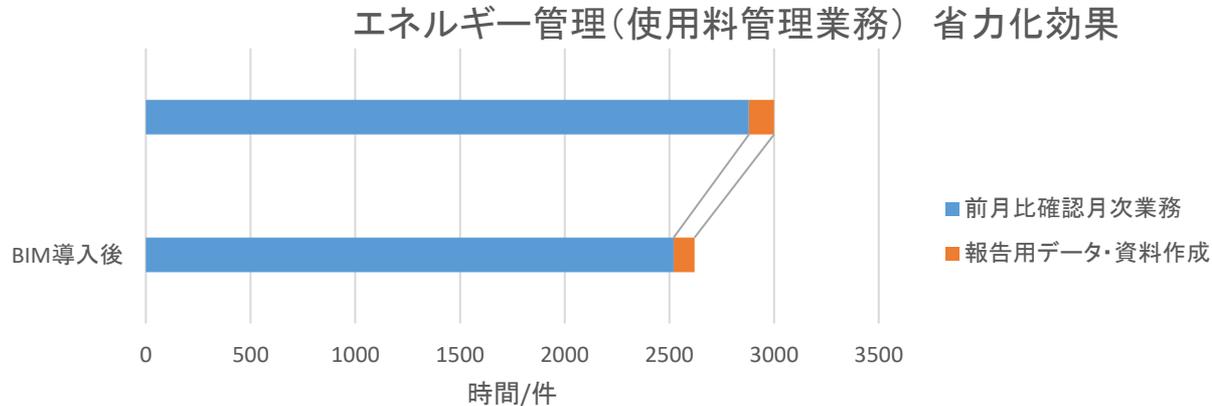
			Before		After	
	作業概要	担当者	作業内容	時間数	作業内容	時間数
メーター交換	メーター交換(1台当たり)	BM会社	メーター図面作成	10	メーター連動BIM図面作成	2
			@プロパティ入力	5	@プロパティ入力	5
			メーター台帳 (Excel) 更新	5	メーター台帳 (Excel) 更新	5
			テナントメーター登録削除(Excel)作成	5	テナントメーター登録削除(Excel)	5
				<b>25</b>		<b>17</b>

業務時間削減率 **32.0%**

# 検証等の結果 エネルギー管理におけるBIM情報活用の定量的効果

## ⑥エネルギー及び各種使用料管理

電力・時間外空調・水道などの利用料の前月との比較や異常値の確認などにおいてBIMを活用。当該メーターの位置や対応テナントの確認を円滑に実施。関連する報告書作成なども省力化可能。



月次作業量をヒアリングにて推計

業務量 単位:m

			Before		After	
	作業概要	担当者	作業内容	時間数	作業内容	時間数
メータ使用量確認	前月・前年同月比を比較し、メータ異常が無いことを確認 (全メータ数 約1600個)	BM会社	前月・前年同月比を比較し、メータ異常が無いことを確認 (60分×8h×2日×3人)	2880	前月・前年同月比を比較し、メータ異常が無いことを確認 (60分×7h×2日×3人)	2520
テナントメータ使用量報告	管理会社へテナントメータ使用量を報告	BM会社	管理部・業務部報告用資料作成	120	管理部・業務部報告用資料作成 BIM情報の一部活用	100
				<b>3000</b>		<b>2620</b>

業務時間削減率

12.7%

## 検証等の結果 **BIM情報活用の定量的効果のサマリー**

検証対象の6つの業務フローにおけるBIM情報活用効果は以下となった。各業務において概ね20～30%の省力化が確認された。

(単位:%)

テナント管理業務	BIM導入後の業務量改善率
1.新規契約（入居時）	31.2%
2.解約（退去時）	24.3%
エネルギー機器 点検・メンテナンス管理	BIM導入後の業務量改善率
3.設備の点検管理	23.3%
4.設備更新メンテ実施管理	20.0%
エネルギー使用量管理	BIM導入後の業務量改善率
5.メーターの交換・設定管理	32.0%
6.エネルギー使用料管理	12.7%

※修繕工事・投資工事関連は来年度検証、設備機器管理関連は来年度実施可否判断の予定

## 検証等の結果 定量的効果の考察および今後の課題認識

サンプリング調査および試運用の課程で実際のユーザーからは以下の考察を得た。効果確認と同時に課題も認識されたため今後の検討に活かすこととした。また今後は実運用における一定期間のもとでの評価なども実施する予定である。

	改善結果について考察	課題認識
テナント管理業務	<p>入退去に伴う契約締結事務フローにおける面積情報等図面作成業務の比率が高いことから、目標の2割を超えた結果となった。</p> <p>テナント内覧の為に3D動画情報の必要性は改めて感じなかった。</p>	<p>契約に添付する図面の見栄え次第では、テナントから手書き旧図面を添付してほしい、との要望がありうる。</p> <p><u>BIM画面活用ニーズとして認識。</u></p>
設備機器管理	<p>スケジュール化されたメンテナンス業務(1回/月)と突発事象の頻度を仮に1回/月として、カウントしたが、実態は突発事象の頻度はもっと高いことが多く、その場合は更に改善効果は高くなる。</p> <p>本業務は長年同じ会社に再委託しており、かなり熟練していることから、BIM導入前の作業において、図面を確認せず、現場に向かう作業員も散見されとのこと。しかしながら、業務の安全性上望ましいものではなく、改めて、日常常務フローの徹底をはかることができた。</p>	<p>作業員の熟練レベルにより、効果検証結果が異なってくることから、作業品質の維持・向上の観点からも<u>BIM情報の作業員の教育・育成への活用も考えられる。</u></p>
エネルギー使用量管理	<p>定型業務の中で、エネルギー使用量管理は、月次で最も人工のかかる単純作業であり、最も改善を期待したが、想定目標を大きく下回った。</p>	<p>メータの属性(テナント)がまちがっていないなければ、問題ないことから、<u>あえてBIMと連動させなくてもよい、と考えられるが、継続検討したい。</u></p>

# R3年度 報告

---

## ■長期修繕計画～工事実施判断(ワークフロー)～実施後の調整

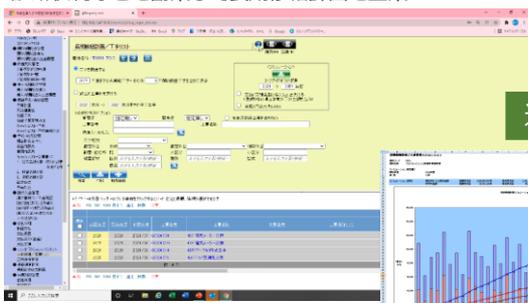
最新の設備や部位の劣化状況やリスクなどを勘案した長期修繕計画を立案。計画をベースに対象工事の選択や実施時期の調整を実施(関係者間ワークフロー)。実施工事は完了までフォローするとともに実施状況を踏まえ長期修繕計画を調整する。

工事計画および実施判断・時期調整

長期修繕計画の再策定

### 長期修繕計画策定

過去の工事の実施期間、対象設備や部位の種別、個所の診断状況などを勘案して長期修繕計画を立案



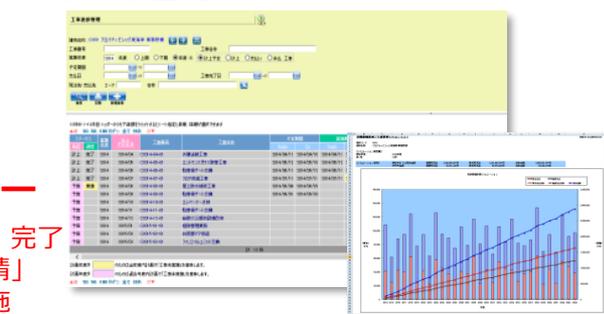
### 実施判断・時期調整

該当工事の内容に対応した設備機器あるいは部屋・区画を確認の上実施を判断



### 工事履歴の分析・計画の調整

過去の工事の実施状況や事故発生時のリスクなどを勘案して長期修繕計画を調整する。



不動産管理クラウド

選択

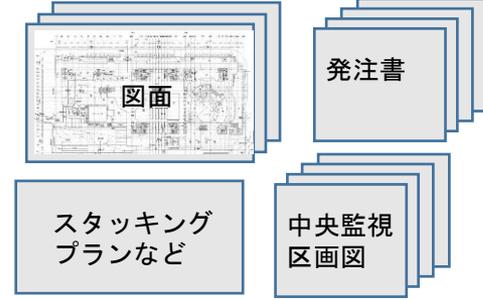
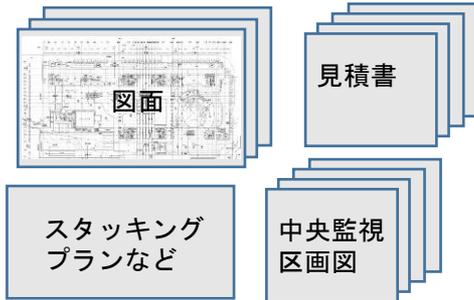
実施

ワークフロー

予算・査定・実施・完了  
について「電子申請」  
「電子承認」を実施

複数の図面や関係書類を確認

書類・図面



現地作業



## ■長期修繕計画～工事実施判断(ワークフロー)～実施後の調整

最新の設備や部位の劣化状況やリスクなどを勘案した長期修繕計画を立案。計画をベースに対象工事の選択や実施時期の調整を実施(関係者間ワークフロー)。実施工事は完了までフォローするとともに実施状況を踏まえ長期修繕計画を調整する。

工事計画および実施判断・時期調整

長期修繕計画の再策定

長期修繕計画策定

過去の工事の実施期間、対象設備や部位の種別、個所の診断状況などを勘案して長期修繕計画を立案

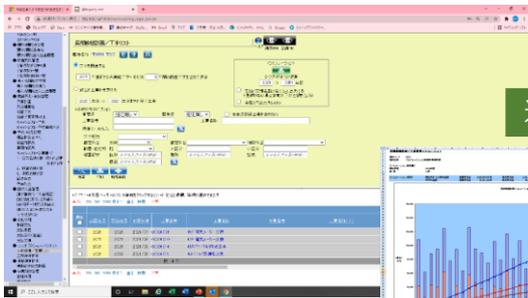
実施判断・時期調整

該当工事の内容に対応した設備機器あるいは部屋・区画を確認の上実施を判断

工事履歴の分析・計画の調整

過去の工事の実施状況や事故発生時のリスクなどを勘案して長期修繕計画を調整する。

不動産管理クラウド



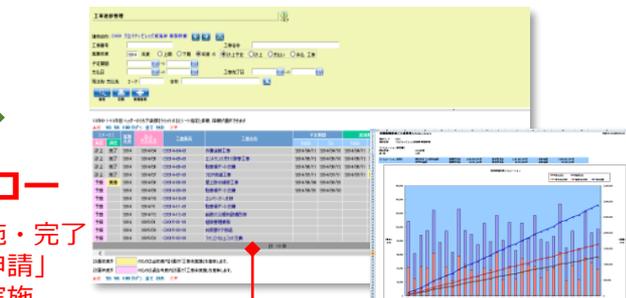
選択



実施

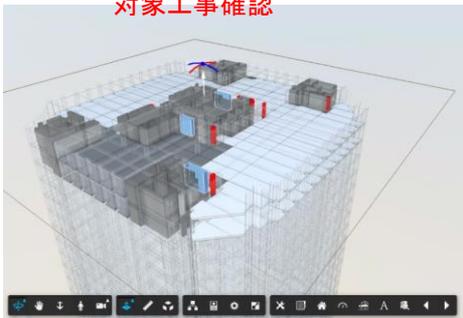
ワークフロー

予算・査定・実施・完了  
について「電子申請」  
「電子承認」を実施

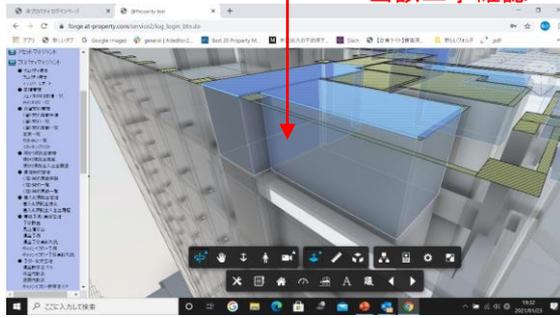


BIM

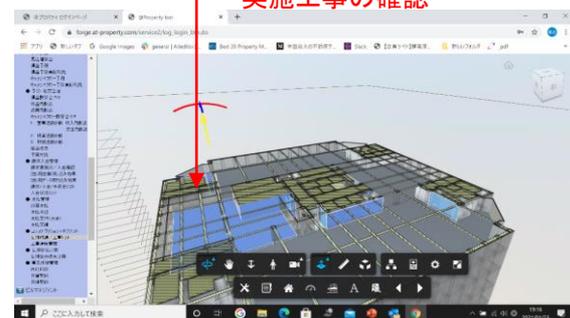
対象工事確認



当該工事確認



実施工事の確認



現地作業

現地区画の確認

現地区画の確認

BIM活用により業務省力化  
及び現地確認業務削減

# 検証等の結果 単年度工事及び中長期維持保全計画策定フローへのBIM導入

2021年度に5年に一度の劣化調査を実施し、2021～2025年の5か年の投資計画（Ⅰ）を策定の上、2021年度単年度の工事を実施中。その傍らで、劣化調査と現況確認を踏まえた2022年度から2026年までの5か年の中長期維持保全計画をリメイク策定した。この流れを次の2025年に実施する劣化調査まで、繰り返しつつ、工事計画を管理・実施していく。

	2020年度	2021年度
中長期維持保全 計画管理	劣化調査報告書作成 (5年に一回)  5か年計画(Ⅱ)策定 2022～2026年	<ul style="list-style-type: none"> <li>①劣化調査報告書チェック</li> <li>②現地確認(施工者、BM同行)</li> <li>③前年作成の2021～2025年5か年工事計画(Ⅰ) の再検討・候補工事エントリー</li> <li>④5か年計画のリメイク(Ⅱ.2022～2026年)</li> <li>⑤実施内容のデータ蓄積(BIM図に反映していく)</li> </ul>
単年度(次年度) 工事管理	2021年度工事計画 策定	<ul style="list-style-type: none"> <li>①劣化調査報告書チェック</li> <li>②現地確認(施工者、BM同行)</li> <li>③次年度対象工事の絞込み</li> <li>④見積査定</li> <li>⑤年間工程表作成 <ul style="list-style-type: none"> <li>⑥実施工程管理</li> <li>⑦竣工検査・引渡</li> <li>⑧オーナー申請</li> <li>⑨実施内容のデータ蓄積(BIM図に反映していく)</li> </ul> </li> </ul>

# 検証等の結果

# 中長期維持保全計画立案から計画進捗管理

劣化調査を実施し(2021年度実施)、5か年の中長期維持保全計画を策定する。それに基づく次年度を含めた5か年の改修工事計画立案及び実施管理フローにおけるBIM情報活用効果は以下の通り(施工期間6か月の特定天井落下防止工事を例に)。  
 定量的に20%程度の省力効果を目指していたが、13%程度の効果があることを確認。今後は実施した工事をBIM図に記載していくことができれば、現地確認作業等の定量効果はさらに向上する。併せて、定性的効果も見られ、定量・定性両面での生産性向上が期待できる。

作業概要	人数	before		after		定性的効果
	当社・BM 会社(人数)		時間 数		時間 数	
①劣化調査報告チェック (2021年度に策定した 5か年計画)	当社担当 者(2名)	劣化調査報告書確認(机上)	3×2	劣化調査報告書(机上+BIM図を活用)	2×2	BIM図共有による当 社と施工者間の確 認作業がスムーズ
②現地確認(施工者、 BM会社同行)	同上(2)+ BM(3)	BM会社からのヒアリング、同行 施工者からのヒアリング、同行	4×5 3×5	BM会社からのヒアリング、同行(BIM 図を活用) 施工者からのヒアリング、同行(BIM図 を活用)	3.5× 5 2.5× 5	空間単位でクレー ム・故障頻度を確 認できる次年度
③5か年改修工事の再 検討	同上(2)	現地確認のうえ、次年度工事を決 めたのち、優先度を勘案し5か年 計画策定、年間予算の平準化調 整	2×2	現地確認のうえ、次年度工事を決めた のち、優先度を勘案し5か年計画策定、 年間予算の平準化調整	2×2	
④5か年工程表のリメ イク	同上(3)	実施時期、優先順位、工費の月次 割付	2×3	実施時期、優先順位、工費の月次割付	2×3	
⑤劣化調査報告書及 び5か年計画の履歴管 理	同上(2)	実施した工事内容を引渡図に反 映	0	実施した工事内容をBIM図に反映	0	実施した工事をBIM 図に記入(施工者)し、 履歴管理が可能
			51		44	
				業務削減率		13.7%

# 検証等の結果

# 単年度改修工事計画～実施まで

中長期維持保全計画に基づく単年度の改修工事フローにおけるBIM情報活用効果は以下の通り(施工期間6か月の特定天井落下防止工事を例に)。定量的に20%程度の省力効果を目指していたが、10%程度の効果があることを確認。併せて定性的効果も見られ、定量・定性両面での生産性向上を期待できる。

作業概要	人数	before		after		定性的効果
			時間数		時間数	
①劣化調査報告チェック (2021年度に策定した5か年計画)	当社・BM 会社(人数)		時間数		時間数	
①劣化調査報告チェック (2021年度に策定した5か年計画)	当社担当者(2)	劣化調査報告書確認(机上)	3×2	劣化調査報告書(机上+BIM図を活用)	2×2	BIM図共有による当社と施工者間の確認作業がスムーズ
②現地確認(施工者、BM 同行)	同上(2)+ BM(3)	BMからのヒアリング、同行 施工者からのヒアリング、同行	4×5 3×5	BMからのヒアリング、同行(BIM 図を活用) 施工者からのヒアリング、同行(BIM図を 活用)	3.5×5 2.5×5	空間単位でクレーム・故障頻度を確認できる次年度
③次年度対象工事の絞込み	同上(2)	テナント通知の要否、施工 現地確認、難易度、クレーム履歴共有	4×2	テナント通知の要否、施工 現地確認、難易度、クレーム履歴共有 (BIM図を活用)	3×2	
④見積査定	同上(2)	設計図、見積の確認、査定	2×2	設計図、見積の確認、査定	2×2	数量(配管長)に対する信頼度向上
⑤年間工程表の作成	同上(3)	実施時期、優先順位、工費の月次割付	3×3	実施時期、優先順位、工費の月次割付	3×3	
⑥実施工程管理(工期4か 月)	同上(2)	月次進捗打合せ(1回/月×6)	2×2× 6	月次進捗打合せ	2×2 ×6	
⑦竣工検査・引渡し	同上(2)	現地立会検査	2×2	現地立会検査	1.5×2	図面をBIM化することで、事前準備、現地検査がスムーズ
⑧オーナー申請	同上(1)	工事内訳書確認、オーナー宛請求書発行	1.5×1	工事内訳書確認、オーナー宛請求書発行	1.5×1	固定資産データをオーナーに情報提供可能
⑨実施内容の履歴管理	同上(1)	竣工図面(紙)を受領	0	実施した工事内容をBIM 図で受領	0	施工者によるBIM 図での納品
			91.5		81.5	
				業務削減率		10.9%

### 検証の結果)

生産性に加え様々な効果やメリットの可能性について以下に示す。生産性以外の2)から5)のメリットについては現時点では定量的な評価は困難であるが、今後も関係者のヒアリングや実運用での効果検証などを継続し、定性的な評価に加え定量的な評価についても検証することとしたい。

### 「検証された効果」

#### 1) 業務効率化(生産性向上)

従来業務に比して概ね20%から30%の業務量を削減。現地調査や確認作業の回数削減、複数の図面、書類の検索、閲覧、記録などの作業を大幅削減

#### 2) 関係者間の情報共有(生産性向上と高度化)

対象となる区画・空間、設備・機器、構造・部材などの位置を3次元で特定するとともにその履歴管理が可能となった。管理者、オーナー、プロパティマネジャー、ファシリティマネジャーあるいは工事関係者(設計者・施工者)の情報共有も円滑化されると考えられる。主要オーナーを含む関係者へのヒアリングなどを継続し、既存レポートや業務報告などへの活用を順次検討していきたい。

#### 3) 不動産情報の一元管理(高度化)

不動産管理クラウドの活用により不動産運用に関する様々な情報が日常管理とともに正確に蓄積。BIMと連携することにより、視認性やエビデンスとしての正確さも向上した。不動産評価や施設への再投資戦略に効果的に活用可能と考えられる(今後定量化予定)。主要オーナーを含む関係者へのヒアリングなどを継続し、経営レポートなどへの活用を順次検討していきたい。

#### 4) 活用したEIRの有効性

BIMと不動産管理システムとの日常管理における連携の実現と効率よい業務省力化を実現

#### 5) 活用したBEPの有効性

仕様、詳細度、ボリュームなどについて想定通り効率よくBIMを構築することができた

### 「採択条件」

#### 1) 後続の事業者にとって参考となるよう具体的な実施方法、検証結果について報告すること

R2年度、R3年度を通じて既存大規模施設におけるBIM構築手法の検討およびその実施方法の一例を示すことができた。テナント管理業務、エネルギー管理業務、設備管理業務、工事管理業務および資産管理業務におけるBIM活用の試行を行うことができ、その内容と効果について検証することができた。サンプリングではあるが省力化などの効果については前述した。

#### 2) 不動産管理でBIMを活用するイメージを具体化し、それを実現するためのEIRをオーナー自身が策定し掲載

不動産管理におけるテナント管理業務、エネルギー管理業務、設備管理業務、工事管理業務および資産管理業務におけるBIM活用を試行した。どの業務においても既存の不動産管理システム(クラウド型)と一体的なBIM活用システムを構築し、オーナーを含む関係者(統括管理会社、ビルメンテナンス会社、ITベンダー、設計・施工者など)が簡易でどこからでも一体システムを利用できる体制を整備した。その一体システムの具体的な利用イメージを紹介した。EIRについては上記一体システムの構築を前提に、統括管理会社が主要オーナーと協議の上EIRを策定している。

#### 3) オーナーとしてBIMを使うための必要なスキルの水準を提示

クラウド型の一体システムを構築しているため、日常の不動産管理システムを利用できるスキルがあればオーナー自身も十分にBIMを活用することができる。工事の稟議、承認、内容の確認、資産計上など様々な場面で不動産管理システムと一体的にBIMを確認、閲覧できる。ただし、一体システムは構造・躯体の変更の必要がない日常管理を対象としているため、BIMの修正や改変が必要となる大規模修繕実施の際には別途施工者や管理会社との連携が必要である。

#### 4) 不動産オーナーのメリットを一般展開するための方法論

生産性向上などの効果はオーナーにとっては間接的とはなるが重要な効果であるため今後もさらなる定量化などを実施していく必要がある。また、オーナーや投資家に関心の高い、資産運用に関する経営報告や不動産評価あるいは施設への再投資戦略の立案においてもBIMの活用があると考えられる。JREITの運用報告書や各不動産のマンスリーレポートなどを参考に経営レポートなどへの活用を順次検討していきたい。

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

---

# 事業者としてさらに検討・解決すべき課題

今回成果を基本統合BIMとし、運用継続しながらさらにBIM情報の充実と活用をはかる

## ■今後の課題

今回は日常の不動産管理を対象に、テナント管理、設備管理、エネルギー管理、工事管理、資産管理などの業務を対象にBIMの導入を試行した。今後は長期修繕計画に基づいた大規模大規模修繕や設備更新が予定されており、その際に実施される工事情報などを活用し、更なるBIM情報の充実をはかっていく必要がある。また、蓄積された情報（ビックデータ）の分析などを実施し施設全体の長寿命化とWhole Life cost最適化をはかっていくことが今後のテーマである。

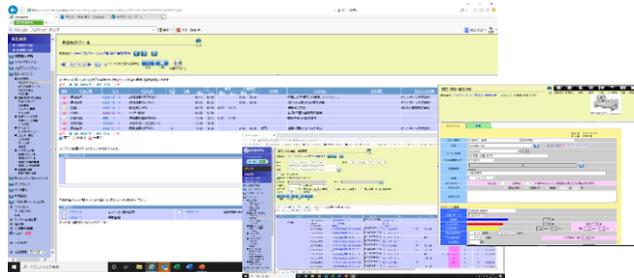
R2およびR3年度成果

今後

不動産管理クラウド

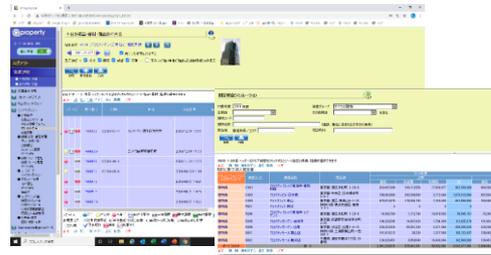
### 不動産管理情報のデジタル化と記録

賃貸契約、法人情報、空間・部屋情報、主要設備情報のDB構築



### 履歴管理とデータの蓄積・充実

工事履歴（資金的支出、経費的支出）、依頼クレーム事項、各種メンテナンス履歴のDB構築



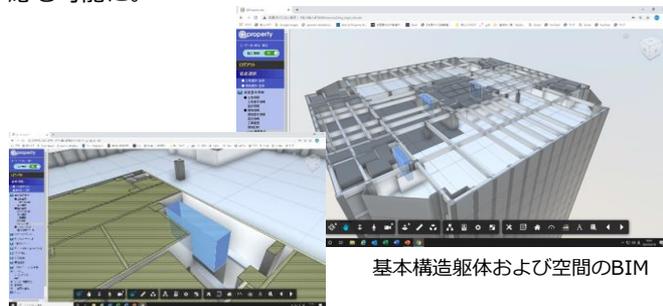
### 蓄積されたビックデータの分析

蓄積された賃貸契約情報、収益情報、顧客クレーム情報、エネルギー消費量、光熱水費、工事情報、メンテナンス情報を統計解析



### 既存施設の基本統合BIMの構築

柱・壁・床・梁・スラブなど基本構造物を正確にBIM化。面積算定や区画の設定などの基礎となる情報インフラを構築。エネルギー管理や設備管理の対象となる主要設備のBIM化もはかり関連業務でのBIM活用を実現。国際面積基準等への対応も可能に。

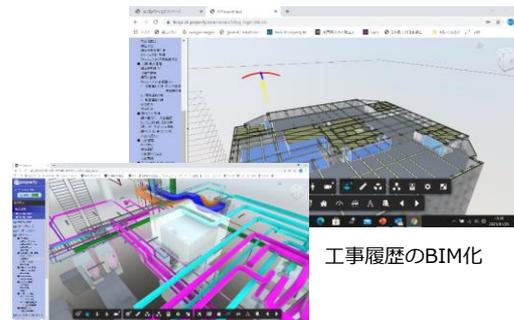


基本構造躯体および空間のBIM

主要設備のモデル化BIM

### 工事情報・設備情報などBIMの充実

不変オブジェクトを中心に正確に構築された基本統合BIMを活用し、工事情報の充実や設備関係のBIM情報を順次追加。

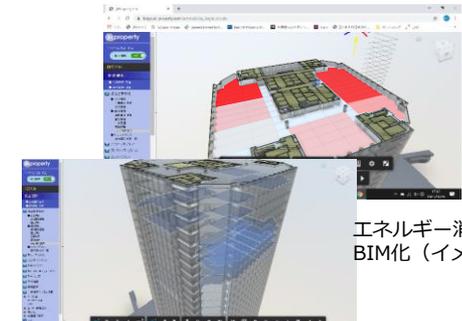


工事履歴のBIM化

大規模修繕時の設備情報のBIM化

### ビックデータ解析結果の可視化

平均賃料、空室率、NOIなどの賃貸事業に関する様々なKPIや最適な修繕周期予測や顧客満足度、エネルギー消費量などの分析結果をBIMで可視化する



エネルギー消費量BIM化（イメージ）

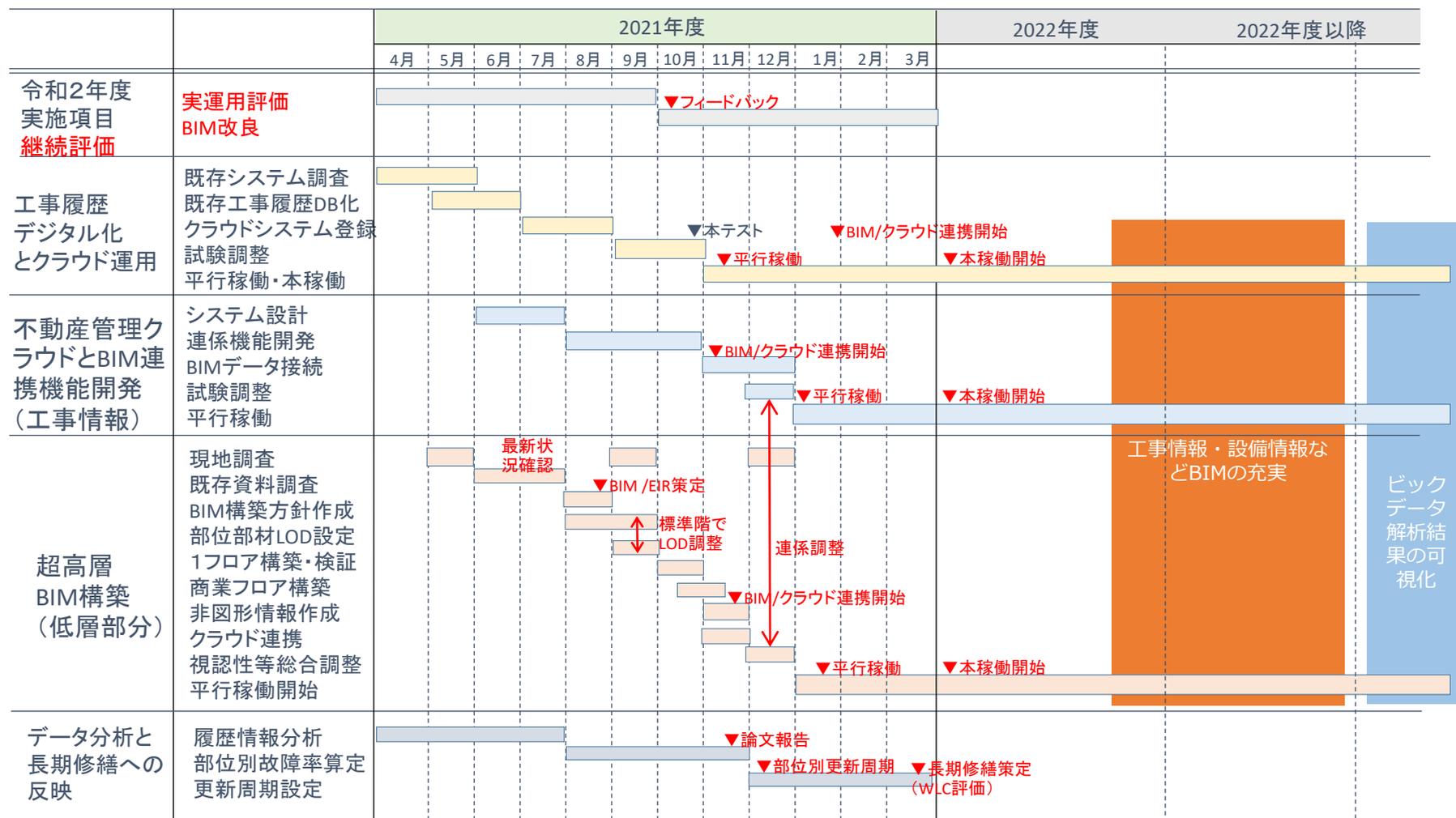
空室率のBIM化（イメージ）

BIM

# 今後の課題検討にむけたロードマップ

## ■今後の計画

今後は長期修繕計画に基づいた大規模大規模修繕や設備更新が予定されており、その際に実施される工事情報などを今回構築した基本統合BIMに追加・変更する計画である。また、蓄積された情報（ビックデータ）の分析などを実施し施設全体の長寿命化とWhole Life cost最適化をはかっていく計画である。

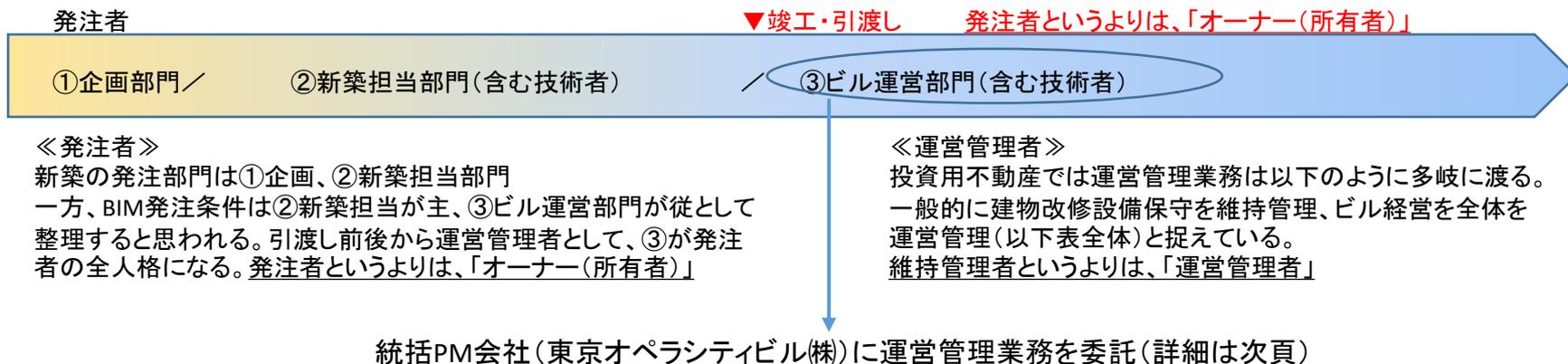


# より発展的にBIMを活用するための今後の課題(参考意見)

## 竣工後の幅広い運営管理業務へのBIM活用の提案

### ■オペラシティブルの運営管理業務におけるBIM活用

本プロジェクトは既存大型施設の賃貸用ビル「オペラシティブル」におけるBIM活用の検証となった。東京オペラシティブル(株)は統括PM会社として、いわゆる維持管理を含む運営管理業務を幅広く行っている。発注者という呼称は建物を建築する際のもので、竣工後は具体的な工事などの発注以外はオーナー(所有者)という呼称が一般的であり、東京オペラシティブルはこのオーナー(共同)より運営管理業務を受託しオーナーの代行としてその業務を推進している。運営管理業務は多岐にわたりいわゆる“維持管理業務”はその一部となる。



### 主要な運営管理業務(オペラシティブルにおけるオーナー業務を推進)

(1)維持管理全般に関する業務及び 日常管理業務	【管理部担当】 「狭義の」建物(土地)維持管理業務(改修工事+設備保守) 日常管理業務(防災警備、日常保守メンテ、清掃、物流 etc)
(2)賃貸施設、賃借人の管理	【営業部担当】 要望・クレーム等テナント対応業務、入居条件交渉、新規募集業務
(3)収支管理、支払管理	【総務部・営業部・管理部】 テナント収入管理、エネルギー使用料等費用管理、オーナー送金管理

本プロジェクトでは様々な運営管理業務を対象にBIM活用の可能性を検証した。本格的な効果検証や運用は今後であるが、不動産管理、ビル管理を含む建物の運用管理に携わる事業者の皆さんの参考になれば幸いである。尚、現行のガイドラインは維持管理業務以外の業務はスコープされていないと推察されるため、参考意見として提示することとする。

# 参考 オペラシティブルにおける運営管理業務とBIM導入の取組

■オペラシティブルにおける運営管理業務(維持管理含む)と本事業のBIM導入取組  
 (前ページより)以下表に東京オペラシティブルが受託している契約業務を掲載する。**R2年度の取り組みはエネルギー管理、テナント管理業務に、R3年度は単年度工事計画と中長期投資計画策定業務にBIMの導入検証を実施した。**

NO	業務名			仕様	
(1)	維持管理全般に関する業務	理管持維	日常管理	防火設備 防火防災業務・防犯業務・監視業務・受付業務	
				設備管理	設備機器の運転監視・建物及び設備の維持保全、工事及び点検の立会
			清掃	日常清掃・定期清掃・ゴミ処理・高所作業・植栽・消毒 等	
			駐車場	場内管理運営業務・駐車場保守点検業務	
			通信	PBX保守・運用業務	
			物流	館内物流管理業務	
				電波障害施設	保守点検(年1回)・電話受付対応(9時~20時)
			定期管理	昇降機	エレベーター・エスカレーター設備の定期保守点検
				主要設備	電気・空調・衛生・防災・建築・空気バネ等主要設備の定期保守点
			随時管理		主要設備以外の設備の随時保守点検・臨時特別清掃 <b>等R3年度取組</b>
	修繕		建築・設備・物品等の小修繕		
	投資工事		大型投資工事の5か年計画、次年度実施計画策定、実施管理		
(2)	利用運営に関する業務	オフィス・商業の管理		オフィス・商業テナントの賃貸借に関する管理業務	
		その他施設の管理		文化施設等、関連付随施設の管理業務	
(3)	収支精算及び報告業務			契約期間中の管理経費(エネルギー使用料、賃貸料等)の収支精算 事業運営会議、区分所有者集会等の事務局業務 その他管理・運営に関し必要な事項	

R2年度取組

R2年度取組

R3年度取組

# より発展的にBIMを活用するための今後の課題(参考意見)

## 賃貸用不動産におけるBIM活用の可能性提案

### ■賃貸用不動産におけるBIM活用の可能性

本プロジェクトは既存大型施設の賃貸用不動産におけるBIM活用の検証となった。テナント管理など賃貸用不動産の主軸業務におけるBIMと不動産情報の連携をはかるとともに、省力化など一定の効果も把握された。今後も賃貸用不動産におけるBIM活用の先例になると考えられる。我が国にはJREITを含む多数の賃貸用不動産があり今回検証した事務所ビルはその典型的な不動産である。他施設への応用・発展が可能であると考えられるが、そのためには以下の各観点の課題を検討する必要がある。

#### ①プロパティマネージャー(PM)の位置づけ

法人・企業が利用する不動産は大きくCRE(企業不動産)と賃貸用不動産に分類される。前者は企業が所有・利用する社屋、支店支社、工場、店舗、研究施設など様々である。これらの施設の統括管理がファシリティマネジメント(FM)であり、FMとBIMについては各界、各案件での検討がすすみFM-BIMの事例も進展しているところである。

一方賃貸用不動産もオフィスビル、住居、物流施設、商業施設、データセンターなど多様である。これらの施設の統括管理はプロパティマネジメント(PM)である。PMの役割は施設を管理・運営するだけでなく賃貸事業の推進や施設への再投資を実施するなどビルの経営的な業務である。本プロジェクトでは東京オペラシティビルがPMの役割を担った。本プロジェクトを含む多くの事例や案件を重ねることで、PMとBIMの連携についても発展・普及できる可能性がある。

#### ②最高情報責任者(Chief information officer:CIO)の位置づけ

不動産管理業務においては多くの情報システムが活用される。特に賃貸用不動産においてはテナント管理のためのシステムや連携する会計システム、顧客管理システムなどに加えてテナントへの変動費請求などに必要となるBEMSや大型施設であれば中央監視システムやセキュリティシステムなどがある。本プロジェクトで導入したBIMはこれらのシステムとの連携を前提とすることにより実際の業務フローに対応することができた。企業においてはITや情報システムを統括する責任者(CIO)の存在が不可欠でありBIMもその管理下で導入される必要がある。本プロジェクトでは東京オペラシティのCIOがその役割を担った。またCIOの配下で不動産クラウドベンダーがBIMマネージャーも兼任することにより、複数システム間の連携を推進することができた。BIMも情報システムである限り発注者におけるCIOの位置づけや役割を明確化する必要があると思料する。

本プロジェクトでは様々な賃貸用不動産を対象にBIM活用の可能性を検証した。本格的な効果検証や運用は今後であるが、不動産管理、アセットマネジメント、プロパティマネジメントなどの事業者の皆さんの参考になれば幸いである。尚、現行のガイドラインは賃貸用不動産に関する主たる業務はスコープされていないので本提案の関係性は希薄であるため、参考意見として提示することとする。

# 参考 建物竣工後の不動産管理に関する業務体系

公共および民間において用途や目的に対応した不動産管理の業務体系が定着している。

	民間		公共	
	投資用不動産	事業用不動産	公共(事業用)	公共(基盤)
財務戦略 資金調達 投資戦略 売却戦略	<b>アセットマネジメント</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>●投資スキーム構築</li> <li>●運用方針、戦略策定</li> <li>●資金調達</li> <li>●不動産取得・売却</li> <li>●ポートフォリオ管理</li> <li>●不動産リスク管理</li> <li>●PM選定</li> <li>●投資計画立案・実施</li> </ul>	<b>CREマネジメント</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>●財務戦略(不動産)</li> <li>●不動産売却戦略</li> <li>●資金調達・投資スキーム</li> <li>●債務返済含む資金運用</li> </ul>	<b>PREマネジメント</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>●財務戦略(公有資産)</li> <li>●債務返済含む資金運用</li> <li>●資金調達・投資スキーム (PFI、ファンド活用)</li> </ul>	
不動産 取得 計画・建設		<b>民間ファシリティ マネジメント</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>●不動産活用戦略</li> <li>●企業立地戦略</li> <li>●施設統廃合</li> <li>●ポートフォリオ管理</li> <li>●不動産リスク管理</li> <li>●パートナー選定</li> <li>●投資計画立案・実施</li> <li>●賃借管理</li> <li>●FMコスト管理</li> </ul>	<b>公共ファシリティ マネジメント</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>●公有資産活用戦略</li> <li>●施設統廃合</li> <li>●ポートフォリオ管理</li> <li>●リスク管理</li> <li>●パートナー選定</li> <li>●投資計画立案・実施</li> </ul>	<b>土木アセット マネジメント</b>
不動産 運用管理	<b>プロパティマネジメント</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>●ビル運営計画</li> <li>●コスト管理、品質管理</li> <li>●渉外業務</li> <li>●テナント管理業務</li> <li>●会計業・財務管理</li> <li>●施設再投資</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ワークプレイス戦略</li> <li>●工事管理・設備管理</li> <li>●エネルギー管理</li> <li>●環境管理</li> <li>●ITインフラ管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●施設利用管理</li> <li>●工事管理・設備管理</li> <li>●エネルギー管理</li> <li>●環境管理</li> <li>●ITインフラ管理</li> </ul>	
施設・設備 管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>●設備管理業務</li> <li>●保安警備業務</li> <li>●清掃衛生業務</li> <li>●維持管理業務</li> </ul>			

本プロジェクトの対象業務

現行ガイドラインの対象と思われる業務

# 発注者情報要件(EIR) およびBIM実行計画(BEP)の検証結果

---

# 発注者情報要件(EIR)策定にあたっての要件と考え方

EIR策定にあたってはBIM及び不動産管理システムを発注している**統括管理会社(ライフサイクルコンサルタント)**が**主要オーナーと協議の上**、日常の運用管理で有効活用できることを前提、本プロジェクトの実情や特性を踏まえEIR策定の要件を以下のように設定した。これらの要件は前述した課題やプロジェクト推進上のポイントあるいは新たな課題を解決するものでもある

## EIRの要件)

- BIMとの連携が効果的でありかつ業務効率化のニーズの高い業務を対象とする
- 設計BIM、施工BIMは存在していなため、現状の最新図面(2次元)および現地調査などからBIMを構築する
- 国際的な面積基準への対応やフレキシブルなテナント区画変更など、大規模な賃貸事業を対象とする不動産管理に対応したBIMを構築する。
- 不動産管理システムなど既存システムとの連携をはかる

## EIR策定の考え方)

### 1) 不動産管理でBIMを活用する具体的なイメージ

既存の運営管理に支障をきたすことなく、また大勢の関係者(所有者、統括管理者、ユーザ、パートナー企業)の参画を可能とする。すでに導入し日常の運用管理で活用している既存不動産管理システム(SaaS型)と一体システムとし、関係者は一体システムを利用することで自然に不動産管理業務においてBIMを活用できるようにする。日常の運用は統括管理会社が遂行するものであるが、BIMを活用した業務報告やレポート、あるいは電子りん議を含むワークフローを通じて所有者も参加できる体制とする。

### 2) BIM構築の考え方

構築範囲: 2次元図面と区画図、設備メーター台帳および現地調査から集約できる情報の範囲で構築する

### 3) 発注者の利用目的

不動産管理システムと連携させることにより、日常管理において可視化すべき構造物、エリア、設備などをBIMビューワー上で明示することを目的としてテナント管理業務、設備管理業務、エネルギー管理業務において別途構築する不動産管理システム(クラウド)と連携し活用されることを目的とする

# 発注者情報要件(EIR)のサンプル

BIM発注者情報要件(EIR)を作成しBIM構築およびその後の運用管理において活用した。

## 1) 技術面

標準的なBIMビューワーを活用するため、当該ビューワーに取り込むことが可能な容量、データ形式で構築する。

モデル : 建築およびモデル化された主要設備の統合BIM

レベル : 構造・躯体・外壁・コアなどはLOD200相当 不変オブジェクトとして分類

主要設備(メーター・空調機)および共用部主要配管はモデル化しLOD100相当 半不変オブジェクトとして分類

貸室・諸室はモジュール化したモデルでLOD100相当 可変オブジェクトとして分類

低層部などの共用空間、諸室、および外装は空間としてLOD100相当のモデルを設定する

DATA形式: Autodesk社の提供するForgeを前提としRevit2021バージョンで構築

属性情報 : 空調設備(AHU、FCUなど)、メーター、空間・テナント区画など属性情報および日常の管理情報は既存不動産管理システムで一元管理されているため、輻湊化防止の観点からBIMモデルには格納しない。躯体・構造物を含むすべてのモデルにおける基本属性情報はファミリ名、階数、既存システムと整合された名称、要素IDとする。

## 2) 運用管理面

構築範囲: 2次元図面と区画図、設備・メーター台帳及び現地調査情報から集約できる情報の範囲で構築する

役割分担: ビルオーナー(LCC)が2次元情報を提供し発注、BIMマネージャーが全体を統括し、受託者がBIM作成

調整 : 各段階においてビルオーナーとBIMマネージャーが協議し構築するBIMの視認性などを調整

## 3) 発注者の利用目的

不動産管理システムと連携させることにより、日常管理において可視化すべき構造物、エリア、設備などをBIMビューワー上で明示することを目的としている。テナント管理業務、設備管理業務、エネルギー管理業務、工事管理業務において別途構築する不動産管理システム(クラウド)と連携し活用されることを目的とする。不動産管理クラウドなど既存システムとの連携のために、フロアごとにオブジェクト名称、BIMコード(要素ID)\*を記載した非図形に関するテキスト(CSV)データを作成活用す

### 👉本プロジェクトでの検証結果)

現地調査などから不動産所有者が提供する図面や資料が最新のものであることが確認されたことから、上記EIRによる構築は実現できた。最終的な業務省力化効果の結果などから対象業務やその範囲も適切であったと思料する。ただし、日常管理の範囲を超えたイベント(大規模改修)の場合は設計者や施工者の参画も検討する必要がある。

# BIM実行計画(BEP)策定にあたっての要件と考え方

BEP策定にあたっては、本プロジェクトの実情や特性を踏まえBEP策定の要件を以下のように設定した。これらの要件は前述した課題やプロジェクト推進上のポイントあるいは新たな課題を解決するものでもある

## BEPの要件)

- 設計BIM、施工BIMは存在していなため、現状の最新図面(2次元)および現地調査などからBIMを構築する
- 大型施設である点を考慮しBIMとして正確に構築するオブジェクトとモデル化するオブジェクトに分類
- 現状あるいは将来の変更にも対応できる空間オブジェクトを活用
- 不動産所有者、管理会社(エンドユーザ)との対話を継続。日常の運用管理で活用できるBIMに調整する

## BEP策定の考え方)

### 1)プロジェクト情報

規模 地上54階、地下4階、塔屋2階 延床面積242,544㎡ ※7階から54階事務所部分を対象とする  
期間 3か月程度でBIMを構築を完了する。その後の連携作業の中で調整をはかる

### 2)プロジェクトの目的・BIMの目標

建築と設備を一体化させた統合BIMを構築  
クラウドビューワで円滑に取り込み、表示、運用できる容量のdataとする

### 3)実施体制

不動産所有者(LCC)と連携し構成員であるBIMマネージャーが構築プロジェクトを統括する  
委託により受託者である早稲田大学にてBIMモデルを作成する

### 4)運用の考え方

構築後の権利関係を明確にする。

基本的にはBIMの著作権は早稲田大学、使用权は作成終了と同時に不動産所有者(発注者)に移転することとする。BIM自体の使用权は不動産所有者がその後も保持し、大規模な変更やその後の修正については管理会社、設計者、施工者の参画を可能とする

# BIM実行計画(BEP)のサンプル

BIM実行計画(BEP)を作成し活用した。

## 1)プロジェクト情報

- 規模 : 地上54階、地下4階、延床面積242,544㎡ (第1期R2年度は高層部分、第2期E3年度は低層部分)
- マイルストーン
- ・STEP1 BIM構築のための現地調査、図面情報の把握・収集
  - ・STEP2 東京オペラシティビルBIM基本モデル制作
  - ・STEP3 不動産管理クラウドとBIM情報の連携実施
  - ・STEP4 BIM活用業務フローの試行、生産性評価

## 2)プロジェクトの目的・BIMの目標

不動産管理システムと連携させ日常管理において可視化すべき構造物、エリア、設備などをBIMビューワー上で明示する

BIMモデル : 建築およびモデル化された主要設備の統合BIM

BIM・LOD : 構造・躯体・外壁・コアなどはLOD相当 不変オブジェクトとして分類

主要設備および共用部配管はモデル化しLOD100相当 半不変オブジェクトとして分類

貸室・諸室はモジュール化したモデルでLOD100相当 可変オブジェクトとして分類

BIM構築: Revit2021バージョンで構築 既存システムと連携するためのデータエクスポートにはDynamoを活用

不動産管理システムとBIMの一体システム構築

テナント管理業務、設備管理業務、エネルギー管理業務、工事管理業務(経費的および資本的支出工事、長期修繕計画)において別途構築する不動産管理システム(クラウド)と連携し活用されることを目的とする。

## 3)実施体制

構成員であるBIMマネージャーからの委託により受託者である早稲田大学にてBIMモデルを作成する。

## 4)運用の考え方

BIMの著作権は早稲田大学、使用权は作成終了と同時に不動産所有者(発注者)に移転する。

作成されたBIMデータ(図形)をAutodesk社提供のForgeのクラウド上に保管し、構成員であるBIMマネージャーが運用するクラウドとして運用する。BIMから排出された機器・構造部材に関する非図形データ(CSV形式)は不動産管理クラウドの基礎情報として活用する。今後、BIMに修正や変更が必要な場合は別途協議の上、構成員が受託者に発注する。

## 👉本プロジェクトでの検証結果)

発注者から提供される情報(図面)が適切であったため、所定の期間で既存高層施設のBIMの構築を実現することができた。不動産管理システムとのリアルタイムの連携も支障なく実施でき適切に計画を推進した。今後大規模な修繕や更新を実施した際にはBIMマネージャーに加え、設計者や施工者の参画も検討する必要がある。

BIMを活用した不動産プラットフォーム  
の構築による既存オフィスビルの  
施設維持管理の高度化と生産性向上

## 検証結果報告 資料 2

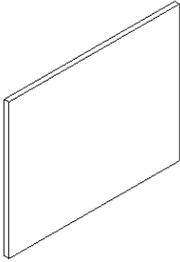
---

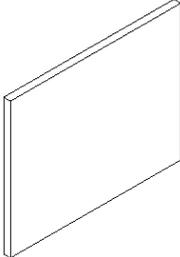
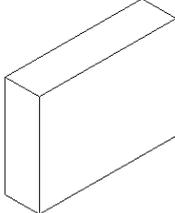
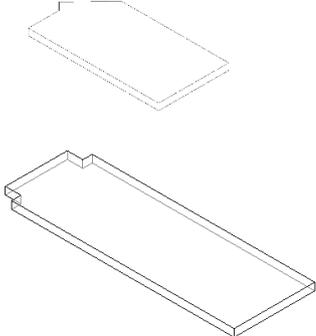
# BIM モデルガイドライン

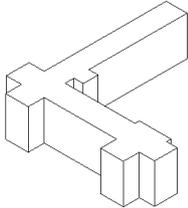
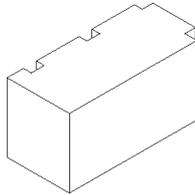
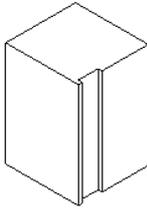
令和4年3月

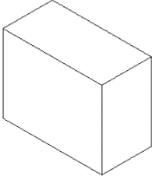
東京オペラシティ株式会社  
プロパティデータバンク株式会社

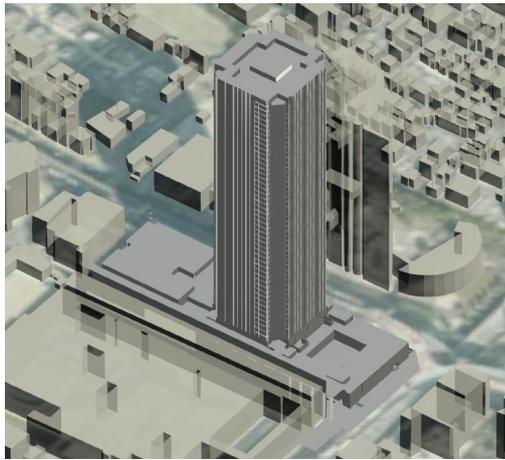
早稲田大学創造理工学部建築学科石田研究室

分類	ファミリー	タイプ	LOD/用途	作例	その他
通り芯					
	高層階柱	745 x 745mm	LOD : 200 正確な直径 で作成する こと		
	低層階角柱	390×600 400×400 400×600 480×480 500×500 500×800 500×400 517×517 520×655 520×520 520×520 570×570 600×600 600×680 他 250 種類	LOD : 200 正確な直径 で作成する こと		
	低層階 M_円柱	直径 1400 mm 直径 1010 mm 直径 1000 mm 直径 1300 mm 直径 1270 mm 直径 1170 mm 直径 1230 mm 直径 1210 mm 直径 1200 mm	LOD : 200 正確な直径 で作成する こと		
	壁高層階	一般 - 130 mm 内壁 - 135 mm 間仕切り(2 時 間) 一般 - 350 mm 一般 - 400 mm 一般 - 200 mm 一般 - 445 mm 一般 - 450 mm 他 139 種類	LOD : 200 正確な壁厚 で作成する こと。		

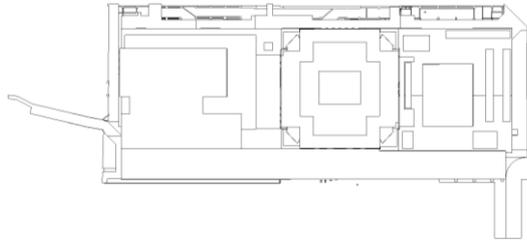
	壁低層階	一般 - 350 mm 一般 - 400 mm 一般 - 200 mm 一般 - 445 mm 一般 - 450 mm 他 140 種類	LOD : 200 正確な壁厚 で作成する こと。		
	メーター		LOD : 200 正確な位置 に設置する ことに加え、 遠景から見え る大きさとする。		
	AHU		LOD : 200 正確な位置 に設置する ことに加え、 遠景から見え る大きさとする。		
	FCU		LOD : 200 正確な位置 に設置する ことに加え、 遠景から見え る大きさとする。		
	AC		LOD : 200 正確な位置 に設置する ことに加え、 遠景から見え る大きさとする。		
部位	床		LOD : 200 内部を閲覧 する際に歩 行者のオブ ジェクトが 歩行できる ようにする。 Revit 上 でのモデル： 一般モデル 使用		ウォークスル ー時に歩行が 可能なモデル とする。
空間	居室 (床下)		LOD : 200 床下の空間 の厚みがわ かるように	床と兼用	ウォークスル ー時に歩行が 可能なモデル

			する		とする。
空間	居室		LOD:200 内法天井高さで表現する。 Revit 上でのモデル: 部屋機能で作成		ウォークスルーで閲覧するため、非表示。
空間	居室(天井裏)		LOD:200 天井裏の空間の厚みがわかるようにする。 Revit 上でのモデル: エリア機能で作成		ウォークスルーで閲覧するため、非表示。
空間	共用部		LOD:200 Revit 上でのモデル: 一般モデル		
	共用部		LOD:200 Revit 上でのモデル: 一般モデル	 一般モデル	共用部にある居室を表現する。
空間	EV		LOD:100 各階で分割して作成する。 Revit 上でのモデル: 一般モデル	 一般モデル使用	エレベータ空間の形状を描く。

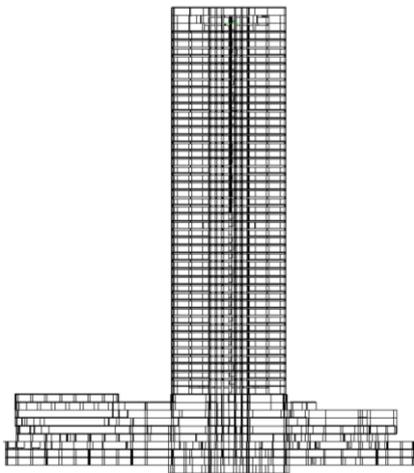
空間	階段室		LOD: 100 階段室の大きさがわかるように作成する。 Revit 上でのモデル： 一般モデル	 一般モデル使用	
----	-----	--	---	---	--



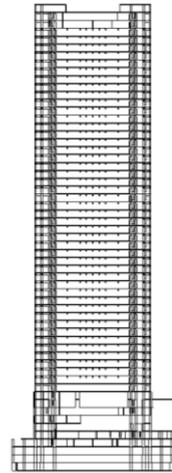
a. 全体像（周辺を含む）



b. 配置図



c. 南北断面



d. 東西断面

図 BIM データの全体像

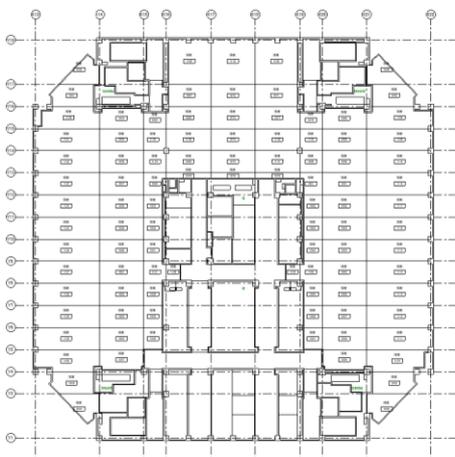


図 平面図（8階）

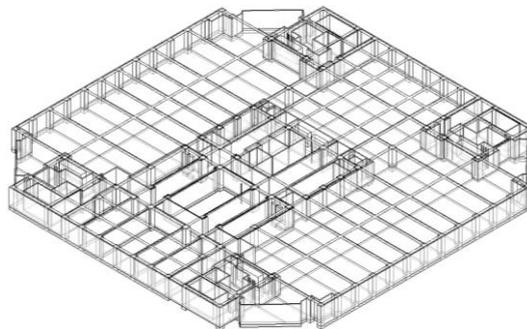


図 8階の BIM データ

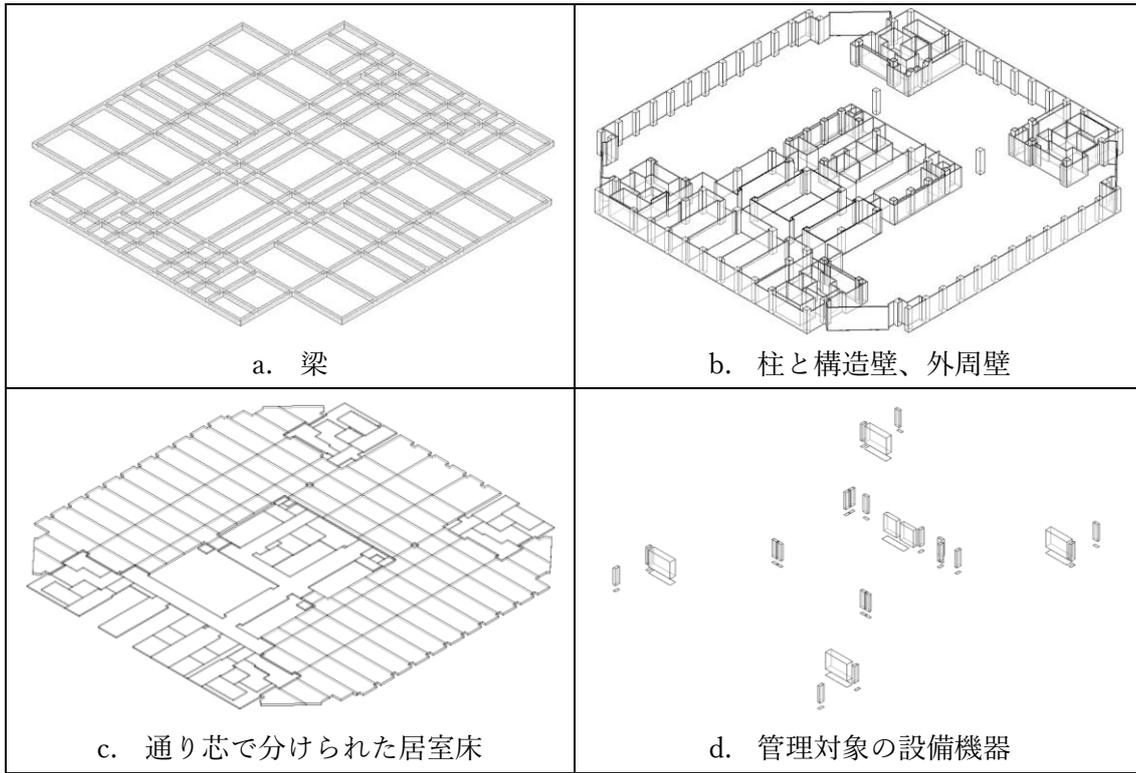


図 分類別で表示した BIM データ

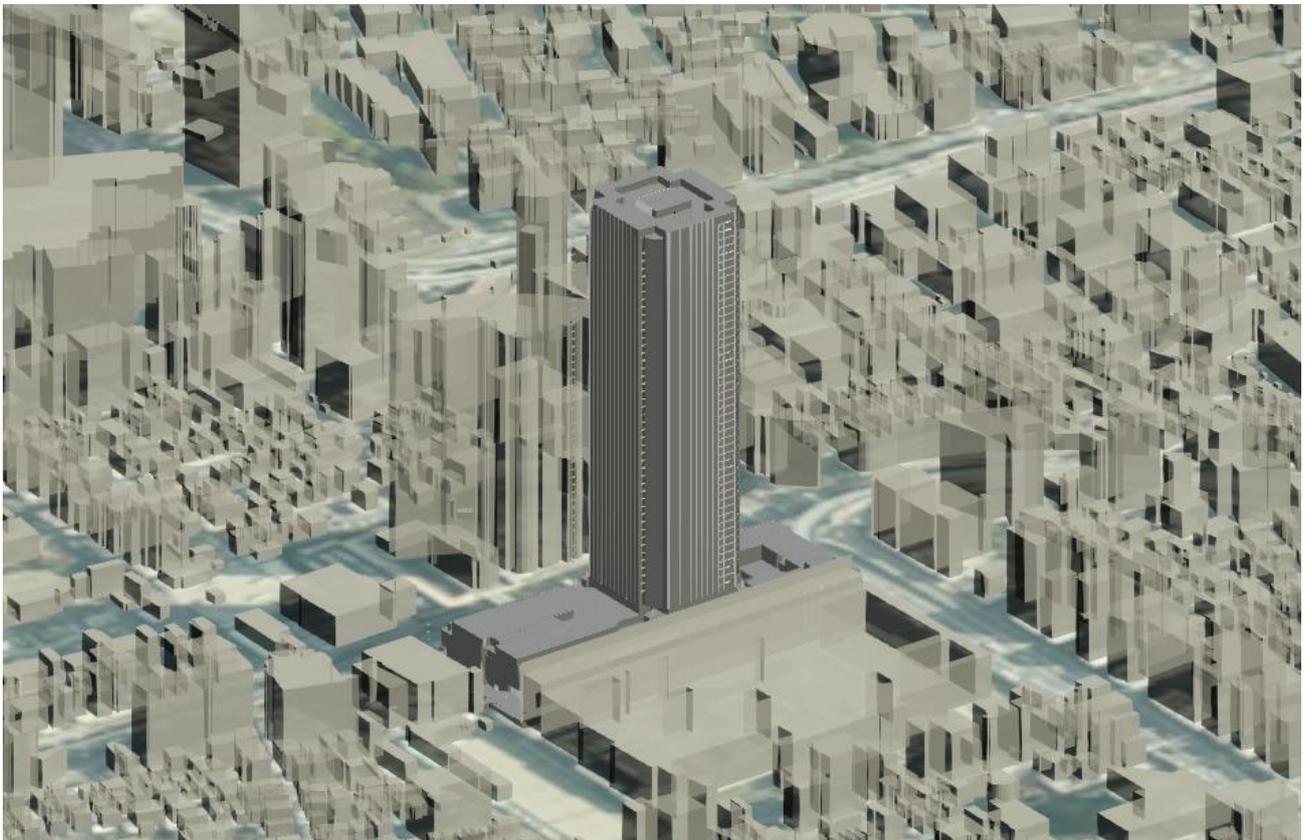
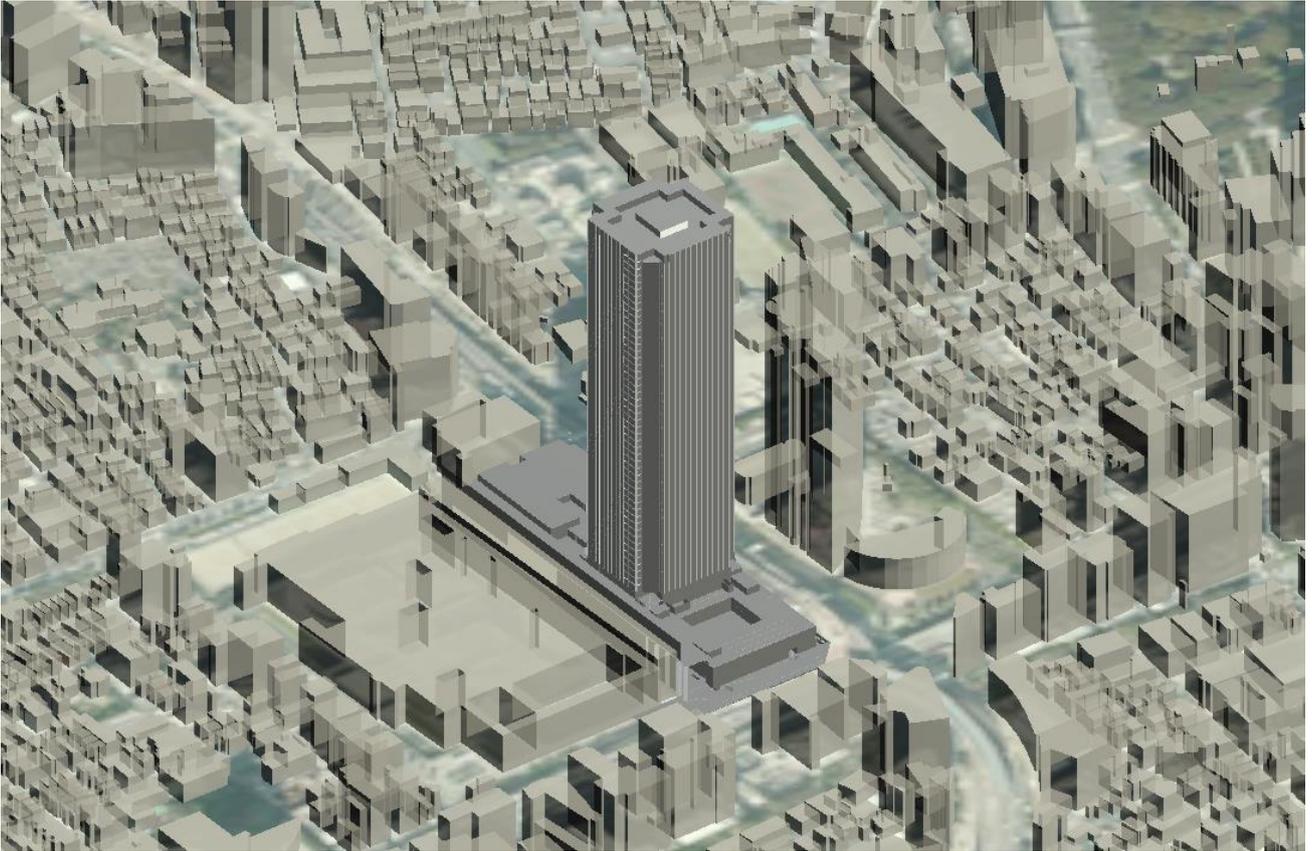


図 PLATEAU の OBJ 形式データを読み込んで確認した構築 B I M データ

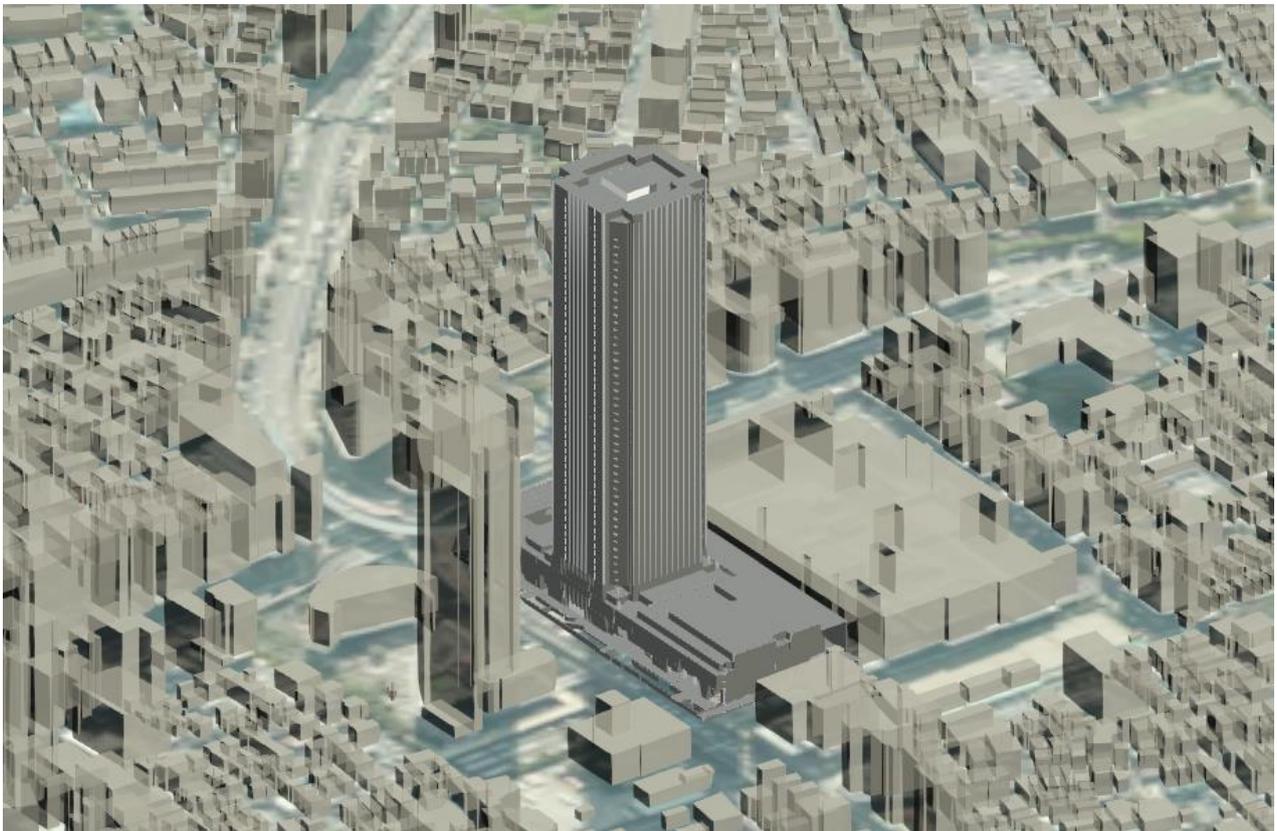
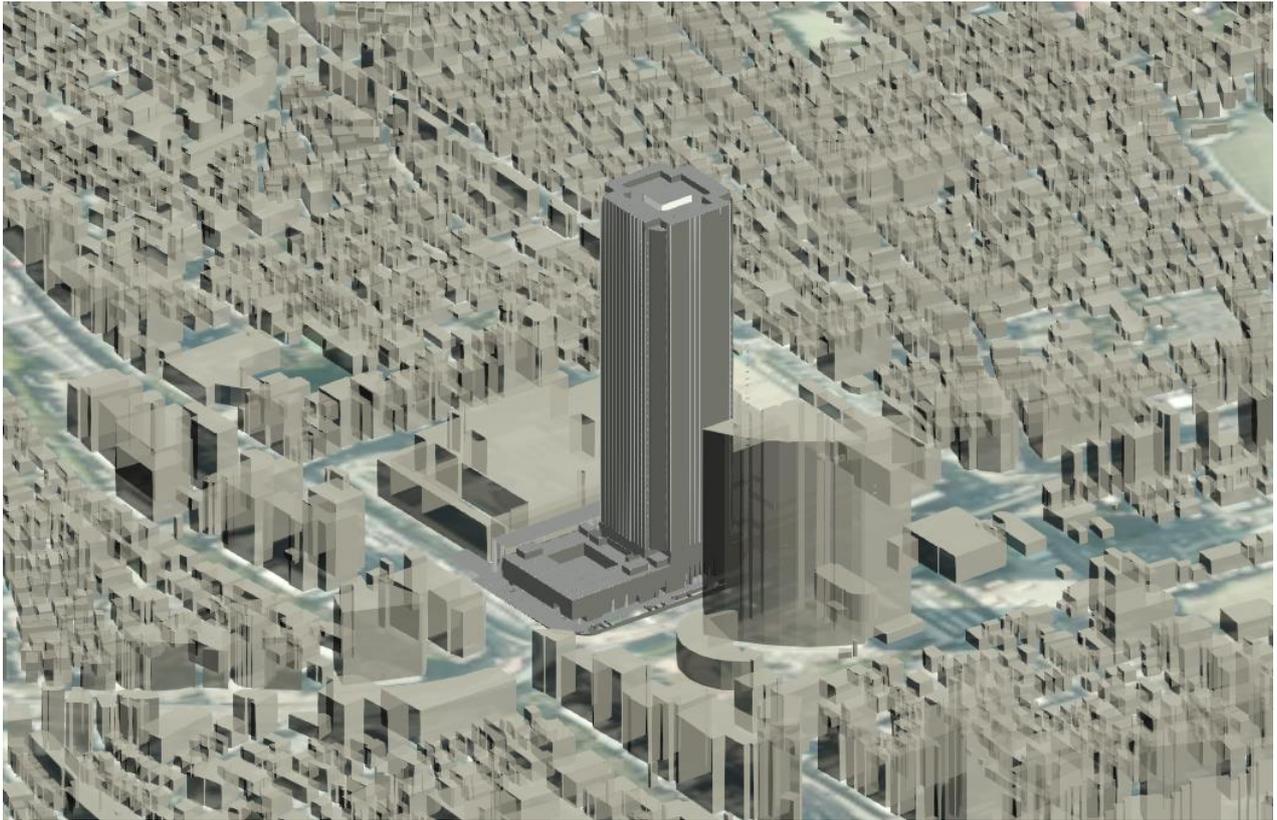


図 PLATEAU の OBJ 形式データを読み込んで確認した構築 B I M データ

### 3Dモデルの表示方法

Revit で作成した BIM データを不動産管理クラウドと連携されるために Autodesk Forge 用のデータに変換し、利用する。この Autodesk Forge では、2020 年 1 2 月時点では、Revit の 3D モデル表示におけるレンダリング設定が引き継がれる仕様のため、Revit 内で表示方法を設定する必要がある。不動産管理クラウドと連携した際に、視認性の良い BIM データ全体の表示色やレンダリング方法の検証を行った結果、「透過率 50%」を採用した。

以下の図は 3D モデル表示の際の見た目を検討した際の候補の例である。

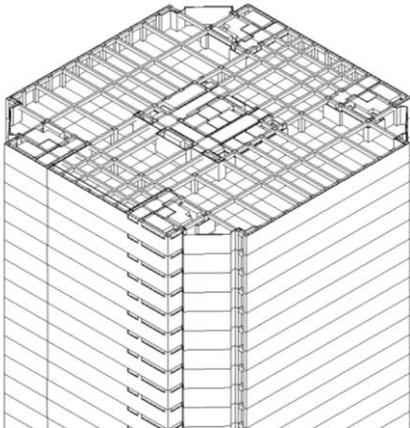


図 Revit における標準的な表示

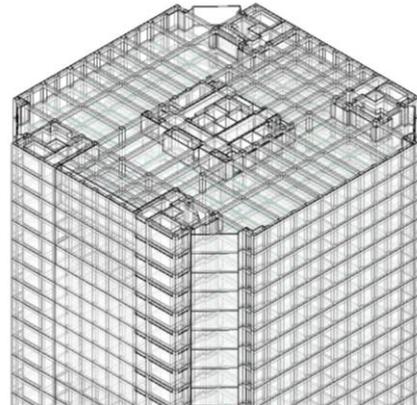


図 透過率 50%

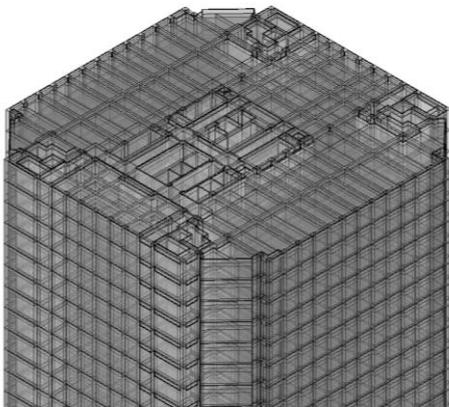


図 べた塗 60%

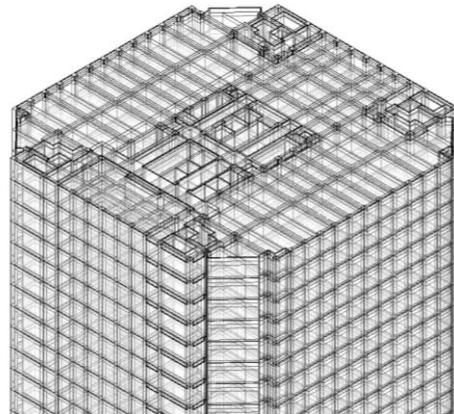


図 陰線処理 70%

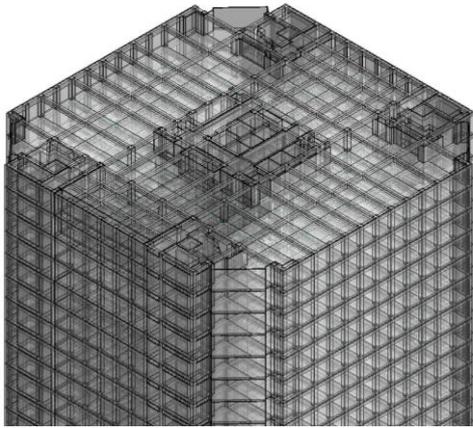


図 シェーディング透過50%

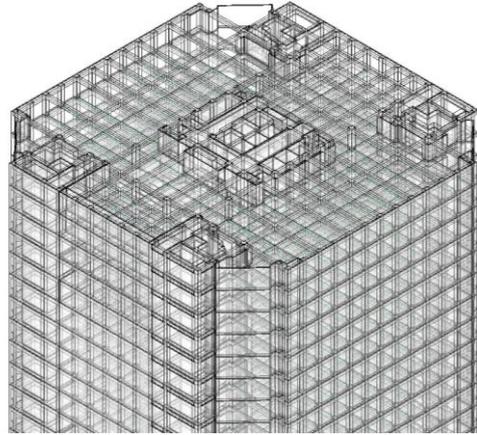


図 陰線処理80%

### 階数の表示方法

不動産管理クラウドとBIMデータを連携し、設備機器の管理情報を閲覧する際に、ウォークスルー機能を実装している。今回の対象のオフィスビルは階数が多いため、閲覧時に何階を見ているかをわかりやすくするために、各階のフロア内に階数を3Dモデル表示できるように追記した。

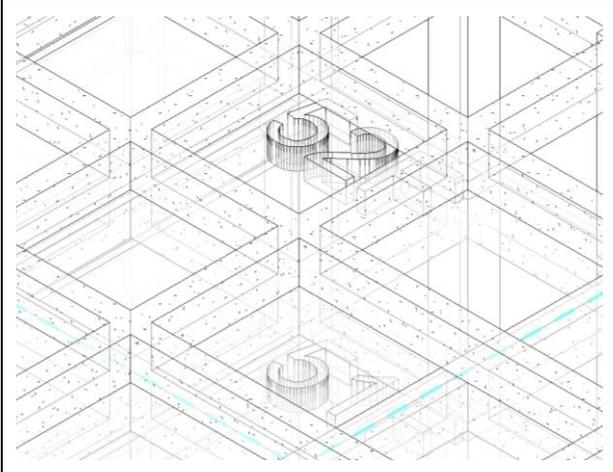
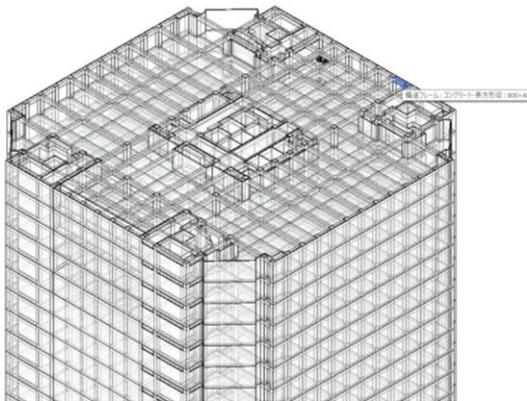


図 各階のフロア番号をオブジェクトとして設置

BIMを活用した不動産プラットフォーム  
の構築による既存オフィスビルの  
施設維持管理の高度化と生産性向上

## 検証結果報告 資料 3

# 既存大型施設における BIM を活用した 維持管理システムの構築に関する 基礎調査

ESTABLISHMENT OF MAINTENANCE MANEGEMENT SYSTEM

UTILIZING BIM IN EXISTING

LARGE-SCALE FACILITIES

早稲田大学大学院 創造理工学研究科 建築学専攻

環境メディア 高口研究室



## 目次

第1章	はじめに	9
1.1	研究背景	9
1.1.1	我が国の将来の人口推移	9
1.1.2	ビルメンテナンス業界の状況	10
1.1.3	不動産業界を取り巻くニーズの多様化とその影響	12
1.1.4	BIMを取り巻く状況（建築生産・運用面での課題）	13
1.2	研究目的・研究フロー	14
1.3	先行研究・事例	17
1.3.1	維持管理業務効率化・高度化に関する研究	17
1.3.2	保全記録活用に関する既往研究	19
1.3.3	BIMとFMシステムの連携に関する既往研究	23
1.3.4	信頼性解析に関する既往論文	28
1.3.5	信頼性解析手法のまとめ	33
1.3.6	BIMにより可能になる高度な施設運営やデータ分析	34
1.4	研究対象施設	36
1.5	用語の定義	41
第2章	大規模施設における維持管理実態の調査	45
2.1	投資的工事	45
2.1.1	投資的工事調査の概要	45
2.1.2	全投資的工事に関する分析	45
2.1.3	更新工事の分析	48
2.1.4	向上工事の分析	50
2.1.5	改修工事の分析	51
2.1.6	投資的工事における部位の選定	53
2.2	日常修繕工事	54
2.2.1	日常修繕工事調査概要	54
2.2.2	日常修繕の分析	54
2.2.3	予防修繕の分析	61
2.2.4	トラブル対応修繕の分析	63
2.2.5	点検業務に関する分析	69
2.2.6	日常保全作業における部位の選定	71
2.3	管理会社へのヒアリング調査①	72
2.4	管理会社へのヒアリング調査②	75
2.5	BIMモデルとの連携手法の検討	79
2.6	まとめ	82

第3章 維持管理に必要な BIM モデルの作成.....	85
3.1 維持管理に必要な BIM モデルの作成 (Building) .....	85
3.1.1 LOD の定義.....	85
3.1.1.1 AIA による LOD の基本的な定義[FUNDAMENTAL LOD DEFINITIONS] .....	85
3.1.1.2 AIA による各設備の LOD の定義 AIA BIM FORUM 2020 .....	87
3.1.1.3 維持管理 LOD 定義.....	99
3.1.2 建築設備ごとに必要な LOD の策定方法の検討 .....	99
3.1.2.1 日報 LOD の定義.....	99
3.1.2.2 日報 LOD の調査.....	101
3.1.2.3 結果のまとめ・考察 .....	107
3.1.3 維持管理 LOD 策定ルールの考案.....	108
3.1.4 維持管理 LOD の策定結果.....	110
3.1.5 BIM モデルの作成.....	113
3.1.5.1 各設備のモデル化方法.....	113
3.1.5.2 メーターや計器類による設備状態の可視化方法 .....	118
3.1.5.3 部屋区画の設定.....	120
3.1.5.4 サンプル建物での BIM モデルの作成.....	121
3.1.6 作成した BIM モデルの評価.....	128
3.2 維持管理に必要な BIM モデルの作成“Information” .....	129
3.2.1 業務日報を用いた必要な情報の抽出.....	129
3.2.2 BIM モデルと連携する入力フォーマットの作成.....	131
3.2.2.1 作業内容マスターの作成.....	131
3.2.2.2 BIM 連携 Information と入力フォーマット .....	149
3.3 まとめ.....	150
第4章 信頼性解析 (蓄積されたデータの可視化・活用) .....	155
4.1 設備ごとの寿命曲線算出・研究背景.....	155
4.1.1 信頼性解析手法.....	155
4.1.1.1 打ち切りデータを考慮した最尤法 (MLE) .....	156
4.1.1.2 Kaplan-Meier 法.....	157
4.1.2 業務日報から故障情報の集計.....	157
4.1.3 分析条件.....	160
4.1.4 信頼度・故障率の算出 .....	160
4.1.4.1 信頼性解析 (故障モードを考慮しない) .....	160
4.1.4.2 故障モードごとの信頼性解析.....	165
4.1.5 考察 .....	168
4.2 中長期保全計画への適用.....	169

4.2.1	信頼性解析の結果を活用した立案方法の検討 .....	169
4.2.2	最適更新周期の推計結果.....	170
4.2.3	考察 .....	174
4.3	予知保全への展開.....	175
4.3.1	部位（消耗品）の事案件数の経年分布 .....	175
4.3.2	故障モードごとの事案件数の経年分布 .....	177
4.4	まとめ.....	178
第 5 章	維持管理システムの構築と利用方法の提案.....	181
5.1	“Building”と“Information”の連携.....	181
5.2	維持管理システムの運用方法の提案.....	183
5.2.1	作業履歴の BIM モデル上への表示 .....	183
5.2.2	未更新箇所の可視化.....	186
5.2.3	アラート機能.....	188
5.2.4	管理会社への導入.....	189
5.2.5	まとめ.....	191
第 6 章	研究総括・今後の展望 .....	193





## 第 1 章 はじめに

---

- 1.1 研究背景
  - 1.1.1 我が国の将来の人口推移
    - 1.1.2 ビルメンテナンス業界の状況
    - 1.1.3 不動産業界を取り巻くニーズの多様化とその影響
    - 1.1.4 BIM を取り巻く状況（建築生産・運用面での課題）
- 1.2 研究目的・研究フロー
- 1.3 先行研究・事例
  - 1.3.1 維持管理業務効率化・高度化に関する研究
  - 1.3.2 保全記録活用に関する既往研究
  - 1.3.3 BIM と FM システムの連携に関する既往研究
  - 1.3.4 信頼性解析に関する既往論文
  - 1.3.5 信頼性解析手法のまとめ
  - 1.3.6 BIM により可能になる高度な施設運営やデータ分析
- 1.4 研究対象施設
- 1.5 用語の定義

## 第1章 はじめに

### 1.1 研究背景

#### 1.1.1 我が国の将来の人口推移

社人研が2017年に行った将来人口の出生中位（死亡中位）推計の結果 [1] によると、我が国は長期的な人口減少期を迎え、我が国の総人口は、2065年には、1955年とほぼ同水準の約8,800万人に落ち込むとされている。2015年国勢調査によれば、我が国の同年における総人口を基準とすると、2065年までに我が国の総人口は約3割減少することとなる。同様に、出生高位（死亡中位）推計より、出生数を大きく見積もった場合でも、2065年までに、我が国の総人口は2015年基準で約25%減少することとなる。

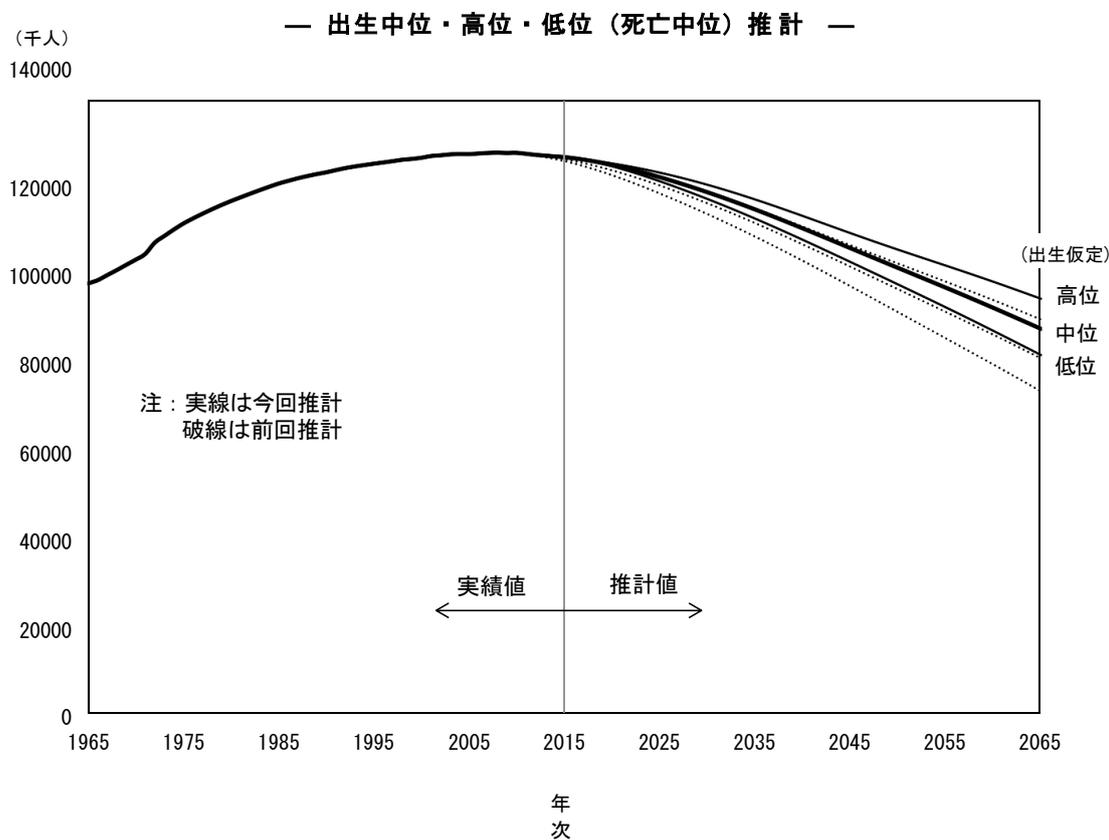


図 1.1 総人口の推移 \* [1]より引用

### 1.1.2 ビルメンテナンス業界の状況

建物管理・メンテナンスを行う業界の概況を説明する。全国ビルメンテナンス協会が行った調査 [2]では、「2017 年度のビルメンテナンス業務売上の平均は約 15 億円、2018 年度は約 15 億 4,200 万円となり、成長率は 2.7%となって」おり、2016 年度から 2017 年度の成長率 2.1%と比べ成長は拡大している。また、2019 年度の成長率予想では 2.7%となっており、2013 年度以降最高となっている。したがって、近年、ビルメンテナンス業界は市場規模を拡大しているといえる。

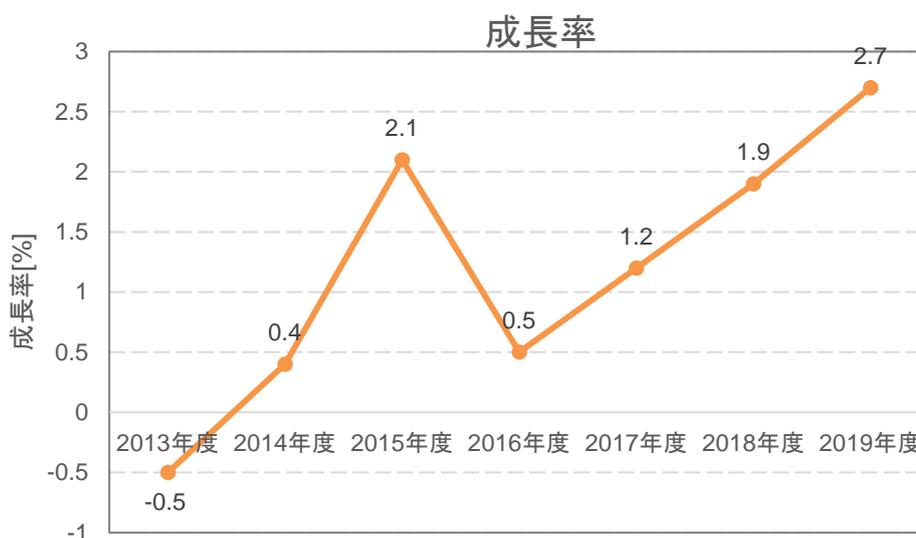


図 1.1.2-1 売上高の変化（成長率）見通し推移 \* [2]より作成

一方、人手不足や若年層の確保が難しいということが挙げられている。同調査では、「ビルメンテナンス業務での悩み事として上位に挙げた項目は、最も高かったのは「現場従業員が集まりにくい」87.2%、次いで「現場従業員の若返りが図りにくい」73.0%、「賃金上昇が経営を圧迫している」62.1%と続いており、昨年度同様に雇用面での悩みが大きいことが裏付けられた。」としている。

このように、建物維持管理の市場規模は拡大しているものの、若手従業員が集まらず、高齢者や主婦を活用し対応しているなど、人手不足の問題は業界全体の課題である。このような人手不足解消のために、ロボットの導入実績のある割合は全体の 10.1%にとどまったが、将来のロボット導入意向については、本社で 63.0%、支社・営業所で 76.3%となっている。また、外国人技能実習生の受け入れについても、前回調査よりも増加傾向となっている。したがって、これからのビルメンテナンス業界では、知識や経験のない若者が、業務を理解するだけでなく、最新技術にも対応していくことが求められている。

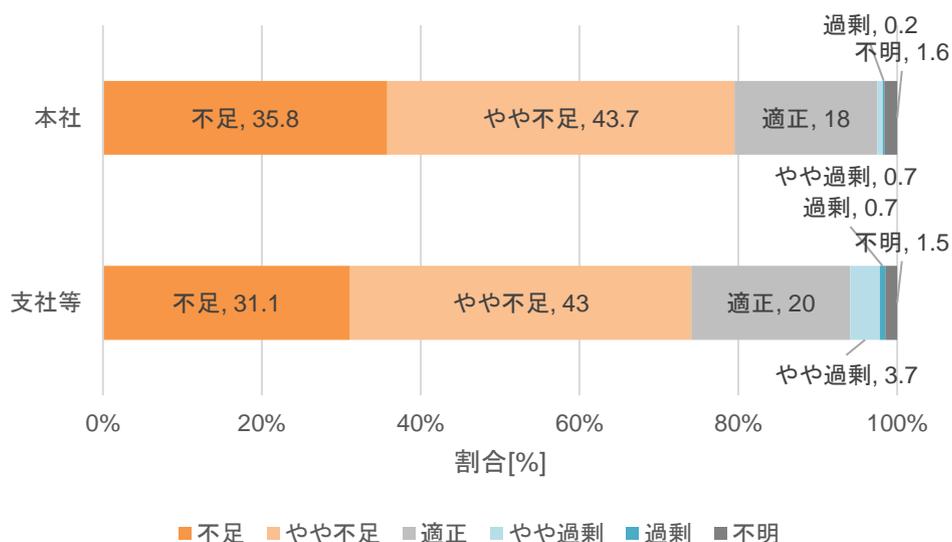


図 1.1.2-2 従業員の過不足（常勤従業員）\*[2]より作成

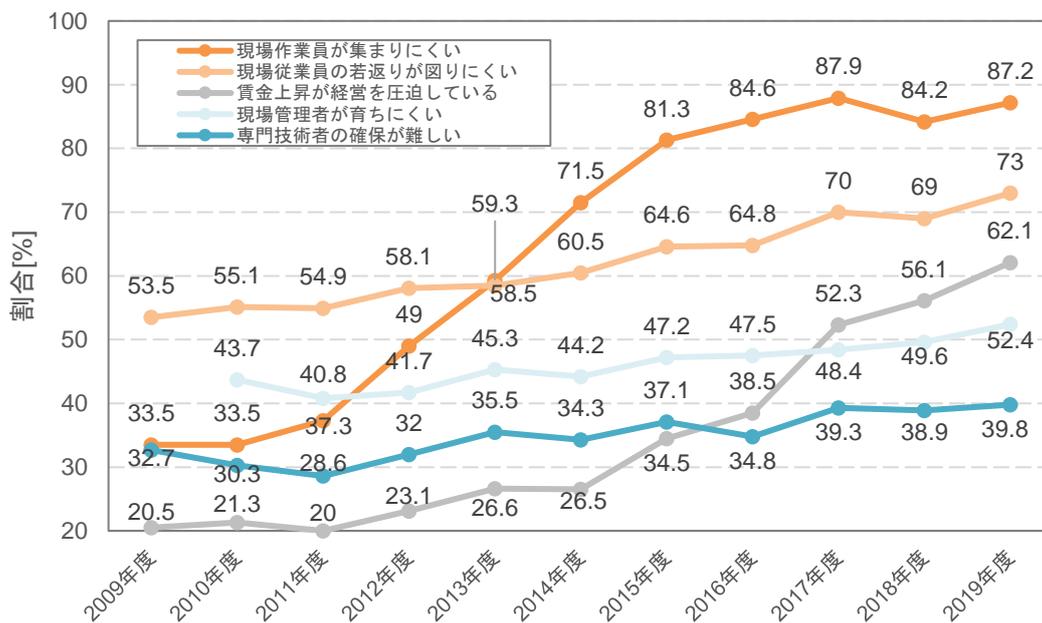


図 1.1.2-3 ビルメンテナンス業務での悩み事推移（複数選択、上位5項目）\*[2]より作成

### 1.1.3 不動産業界を取り巻くニーズの多様化とその影響

2015年9月、ニューヨークの国連本部でSDGs（Sustainable Development Goals）が採択された。2016年～2030年の15年間で達成すべき17の大きな目標に加え、169の具体的なターゲットで構成されている。17の目標の内容は、健康や教育、働きがい、経済成長、エネルギー、気候変動など、目標の内容は多岐に渡っており、開発途上国や先進国を含めた、世界各国共通の目標となっている。

また、近年、世界各国で、カーボンニュートラルが宣言され、実現に向けた取り組みが加速している。国だけでなく、民間企業においても、エネルギーや気候変動、健康などに配慮した経営が求められ、社会的責任が多様化している。一般社団法人 不動産協会、一般社団法人 日本ビルディング協会連合会は2021年4月に、「不動産業における脱炭素社会実現に向けた長期ビジョン」[3]を発表した。そこでは、2050年の建物の姿として、「ZEB、ZEHをはじめとした省エネ・再エネに配慮した建物・環境負荷が低い建材を使用した建物」が挙げられており、まちの姿として、「再エネ設備、蓄電池、エネルギー融通等を組合せ、地域全体でCO2削減をできるまち」が掲げられている。

具体例として、建物の運用段階において、建物として、省エネ運用（HEMS・BEMSの活用 コミッシュニングの推進）・再エネ電力・熱等の調達・設備の高効率化改修・メンテナンスの脱炭素化（足場不要の長期修繕）・管理組合運用の脱炭素化（電子化・無人化・再エネ電力利用）といった取り組みが脱炭素社会への貢献手段とされている。

このように、建物維持管理段階においても、顧客や社会のニーズは多様化しており、また求められる知識や技術も高度になってきているといえる。

	設計・企画	施工	運用	解体
建物単体の脱炭素化	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ設計による一次エネルギー消費量削減               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ZEH・ZEB化</li> <li>✓ 高気密・高断熱化</li> <li>✓ 高効率設備の導入</li> <li>✓ 設備の電化</li> </ul> </li> <li>再エネ設備導入               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 太陽光発電設備の導入</li> <li>✓ 蓄電池の導入</li> </ul> </li> <li>国産木材利用の促進               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ CLT</li> </ul> </li> <li>屋上緑化、壁面緑化</li> <li>建物の長寿命化               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 部材の高耐久化</li> <li>✓ 修繕周期の高周期化</li> <li>✓ メンテナンスしやすい設計・仕様計画</li> </ul> </li> <li>既存施設や緑地の再利用</li> <li>設計業務の脱炭素化               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ペーパーレス化推進</li> <li>✓ 再エネ電力利用</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境に配慮した施工業者の選定</li> <li>建設資材の脱炭素化               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ リサイクル品の採用</li> <li>✓ 原材料の地産地消</li> <li>✓ 建設資材のトレーサビリティ確保</li> </ul> </li> <li>重機・車両の脱炭素化               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 低燃費重機の利用</li> <li>✓ アイドリングストップの推進</li> <li>✓ バイオディーゼル燃料、水素の利用推進</li> </ul> </li> <li>施工業務の脱炭素化               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ペーパーレス化推進</li> <li>✓ 現場監理のテレワーク化推進</li> <li>✓ 再エネ電力利用</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ運用               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ HEMS・BEMSの活用</li> <li>✓ コミッシュニングの推進</li> </ul> </li> <li>再エネ電力・熱等の調達</li> <li>設備の高効率化改修</li> <li>メンテナンスの脱炭素化               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 足場不要の長期修繕</li> </ul> </li> <li>管理組合運用の脱炭素化               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 電子化</li> <li>✓ 無人化</li> <li>✓ 再エネ電力利用</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境に配慮した解体業者の選定</li> <li>地下躯体の再利用</li> <li>建物の改修               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ リノベーションによる再利用</li> <li>✓ 長寿命化改修</li> </ul> </li> <li>重機・車両の脱炭素化               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 低燃費重機の利用</li> <li>✓ アイドリングストップの推進</li> <li>✓ バイオディーゼル燃料利用推進</li> </ul> </li> <li>建設資材のリサイクル</li> <li>解体業務の脱炭素化               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ペーパーレス化推進</li> <li>✓ 現場監理のテレワーク化推進</li> <li>✓ 再エネ電力利用</li> </ul> </li> </ul>

図 1.1.3-1 脱炭素社会の実現に向けた不動産業における貢献手段（建物単体） \* [3]より作成

#### 1.1.4 BIM を取り巻く状況（建築生産・運用面での課題）

建物維持管理段階において、前章のような人手不足、管理の高度化を受けて、BIM を活用しようとする動きが見られる。国土交通省は、令和元年 6 月に、官民が一体となって BIM（Building Information Modelling）の活用を推進し、建築物の生産プロセス及び維持管理における生産性向上を図るため、学識経験者や関係団体からなる「建築 BIM 推進会議」を設置した。ここでは、設計から施工・運用、維持管理といった建築のライフサイクルを全体での生産性の向上や、一貫した BIM 利用に向けた取り組みを行っている。そこでの検討課題として、施工段階と維持管理・運用段階では業務内容や立場の違い等から、必要な情報が異なってくることやそれに伴い、BIM の建物モデルの詳細度（LOD）が変わってくるのではないかと考えられている。

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（BIM モデル事業）として、令和 2 年度から「BIM を活用した不動産プラットフォームの構築による 既存オフィスビルの施設維持管理の高度化と生産性向上」[4]と題して、東京オペラシティ株式会社とプロパティデータバンク株式会社は、BIM 情報を持たない築 24 年の既存ビルにおいて、クラウド化した不動産管理システムとこれと連携する BIM を導入することで、施設維持管理の高度化と生産性向上に取り組み、施設全体の長寿命化と Whole Life cost の最適化を図る事業を行っている。

検証すべき課題として、「修繕工事における図面情報の共有化と履歴管理の方法について、クラウド化した管理システムと BIM 情報の連動の範囲と密度の度合」、「BIM を活用したプラットフォームを構築することで資産管理データ（工事实績情報）と BIM 上の情報をどのように連動させるかという課題」、「中長期修繕計画策定において、劣化調査から整備計画策定、工事実施までの業務での関係者間で共有するデータの量と質の設定」、「入居者情報、エネルギー情報と BIM を連携させる場合の情報の量と質の設定」が挙げられている。

## 1.2 研究目的・研究フロー

このような背景から設備投資の最適化や維持管理業務の効率化・省力化が求められ、蓄積された工事履歴や修繕履歴を分析し、施設運営の意思決定に使用することが考えられている。そのため施設に関わるあらゆる情報を一元的に管理することが求められ、その手法として BIM の活用に期待が寄せられている。しかし、企画・設計、施工、運用・維持管理といった建物のフェーズにより、必要とする情報や LOD が異なることから、一つの BIM モデルを建物のライフサイクルに沿って一貫して利用することは現実的には難しい。

鳥生ら[5,6]、織田村ら[7]は維持管理の立場から BIM に必要な部位、場所を検討し、BIM で表現方法を提案している。また、上田ら[8]は、維持管理のフェーズに必要な建築設備ごとの LOD を策定・提案をしている。しかし、これらの研究は各論での議論にとどまっており、システムとしての構築がなされていない。

そこで本研究では、既存大型施設において、BIM を含む維持管理システムを構築する。まず、BIM の“Building”の部分として、維持管理に必要な LOD でもって建築設備を配置したモデルを作成する。次に“Information”の部分として、管理会社の業務日報から維持管理業務において、必要な情報を抽出し、それを元に入力のフォーマットを作成する。また、信頼性解析やデータの可視化といった維持管理情報の利用方法の提案を行う。最後に、管理会社の方に、作成した維持管理システムを使用していただき、実務での課題を整理や BIM モデルの妥当性の評価を行う。

本研究の背景や構成のまとめを図 1.2-1 に示す。また研究フローの図 1.2-2 に示す。

まず 2 章では、大型施設の維持管理の実態調査ということで、投資的工事については、2015～2020 年の中長期保全計画に基づく実績を件数、金額、日数等で分析する。日常修繕の分析について、業務日報を用いて、設備区分や作業分類（点検・予防・トラブル対応）などに分け、分析を行う。また、異常発見区分による分析も行う。また、管理会社へのヒアリングも行い、管理体制等も把握する。

次に 3 章では、維持管理実態をもとに、維持管理 BIM を作成していく。建物モデルの検討“Building”では、テキスト情報の細かさから BIM を立ち上げたときの LOD を検討することで、必要な設備の LOD を把握する。その分析やヒアリングでの知見をもとに、維持管理 LOD 策定ルールを作成する。それを設備区分ごとに適用し、BIM ファミリーおよび、サンプル建物にて、BIM モデルを作成し、管理会社の方に評価していただく。

また、属性情報“Information”の検討では、管理会社自社開発の既存の FM ソフトの項目をベースに、必要な情報を抽出する。また、新たに必要な項目を加える形で、改良版の入力フォーマットを作成する。

次に 4 章では、蓄積された業務日報のデータの可視化や活用として、設備機器ごとの信頼性解析や部位別や故障モード別の故障傾向を可視化する。また、算出した信頼度を用いたリスク考慮の最適更新周期を求める。大規模建物では、1 棟でサンプル数を確保でき、使用条件、環境条件を揃えられるので、より正確な分析が行えると考えられる。

最後に 5 章では、維持管理システムの構築を行う。3 章で検討した“Building”，“Information”の部分の連携方法を示す。また、これらの連携システムの運用方法を提案し、その運用イメージを示す。

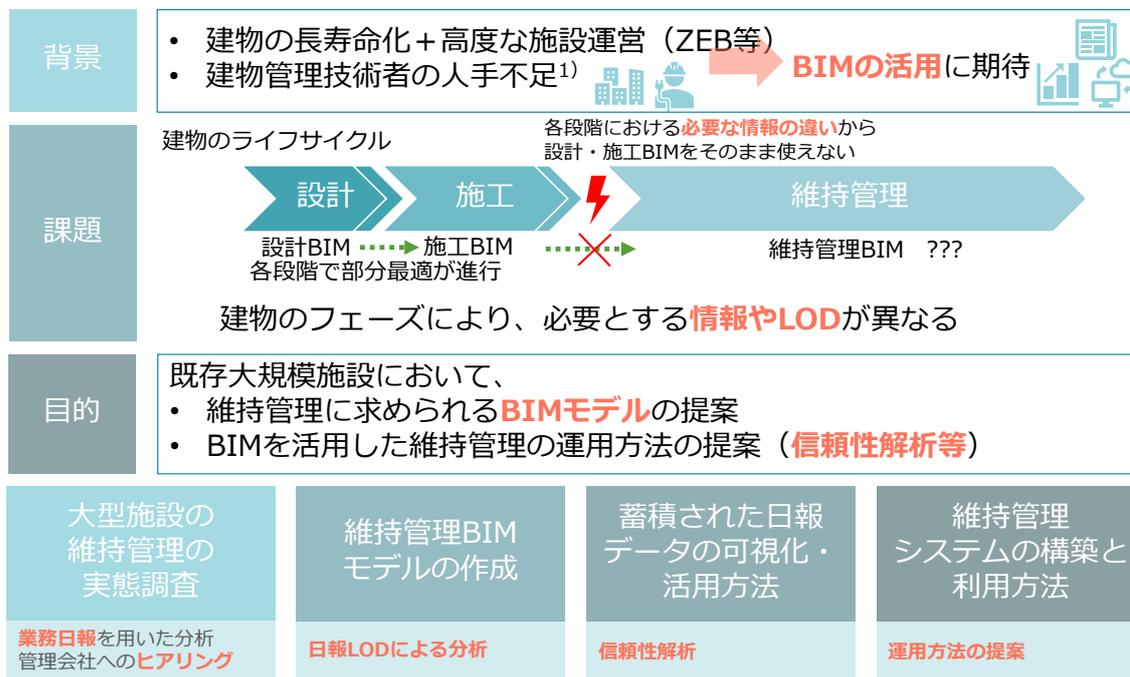


図 1.2-1 本研究の背景・目的のまとめ



図 1.2-2 研究フロー

### 1.3 先行研究・事例

#### 1.3.1 維持管理業務効率化・高度化に関する研究

(1) 前田 浩行, 井口 雅登, 久保井 大輔, 蜂巢 浩生, “巡視点検記録と不具合履歴を用いた機械学習向け学習用データの作成 保全記録を活用した空調設備の保全計画の最適化に関する研究 (その 1)”, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 2019.8(0), 141-144, 2019 [9]

(2) 井口 雅登, 前田 浩行, 久保井 大輔, 蜂巢 浩生, “機械学習プログラムによる識別モデルの作成と評価 保全記録を活用した空調設備の保全計画の最適化に関する研究 (その 2)”, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 2019.8(0), 145-148, 2019 [10]

#### 要旨

設備保全計画の最適化を目的に、3つの企業事業所建物（おそらく東京電力）における冷凍機（10～20年程度経過）の管理日報の記録（2006年～2016年）から、機械学習（多層ニューラルネットワークによる学習）を用いて、不具合の識別や識別結果の評価を試みる。分析に用いたデータは、冷凍機の電圧、電流、冷媒圧力、油圧、冷温水出入口温度、外気温等である。空調設備に異常があった際もその詳細が記入されており、不具合履歴が追跡可能である。研究の流れは、①巡視点検記録のデータ整理、②管理日報記録地への「不具合あり」「不具合なし」のラベリング、③不具合事象ごとの識別モデルの作成、④モデル評価（学習用データへの適用→識別基準の可視化→出力値の分析→相互評価）となっている。記録値で **Fx** ラベルが付与されたデータは、電流値や圧力値で高い値を取ることが読み取れた。機械学習では、多層ニューラルネットワークにより求める。1つのノードに入力された複数の値（今回は電流、圧力差、低圧、高圧、温度差、外気温の6要素）にそれぞれ重み付けを乗じた和を求め、その和から活性化関数によってノードが出力する値を決定する。生成されたモデルによって学習用データを分類した結果、再現率が高く（80%以上）、（精度は30%程度の低いものもあった）妥当な結果が得られた。さらに、生成されたモデルについては、インターフェースの可視化（電流や低圧により判断していると思われる）、出力値の分析（ラベルを付与した期間以外も値が高い期間があり、故障前兆を読み取れる可能性あり）、相互評価（複数のモデルで別の機器の識別を試みた結果相関係数は概ね高い）により、チラーの運転状態と故障の関係を調査した。

#### 知見

故障や異常の扱い方に関して、データクリーニングの参考になる。点検の数値が入手できれば、本研究（天気、外気温と湿度等は記録にある）でも適応可能である。また、これらの6つの値等を容易な分析をするための維持管理に必要な情報として考えることもできる。

(3) 市橋 宏章, 田中 芳章, 光永 威彦, 坂上 恭助, “X線透過検査による建築設備配管劣化診断に関する研究 (第3報) IP法の活用事例”, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (福島), Vol.10, Sep., 2021 [11]

(4) 井口 雅登, 久保井 大輔, 前田 浩行, 蜂巢 浩生, “熱源機用の簡易型アナログメーター読み取りシステムの開発 保全記録を活用した空調設備の保全計画の最適化に関する研究 (その5)”, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (福島), Vol.10, Sep., 2021 [12]

これらの研究では、配管試験の簡易化や点検業務の自動化など最新技術が提案・紹介されている。これらの技術を組み合わせることを踏まえて、BIMモデルをつくり込んでいくことが考えられる。

### 1.3.2 保全記録活用に関する既往研究

- 1). 久保井 大輔, 河野 匡志, 荒川 祥子, 吉澤 昭彦, 大橋 巧, 湯澤 秀樹, 井口 雅登, 蜂巢 治生, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その1 研究概要, 点検データ分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州) 2016年8月 [13]
- 2). 河野 匡志, 久保井 大輔, 荒川 祥子, 吉澤 昭彦, 大橋 巧, 湯澤 秀樹, 井口 雅登, 蜂巢 治生, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その2 熱源設備に関する更新判断基準の検討”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州) 2016年8月 [14]
- 3). 久保井 大輔, 西谷 早百合, 河野 匡志, 湯澤 秀樹, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その3 点検対象機器における故障傾向の概観”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) 2017年8月 [15]
- 4). 西谷 早百合, 久保井 大輔, 河野 匡志, 湯澤 秀樹, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その4 設備機器の部位別故障傾向に関する詳細分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) 2017年8月 [16]
- 5). 河野 匡志, 久保井 大輔, 西谷 早百合, 湯澤 秀樹, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その5 モデル建物における空調システムの更新周期の適正化に向けた提案”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) 2017年8月 [17]
- 6). 西谷 早百合, 久保井 大輔, 小池 万里, 河野 匡志, 湯澤 秀樹, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その6 中央式および個別式の空調機器に関する故障傾向分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) 2018年9月 [18]
- 7). 河野 匡志, 久保井 大輔, 西谷 早百合, 小池 万里, 湯澤 秀樹, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その7 点検部位の故障発生比率の分析および最適更新周期の分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) 2018年9月 [19]

#### 要旨

建築設備に関わる適正な更新判断基準を、LCCを考慮して、過去の点検データとシミュレーションを行うことで、最適な更新周期の検討を行う。事業所建物（おそらく東京電力）の機器ごとの定期点検記録（2012年～2016年（その1～その2は2014年まで））を用いて、設置経過年数と故障発生日数の関係や故障発生率（点検総数のうち劣化度レベル2以上の度数）などを各機器により分析している。その1～その2では、熱源危機の分析、その3～その5では点検対象すべての機器（熱源設備、搬送設備、空調設備、衛生設備、その他）について分析、その6～その7は搬送設備や空調設備の補機や部位について分析している。定期点検における各点検部位の状態と判定レベルをレベル1～3で設定している。（レベル1：異常なし、レベル2：劣化の進行により機能・性能を消失する可能性がある、レベル3：すでに機能・性能を消失している、または、近い将来消失する可能性が高い）また、LCCシミュレーションはモデル建物を設定し、建物耐用年数を50～75年、設備更新周期を15年～30年で動かしたときのそれぞれの機器で最小のLCCとなる周期を選択し、組み合わせた。

- 8). 高草木 明, 大澤 昌志, 佐々木有生, “大規模事務所建物の保全現場における繁忙状況の故障・不具合修復に要する時間への影響に関する研究”, 日本建築学会計画系論文集, No.616, pp.145-151, Jun., 2007 [20]
- 9). 高草木 明, 大澤 昌志, 佐々木有生, “大規模事務所建物の保全現場における繁忙状況の故障・不具合修復に要する時間への影響に関する研究”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.81, No.720, pp.415-425, Feb., 2016 [21]

これらの研究では、大規模施設において保全記録を分析することで、事案の完了までの時間と保全員の繁忙状況の関係を示した。事案を後日へ持ち越す割合と新たに発生する事案割合などから、繁忙状況を定量化し、それにより、保全体制・環境を評価し、保全期間の長期化が保全品質に影響を与えることを示した。

- 10). 丹羽 涼介, 須藤美音, 和田 晃, 高草木 明, “大規模研究所の保全業務を対象とした PDCA サイクルに基づく作業プロセス構造分析”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.84, No.757, pp.631-641, Mar., 2019 [22]

日々発生する故障・不具合への対応は保全員の経験と知識によるものが大きく、マニュアル化されていることはほとんどないことを受け、大規模研究施設を対象として、保全計画に伴う PDC サイクルベースで構造を分析し、保全業務の作業プロセスの問題点を抽出する。重要事案 622 件については、電気、空調、防災、防犯設備では点検由来の割合が大きく、衛生・厨房、建物・搬送設備ではクレーム由来の割合が大きい。また、空調、建物・搬送設備ではアウトソーシングの割合が 5 割を超えている。これらの保全業務の構造分析により保全業務のフローチャートを作成した。これは、マニュアル化およびガイドライン作成のための基礎資料となる。それにより、保全業務の効率化（ステップ数の低減、平均修復日数を短くする）につながる可能性がある。

- 11). 堤 洋樹, 秋葉 芳, 恒川 淳基, “管理データを用いた経常修繕費の実態把握に関する分析”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.83, No.754, pp.2371-2378, Dec., 2018 [23]

施設管理を主業とする会社の管理建物の履歴（126,365 件、3,560 棟、15 年）を用いて、日常修繕の費用と長期的傾向等、実態把握をした。用途区分や、面積区分によって、違いが見られるが、公共施設保全費用算出ソフトを用いて、実在建物の実績と、この研究での分析結果を比較することで、投資的工事の金額の約 1 割を占めることがわかった。

- 12). 北岡 泰徳, 小松 幸夫, 板谷 敏正, 商崎 雅人, “企業不動産の維持・管理に関する研究  
その 1 維持保全工事の実施内容に関する基礎的研究”, 日本建築学会大会学術講演梗概  
集 (北陸), Sep., 2019 [24]
- 13). 板谷 敏正, 小松 幸夫, 商崎 雅人, 北岡 泰徳, “企業不動産の維持・管理に関する研究  
その 2 維持保全工事の実施周期に関する分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北  
陸), Sep., 2019 [25]
- 14). 商崎 雅人, 小松 幸夫, 板谷 敏正, 北岡 泰徳, “企業不動産の維持・管理に関する研究  
その 3 維持保全工事の時空間モデルを活用した可視化”, 日本建築学会大会学術講演梗  
概集 (北陸), Sep., 2019 [26]

ある企業における過去 6 年間の大規模な維持保全工事履歴と、過去 1 年分の小規模な維持保全工事履歴を分析する。工事履歴から工事日時・金額・工事理由・工事部位を抽出し、工事種別分析と工事理由分析を行う。工事種別分析について資本的支出工事では大規模化しやすい建築工事が最も大きい割合を占める。経費的支出工事では故障数の多い衛生工事と空調工事の割合が高い。工事理由分析について資本的支出工事の金額割合では、1 件当たりの金額が大きい予防保全工事、衛生・空調工事の頻度が高いため件数が多い事後保全工事、大規模な工事を主に行う事業支援工事の 3 項目が大きい割合を占めていた。経費的支出工事の金額割合では応急処置的な修理が突発的に行われており、事後保全が 85% を占める結果となっていた。詳細分析について前述 2 つの分析で特徴的であった資本的支出工事の予防保全工事と経費的支出工事の事後保全工事についてどの部位や設備機器の工事が多いかどうかを述べている。

その 2 では、工事实績を「1 棟あたりの発生頻度」や「単位面積あたりの工事金額」に換算して、工事の対象部位や工事理由などを抽出し築年数との関係を調査する。工事種別の築年数と工事費用の関係について築 10 年頃から工事が発生しているが、大きなピークは築 30 年から 40 年と築 50 年から 55 年に発生している。工事件数の多い建築工事は 20 年周期で実施されていることがわかる。次に多い空調工事・電気工事は 10 年から 15 年の周期で実施されている。全体にわたって経年変化が多く機能整備などは 35 年付近に集中していることがわかった。工事理由別の築年数と工事発生頻度の関係について経年変化を理由とする工事は全般的に多いが、特に築 30 年と築 50 年に集中しており、老朽化に対応した工事が 20 年周期で定期的に行われていると推測される。機能整備を理由とする工事は築 23 年から 25 年と築 52 年から 54 年に集中している。さらに事業部からの要望工事への対応は築年数の浅い段階から実施されている。工事实施周期に関する分析空調機及び受変電設備については箇所数・工事件数が多く、当該工事情報などよりその更新周期を把握することができた。空調設備については概ね業界団体推奨値内で修繕が実施されていることがわかる。受変電設備については推奨値よりも長い更新周期になっているが、定期点検や計測計量も通

例実施されていることから長めの更新周期を設定していると推察される。

その3では、施設の図面データから BIM モデルの作成を行う。また工事情報については、決済書類に記載されている工事名称や工事内容、金額などの情報を抽出してデータベース化を行った。これらを用いて、BIM モデルと FM 情報データベースの連携及び可視化の検討を行う。空間セルによる BIM モデルとデータベースを連携させることによって、建物や部材などの形状情報に依存しない情報の管理が可能となった。また、工事情報を BIM モデルにより可視化することで、視覚的に工事の発生場所などを把握できるようになった。この手法によって、工事情報などの実態のない FM 情報の時空間的な活用が期待できる。

### 1.3.3 BIM と FM システムの連携に関する既往研究

(1) 仲間祐貴, 大西康伸, 位寄和久, “継続的利用と情報共有を可能にする建物維持管理支援のための BIM を活用したウェブシステムの開発”, 日本建築学会技術報告集, Vol.22, No.50, pp.359-364, Feb. 2016 [27]

#### 要旨

本研究では、BIMCAD と属性情報データベースを用いて、ウェブブラウザ上で、3D モデルと属性情報を連動させるシステム（建築情報マネジメントシステム）を構築する。システムの要件としては、

- ① 建物に関わる主体が時間や場所を選ばず建物の維持管理情報を入力、共有できるよう、インターネットを利用したウェブブラウザ上で動作可能なグループウェアとして開発する。
- ② システムで扱える属性情報を限定せず、どんな属性項目を持つ建築情報モデルであってもその違いを吸収し、読み込みや操作ができるシステムとする。さらに、開発システム上で新たに入力・編集された維持管理情報を BIMCAD 上の建築情報モデルの各オブジェクト情報として格納する（戻す）ことができるシステムとする。（建物形状そのものに変更を生じる増改築の際にも、これまで入力した維持管理情報を引き継ぐことができる。）
- ③ 開発システムの基幹プログラムを維持管理情報の集約に特化させ、報告書作成機能とは分離させる。

#### コミュニケーション機能の開発

正式な維持管理情報として記録するまでもないが、業務上重要になるかもしれない「気づき」を維持管理者や建物利用者が記録し、建物に関わる主体間で共有することが重要である。そこで、開発システムでは「気づき」を記録し共有することを目的に、非対面・非同期で円滑な意思疎通が行えるコミュニケーション機能を開発した。具体的には、コメントに加えて、それを補足する 3D モデルのビュー視点やオブジェクトの表示状態（表示・非表示・強調・半透明）を組み合わせ、意図伝達ができる機能である。

#### 3D モデルの処理時間

オブジェクト数が増加するにつれて、起動時間が指数関数的に増える事がわかった。オブジェクト数 6000 個（50 階）で 10 秒弱。

(2) 仲間祐貴, 大西康伸, 位寄和久, “施設維持管理における 3D ビュー活用の利点と問題点に関する研究”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.84, No.758, pp.1029-1037, Apr. 2019

[28]

## 要旨

(1) にて構築した建築情報マネジメントシステムをオフィスビルに試験導入し、被験者実験とヒアリングを行うことで、施設維持管理における 3D ビューを活用することの有用性と問題点を明らかにする。

まず、検証対象のビルにおいて維持管理情報の収集を行う。このビルは、ある会社の本社ビルであり、1名のビル管理者が常駐（夜間を除く）している。試験的に、3ヶ月、コミュニケーション機能を使い、オフィスビルの不具合報告、点検報告、機器運用の報告に関する 3D ビューを用いた維持管理情報を作成した（有効数 85 件）。

次に登録された 3D ビューの特徴を分析する。立体表現が 54 件、平面表現 31 件だった。それぞれ、①該当部材の種類と②該当部材が存在する部屋の大きさの観点から分析を行う。立体表現が半数以上用いられていることや建具や部屋部材などの高さ方向を表現する際、立体表現でないと表現できない部材が存在することより、維持管理においても高さ情報が統合されて理解しやすいと示唆される。また、従来の平面図に書き込むスタイル（平面表現）が用いられていたことから、該当部材が他の部材で隠れてしまうことがカメラ設定を困難にしており、平面表現を用いる原因であると考えられる。

続いて、これらの仮説検証のため、他の施設の建物管理技術者 3 名に、3D ビュー作成作業をやってもらう実験を行った。実験で作成する 3D ビューは 4 件であり、それぞれ床付近の部材のビュー、天井付近の部材ビュー、また、該当部材が複数個存在する部屋面積の最も小さいビューと大きいビューとした。被験者には、隠れた部材に対して、非表示表現と半透明表現を積極的に利用することを促した。また、作成作業の後、ヒアリングを行った。結果、12 件中 9 件、3D ビューで非表示表現か半透明表現を用いて作成された。

ヒアリングでは、①3D ビューを用いた説明によってコミュニケーションを円滑にできる点、②デジタルモデルを実空間のように捉えて維持管理を考える事ができる点が主に利点として上げられた。半透明表現は天井にある部材や OA の床下にある部材を確認できるため、現場で点検口を開けたりしなくても部材位置やその周りの部材との関係性がわかりやすいという意見も挙げられた。また、③部材の非表示表現の多用によって 3D 内の建物が実際の建物の壁や建具などの存在を認識できなくなる、④3D ビューの表現の幅が広く、場合によってはわかりにくい 3D ビューになってしまうという問題点が指摘された。

(3) 松岡 辰郎, 秋山 克己, 倉形 直樹, 森 雅之, “維持管理工程での利用を考慮した電気設備 BIM モデルの検討”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州) 2016 年 8 月 [29]

#### ①設備機器

照明機器やコンセント等には、形状、設置箇所、数量に加え、個別の機器種別、性能・諸元の情報が必要となる。

#### ②分電盤・動力制御盤

分電盤及び動力制御盤を維持管理するには、分電盤結線図や動力制御盤結線図として表現される盤内部の構成機器の結線情報を必要とする。一方個々の構成機器の形状は必ずしも必要ではない。そこで、結線情報を分電盤結線図、動力制御盤結線図として作成し属性データとしてリンクすることとした。

#### ③受変電設備 (キュービクル式高圧受変電設備)

受変電設備の維持管理では装置内部の結線情報に加え、受変電設備を構成する高低圧盤及び構成機器を、階層ごとに管理する必要がある。今回は上位の階層にある受変電設備と下位の高低圧盤及び構成部品をそれぞれ形状データとして作成し、それぞれに属性データを付与した。また、受変電設備の形状データには受変電設備の単線結線図を属性データとしてリンクした。

#### ④スペースによる系統モデル

設備機器の故障やブレーカーの遮断による影響範囲の把握等、系統情報は電力設備の維持管理において重要である。系統は照明、非常用照明・誘導灯、コンセント、自動火災報知機、放送設備ごとに、モデル化を検討した。今回の検討では分電盤・動力制御盤の MCCB (Molded Case Circuit Breaker: 配線保護用遮断器) ごとに系統との接続情報を作成した。作成にあたっては、BIM モデル作成・管理コストの低減の観点から系統の範囲に着目し、「系統スペース」としてデータ化した。系統スペースは負荷設備ごとに作成し、設備機器はスペースとの位置関係からどの系統に属するかを特定した。

(4) 曾根 巨充, “建物履歴管理システムと BIM が連携した建物管理”, 日本建築学会学術講演梗概集 (関東), Sep. 2015 [30]

BIM モデルを管理技術者が使いこなすことは簡単でないことを背景に、建物管理システムを基本とした、連携システムを開発している。ここでのシステムの考え方は、①BIM はあくまで付加価値であること、②情報入力既存の管理システムから行い、BIM はあくまでビューアーであること、③操作は、基本建物管理システムと BIM ビューアーの操作を習得するのみであること、であった。日誌等の建物劣化情報が BIM ビューアー上で確認でき、工事写真や図面、文書等は URL から確認する。課題としては、BIM モデルと管理システムとの紐付け作業であった。

(5) 松岡 辰郎, 藤沢 英軌, 阿久津好太, 森 元一, 山本 敦史, 志手 一哉, “建物ライフサイクルにおける BIM 活用の検討 (その1 ファシリティマネジメントを考慮した BIM 実施計画の試行)”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), Sep. 2014 [31]

(6) 森 元一, 山本 敦史, 志手 一哉, 松岡 辰郎, 藤沢 英軌, 阿久津好太, “建物ライフサイクルにおける BIM 活用の検討 (その2 BIM モデルの FM 利用のための作り込み考察)”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), Sep. 2014 [32]

(7) 藤沢 英軌, 松岡 辰郎, 阿久津 好太, 森 元一, 山本 敦史, 志手 一哉, “建物ライフサイクルにおける BIM 活用の検討 (その3 ライフサイクルコストの視点による効果と課題)”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), Sep. 2014 [33]

この研究でも、BIM モデルと FM システムとの連携を実務レベルで検討している。竣工前に維持管理をシミュレーションすることを「バーチャル FM」とし、Revit に CoBie ツールを導入し設備機器等の機器表等を出力した。一方、設計・施工段階では一つの部位に注目しがちだが、維持管理では、例えば、空調ダクトなどはどの系統に属し、どこに配置されているかが重要であることから、系統情報を加える手間が必要とわかった。また、維持管理では、設計・施工では必要ない情報もあり、それが判明する時期が最終段階であるものもあるので、情報の付加時期や付加する当事者等を決める必要がある。BIM データから抽出した機器台帳から LCC を試算し、バーチャル FM をすると、①改修スペースの確保や低維持費材料の選択による、更新費・維持管理費の削減、②FM データベース削減効果、③情報の一元化による業務効率化により、60 年間運用で 20%削減できるという試算できた。

- (6) 志手 一哉, 牧野 能久, 青島 啓太, “BIM を用いた情報一元管理とその可視化に関する研究”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), Aug. 2016 [34]

実験施設を対象に、BIM とビューワーソフトを用いて、維持管理システムとの連携を検討している。BIM モデルのエレメント ID により様々な情報を紐付けることを行い、ここでは、表示色の選択をし、作業時間を可視化することを行っている。

- (7) 森谷靖彦, 江藤久美子, “FM 領域における BIM 活用の可能性”, NTT ファシリティーズ総研, 年報 NTT ファシリティーズ総研レポート, No.25, Jun. 2014 [35]

設計・施工と維持管理をスムーズにつなげ、早い段階からオーナーをはじめとした関係者間の合意形成を行う重要性を説いている。また、従来の形状情報に時間、コスト、維持管理を加えた概念を 6DBIM と定義している。6DBIM を実現する専用ツールや、6DBIM の活用事例を紹介している。既存建物で 1 棟の事例は、シカゴ大学、シドニー・オペラハウス、複数棟では、米国沿岸警備隊、モントリオール大学、ロンドン・ガトウィック空港が挙げられた。新築建物では、FM フェーズまで一貫した BIM 利用がしやすく、早い段階で、維持管理部門と連携することで、機器帳の作成や予算策定を行うことができる。既存建物では、現存する古い二次元図面や施設評価情報等のデータ一元化に効果が見込め、データ入力や情報取得プロセスが最適化されると考えられる。

- (8) 船山 花穂, “駅設備管理における BIM 活用の提案”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), Sep. 2019 [36]

この研究では、鉄道事業者の立場から駅施設の BIM モデル化の検討をしている。駅設備は事案に対し、緊急対応が求められる。情報が一元化される事により、都度図面を見返したり、担当者や協力会社の名簿を確認したりすることがより簡単になる。また、隠蔽部の配管ルートや止水バルブの位置が可視化されることが利点になる。また、建築限界管理が可能なモデルとする必要がある。また、様々な関連会社との連携を想定し、管理者の権限をどのように設定するかも重要である。

- (9) 松林 道雄, 渡辺 俊, “BIM モデル化された設計図書を用いた施設管理の効率化”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.82, No.734, pp.1125-1133, Apr., 2017 [37]

この研究では、大学施設を対象に、既存建物を BIM 化している。また、日頃の修繕記録の利用方法として、重回帰分析によるトラブル間隔の予測モデルを作成している。説明変数には、部屋体積や配置階、ドア数、空調機数、吹出口数、照明器具数である。空調機は高い決定値をだしたが、照明器具については低かった。

### 1.3.4 信頼性解析に関する既往論文

(1) 中島章、井口雅登、久保井大輔、古澤昭彦、池田耕一、蜂巢浩生：建築設備の保全計画の最適化に関する研究事務所ビルの空調設備を対象とした故障履歴の分析例、日本建築学会関東支部研究報告集、第 86 巻、p.69-72、2016.3 [38]

#### ○分析データ

- ・対象建物：事務所ビル(5,476m<sup>2</sup>)
- ・対象データ：故障記録データ(管理日報から故障に関するものを抜き出して分析)
- ・データ数：空冷ブレインチラー7件、水冷チラー6件、空調機 21 件
- ・分析手法：バスタブ曲線を目安として示し、故障履歴をもとに行った累積ハザードのワイブル分析結果と比較し、考察する。

(2) 久保井大輔, 西谷早百合, 小池万里, 河野匡志, 一ノ瀬雅之, 鈴木和幸, “ワイブルプロセスモデルによる空調設備機器の故障傾向に関する信頼性解析”, 日本建築学会環境系論文集, Vol.86, No.781, pp.301-310, Mar. 2021 [39]

#### ○分析データ

- ・対象建物：事務所用途の自社建物
- ・対象データ：定期点検データ(AHP の定期点検データ)
- ・データ数：56,361 件(2012~2018 の 7 か年分)
- ・分析対象：AHP(空調ヒートポンプチラー)の故障傾向・故障強度・費用最適化
- ・分析手法

#### ①修理系モデル

AHP の定期点検データを機器設置経過年数ごとに、レベル 2・3 を故障とみなし、各年の故障件数を算出。次に、これを経過年数ごとの点検件数で除すことで、単年の故障強度を算出。各部位ごとに累積することで、経過年ごとの傾向が分かる修理系モデルが作成できる。

#### ②ワイブルプロセスモデル

- ・故障傾向解析

累積故障数を目的変数とし、設置からの経過年数を説明変数とするモデルを考える。今回は、非斉次ポアソン過程(NHPP)を取り上げた。N(t)を時刻 t までの累積故障数、NHPP モデルにおいて事象が発生する故障強度を  $h(t)$  とすれば、累積故障数の期待値  $E[N(t)]$  は、式(1)で表すことができる。

$$E[N(t)] = \int_0^t h(u) du \equiv H(t) \quad \text{式(1)}$$

ここで、時刻 t までの期待累積故障数を  $H(t)$  として、ワイブルプロセスモデル、

$$H(t) = \left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta \quad \text{式(2)}$$

$$h(t) = \frac{\beta}{\theta} \left( \frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1} \quad \text{式(3)}$$

$$\log H(t) = \beta \log t - \beta \log \theta (\equiv Y = \beta X - B) \quad \text{式(4)}$$

ただし、 $t$  : 経過年数、 $\beta$  : 形状パラメータ、 $\theta$  : 尺度パラメータとする。

・回帰モデル

AHP の点検結果判定レベルと環境条件として塩害に関する海岸線からの距離の 2 つを共変量とした、ワイブル回帰プロセスモデル

$$H(t; x) = \left( \frac{t}{\theta(x)} \right)^{\beta} \quad \text{式(5)}$$

$$h(t; x) = \frac{\beta}{\theta(x)} \left( \frac{t}{\theta(x)} \right)^{\beta-1} \quad \text{式(6)}$$

$$\log H(t; x) = \beta \log t - \beta \log \theta(x) \quad \text{式(7)}$$

ただし、 $t$  : 経過年数、 $\beta$  : 形状パラメータ、 $\theta$  : 尺度パラメータとする。

③故障強度を用いた費用最適化モデル

機器の購入費、据付費と修繕工事費の関係に注目し、故障傾向に用いた理論式を導出する。機器費用を  $K$ 、修理費用を  $r$ 、機器設置後の経過年数を  $t$  とすると、一年間の費用の期待値を  $c(t)$  とすると、式(8)で表すことができる。

$$c(t) = \frac{K + rE[N(t)]}{t} \quad \text{式(8)}$$

一年間の費用の期待値が最も小さくなる  $(dc(t))/dt = 0$  となる時点の経過年数  $t$  を、ワイブルプロセスモデルを用いて求めればよい。

(3) 板谷敏正、小松幸夫：長期間の工事履歴に基づく部位・設備ごとの信頼度の算定及びこれを活用した最適な更新周期の推計、日本建築学会計画系論文集、第 82 巻、第 741 号、p.2939-2948、2017.11 [40]

○分析データ

- ・対象建物：不動産総合管理会社が東京 23 区に所有する賃貸用オフィスビル 668 棟
- ・対象データ：工事履歴データ
- ・データ数：66,727 件(2005～2014 の 10 か年分)
- ・分析対象：①工事履歴の工事種別、実施理由、物件規模、および工事実施時期に関する工事種別、工事理由ごとの分析、②受変電設備、屋上防水、中央監視設備、冷温水発生機、パッケージ空調機についての信頼度分析
- ・分析手法

累積数、度数分布などから各設備の重要度を確認する。信頼度 50%に至る時点を平均寿命とする方法を採用し、 Kaplan-Meier 法を用いて、破損及び破損兆候を対象として実施された工事について、工事の実施時期を故障の発生時期として、信頼度、故障率などを算出し、信頼度関数(ワイブル分布、対数正規分布)を推測する。

また、最適な保全周期を決定するために、予防保全の金額と事後保全の金額を総稼働時間で割ったものの最小値を用いている。具体的には次式で表され、イメージは図 1.3.4 のようである。予防保全のコストや事後保全のコストは文献を参考にしている。

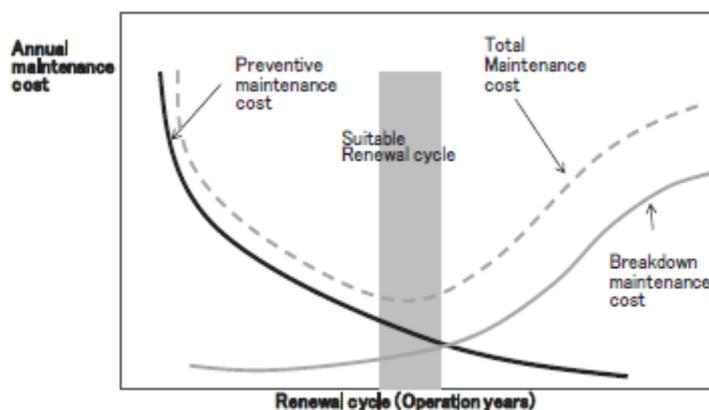


図 1.3.4 最適な更新周期のイメージ図[引用]

(4) 木本 昇一, 三浦 克弘, “保全・運用データに基づく建物維持管理の合理化に関する研究 (第 4 報) 空調用ポンプの保全履歴と信頼性解析”, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (福島), Vol.10, Sep., 2021 [41]

○分析データ

- ・対象建物：東京に立地する建物
- ・対象データ：専門協力会社の施行報告書
- ・データ期間：1992 年～2015 年
- ・分析対象：氷蓄熱システム用のブライン冷凍機 2 台、蒸気吸収式冷凍機 2 台、冷温水ポンプ 16 台
- ・分析手法：累積ハザード法。ポンプを部位・構成要素に分解

(5) 高草木 明, “事務所ビルにおける故障・不具合発生と保全体制に関する一連の研究”, NTT ファシリティーズ総研, 年報 NTT ファシリティーズ総研レポート, No.26, Jun. 2015 [42]

○分析データ

- ・対象建物：大規模事務所ビル 2 棟
- ・対象データ：専門協力会社の施行報告書
- ・データ期間：1992 年～2015 年
- ・分析対象：電気設備、空調設備、衛生設備の故障間隔、
- ・分析手法：累積ハザード法

その他修繕に時間を要する作業について、設備区分ごとや外注か否か、不具合発見区分などの分析を行っている。保全作業に関するの知見を以下に示す。

- ① 修復が 1 日で完了する故障・不具合は、全体件数の 83% を占め、修復日数が 2 日は 8% である。3 日以上 1 週間以内では 6%, 8 日以上 1 カ月以内では 3%, これ以上が 1% であった。
- ② 修復に 3 日以上要した故障・不具合に限ると、平均修復日数は 13.1 日となる。設備区分別にみると、空調、防災の平均修復日数が長い。年間の平均修復日数は、その年の故障・不具合発生件数と相関がみられ、保全現場の繁忙が影響すると考えられる。
- ③ 故障・不具合の検知方法には、居住者からの申告、アラーム、点検時の発見がある。申告によるものはビル管理上重要であり、これは全体の 65% を占める。このような故障・不具合は居住者が日常的に接する設備に多く、平均修復日数は短い。保全員が優先的に速やかに対処するためと考えられる。
- ④ 居住者からの申告により検知される故障・不具合で、かつ修復日数が 1 週間を超えるもの、すなわち、排除すべき最重点ターゲットをピックアップし、1 週間以内に処置が終わるものと現象や原因の面からの特徴を比較した。件数の順に相違がみられ

るものの、これらに際立った相違は認められなかった。

- ⑤ 故障・不具合の記録データで、衛生、空調、電気の別で、それぞれ修復期間の長さにおいて上位 20 件について、現象、保全員による確認状況、処置内容を一覧表に示した。修復期間が長くなったことについて、事情が推察できるような経緯が記録されているものもある。

表 1.3.4 修復期間が長期に及ぶ故障・不具合（空調）\*[42]より引用

表3 修復期間が長期に及ぶ故障・不具合（空調）

	発生日	発見区分	現象	確認および応急対応または対応方針	処置	修復日数
1	1月30日	発見	蒸気ヘッダーと熱交換器間の大流量弁より漏水	蒸気ヘッダー-SH-2と熱交換器HEX-2の間の大流量弁より漏水、下にバケツを置き水滴を受ける	次の暖房期間前までにパッキンを交換	230
2	9月27日	発見	パントリー空調制御盤AP-03-5電源表示灯消灯	表示灯用トランス不良。受電整備時に対応	トランス交換で良好	145
3	11月25日	申告	厨房内の吹出しが寒いと申告あり	左記を確認	修理完了	127
4	10月23日	発見	吹出し口ACI-O22-2VAV2-1より風が吹いていないのを発見	点検時に発見し、翌日VAVの入口まで正常を確認。その後再調査予定	VAVのモーターを取り替えて良好となる	120
5	8月16日	発見	空調機ACI-O6-9のマノメータが30で固着している	ACI-O6-9のマノメータが30で固着している。修理依頼。11月16日マノメータ入荷	マノメータ取り替え実施。良好となる	112
6	5月17日	発見	空調機ACI-O25-9から異常音がしているのを発見	モーターのベアリングから異常音がしている。工事に手配済み。修理日連絡待ち	修理依頼により手配中完了処理実施。モーター冷却ファン交換を実施。モーター交換（9月上旬）までの応急処置が終了した（8月6日）。モーター交換して良好となった（9月3日）	110
7	5月24日	申告	天井より異常音がする	空調機ACI-O20-2より異常音が発生している模様。再調査を要す	ACI運転時に照明器具が振動し、異常音が発生していた。取り付け調整して良好となる	94
8	2月22日	アラーム	給排気設備SF-010-6故障発報	サーマルトリップ。強風で煽られたため	サーマルの動作値を上げて対応。0.32より0.34へ変更。以後様子を見る。3カ月後処置完了を確認	91
9	10月23日	発見	空調機ACO-O22-7の冷水2方弁が50%しか開かないものを発見する	MMIにて100%にして50%で止まってしまうのを確認	冷水2方弁を交換	83
10	3月8日	申告	28号エレベータ横の天井から異常音がすると申告があった	ファンコイルユニットFCU-OB1-3より異常音がしているのを確認。3月9日再調査	3月9日手配完了。3月14日にメーカーが調査、4月以降モーター交換予定とする。5月21日モーター1台、ファン2個、コンデンサー1個交換して良好となった	75
11	4月5日	発見	BASの空調画面上で25階（東側）CO <sub>2</sub> 濃度表示が0となっている。また、7階西側のCO <sub>2</sub> 濃度表示も74PPMと低い	左記を確認	空調機ACO-O7-4に新しいCO <sub>2</sub> アナライザ取り付け	71
12	7月21日	アラーム	室温30℃HIアラーム発報	空調機ACE34-15冷水弁開だが冷水が流れていない。冷水ポンプCP3運転。冷水流量1.6m <sup>3</sup> /hで回りの状態だった。CP4を手動運転、CP3を停止させた冷水流量230m <sup>3</sup> /h。21時38分HIアラーム復帰	再発しないので一旦完了とした。9月末完了確認	71
13	5月15日	発見	AHU点検時、差圧オーバー（25mmH <sub>2</sub> O）を多数発見	左記を確認。6月に交換予定	中性能フィルタ32個交換実施	61
14	4月26日	発見	空調機ACO-22-4モーターより異常音発生	左記を確認	モーターベアリング交換して良好となる	60
15	10月13日	発見	FCUから異常音がする（FCU-29-2、26-5、25-5、19-2、16-2、16-5、15-2）以上7台	左記を確認	FCUのオーバーホールにて良好	50
16	7月11日	発見	外調機（ACO-C2-1）の送風モーターの過熱を発見	左記を確認	7月11日工事に手配。8月26日モーター、ベルトを交換して良好となった	47
17	7月11日	申告	空調機（ACH-C5-2）の送風モーターの異常音と過熱を発見	左記を確認	7月11日工事に手配。8月26日モーター、ベルトを交換して良好となった	47
18	12月2日	発見	空調機室内で異常音	空調機ACI-O28-9より振動音のような音がしている	最高周波数を42Hzに変更しその後経過を確認するも異常なし	41
19	6月7日	申告	空調の吹出しが強いので閉めて欲しい	希望する場所を確認	アネモ1カ所を全閉して申告者に確認してもらい完了とした	40
20	12月25日	アラーム	漏水警報が発報した	蒸気発生器で熱交換時に漏水したと思われる。12月28日増し締めしたがまだ漏れる	パッキン交換して止まる	35

## 1.3.5 信頼性解析手法のまとめ

表 1.3.5 に信頼性解析の論文で必要なデータや採用された解析手法方法をまとめた。

表 1.3.5. 修繕間隔の分析の比較表

対象論文	(1) 中島	(2) 久保井	(3) 板谷	
対象建物	事務所ビル(5,476m <sup>2</sup> )	自社事務所ビル	賃貸オフィスビル 668棟	
収集データ	故障記録データ 10年分(34)	AHP の定期点検データ 7年分(3,358)	工事履歴データ 10年分(66,727)	
対象データ故障履歴の分析	対象機器	受変電設備 屋上防水 中央監視設備 冷温水発生機 パッケージ空調機	AHP(空調ヒートポンプチラー)	
	分析対象データ	各機器の故障データ ・空冷ブレインチラー(7) ・水冷チラー(6) ・空調機(21)	各機器の故障データ ・受変電設備(548) ・屋上防水(535) ・中央監視設備(265) ・冷温水発生機(57) ・パッケージ空調機(130)	各部位の故障データ 外観の状況(152) 高力系統(124) 圧力計(180) ファン(82) 熱交換器(空気側)(168) 冷却装置(140) オイル潤滑装置(84)
	分析に必要なデータ	機器設置年	機器設置年	機器設置年 点検結果の判定レベル 海岸線からの距離
修理系 or 非修理系	修理系→故障間隔を求める	修理系→累積故障数を求める。	非修理系→故障寿命を求める	
分析方法	累積ハザード法により、信頼度関数を求め、ワイブル分布を当てはめる。	NHPP (非斉時ポアソン過程)	Kaplan-Meier法により信頼度関数を求め、分布をあてはめる	

データの扱い	打ち切りデータ。機器ごとに合算。	打ち切りデータ。複数建物の機器を開始時点揃えて、合算。レベル2、レベル3以上のデータ。	打ち切りデータ。複数建物の機器を開始時点揃えて、合算。築年が30年以内。工事金額が10万以上。パッケージ空調は5万以上。破損・破損兆候のデータ。
その他の分析に必要なデータ	—	機器費用(概算値) 修理費用(概算値)	機器費用(概算値) 修理費用(概算値)

### 1.3.6 BIMにより可能になる高度な施設運営やデータ分析

(1) 松林 道雄, 渡辺 俊, “BIMモデル化された設計図書を用いた施設管理の効率化”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.82, No.734, pp.1125-1133, Apr., 2017 [43]

この研究では、大学施設を対象に、既存建物を複数棟 BIM 化している。また、日頃の修繕記録の利用方法として、重回帰分析によるトラブル間隔の予測モデルを作成している。説明変数には、部屋体積や配置階、ドア数、空調機数、吹出口数、照明器具数等である。説明変数の集計は、BIM データから取得する。BIM モデルには、他にも様々な属性情報を付加しており、期間ダミー、築年数、延べ床面積、総階数、気温、天気、消費電力、授業時間数を加え、それぞれ、建築、機械、電気に取り捨選択して、紐付けた。モデルの精度は、空調機は高い決定値をだしたが、照明器具については低かった。

(2) 星野 竜一, 西片 一成, 渡辺 務, 工藤 正光, 阿部 琢哉, 佐藤 邦男, “設備総合管理からのアプローチによる LCC 削減 (第 3 報) IoT 技術導入による見える化推進事例”, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (福島), Vol.10, Sep., 2021 [44]

この研究では、人不足を解消することを目的に、IoT 機器を導入し、業務自動化を図った例を紹介している。導入した機器は温湿度、電流、振動、漏水といった各種 IoT センサーやメーター自動読み取り、ネットワークカメラ等である。導入の結果、センサーの無線通信環境の整備や電源供給方法、データの収集頻度と必要精度などが課題となり、メーター自動読み取りに関しては、90~95%程度の精度であった。また、巡回点検業務に関して、人間の五感による点検が必要な部分もあるため、完全無人化には至らないが、70%程度時間を削減できた。

(3) 倉田 成人, 小西 貴裕, 山岡 弘文, 近藤 伸一, “建築物の維持管理を目的とした BIM と IoT の連携”, 日本建築学会, 第 42 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.68-71, Dec., 2019 [45]

この研究では、IoT デバイスと BIM を Forge を基盤として、連携させた。具体的な取り組みは、自律型時刻同期センシングシステムを適用し、地震時の構造健全性評価を行った。計測により、即時に層間変形角を抽出し、変形状態を確認できるようになった。BIM をビューアーとして用い、アニメーション表示機能を搭載することで、視認性が格段に上がった。

(4) 松林 道雄, “既存建築物を題材とする BIM データを用いたトラブル発生箇所に類似する箇所の探索”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), Sep., 2018 [46]

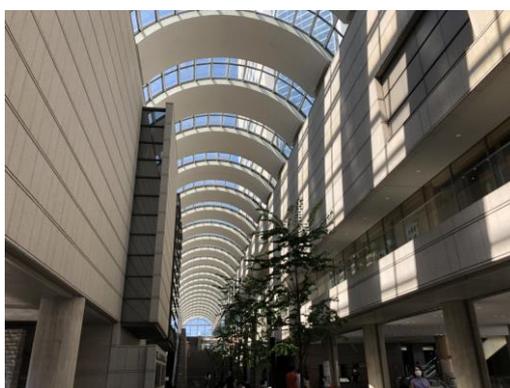
この研究では、既存建物の BIM モデルの要素に紐付いた属性項目をもとに自動抽出することで、トラブル対応箇所のリストアップに貢献している。

(5) 松林 道雄, “漏水発生の可能性を検討するための BIM データを用いた配管情報を収集するツール”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), Sep., 2020 [47]

この研究では、漏水発生の可能性を検討するため、配管に関する情報を部屋ごとに集約するツールを開発した。現状では数量や配管長さを抽出するにとどまっているが、視覚的な位置関係や故障時に見られる配管等の組み合わせなど、技術者の経験・知識をルール化して判定する開発などが展望として上げている。

#### 1.4 研究対象施設

本研究では東京都新宿区にある複合文化施設である東京オペラシティビルを調査対象とする。東京オペラシティビル建築全体概要を表 1.4-1 に示す。運営管理に関しては、東京オペラシティ株式会社及び 1995 年 12 月、民間事業者 6 社により設立された東京オペラシティ文化財団が行っている。またビルの維持管理については駐車場、デリバリー、通信、清掃、警備、設備管理、投資的工事の 7 つに業務を分けて別々の会社に出注している。そのうち 4 つの会社では竣工図やテナントの契約面積等のデータを紙媒体で共有している。また設備管理業務を担っている大星ビル管理（株）では MOSS という独自の管理システムを使い、PC 上で平面図をクリックすると作業履歴等の情報を確認することができるようにしている。



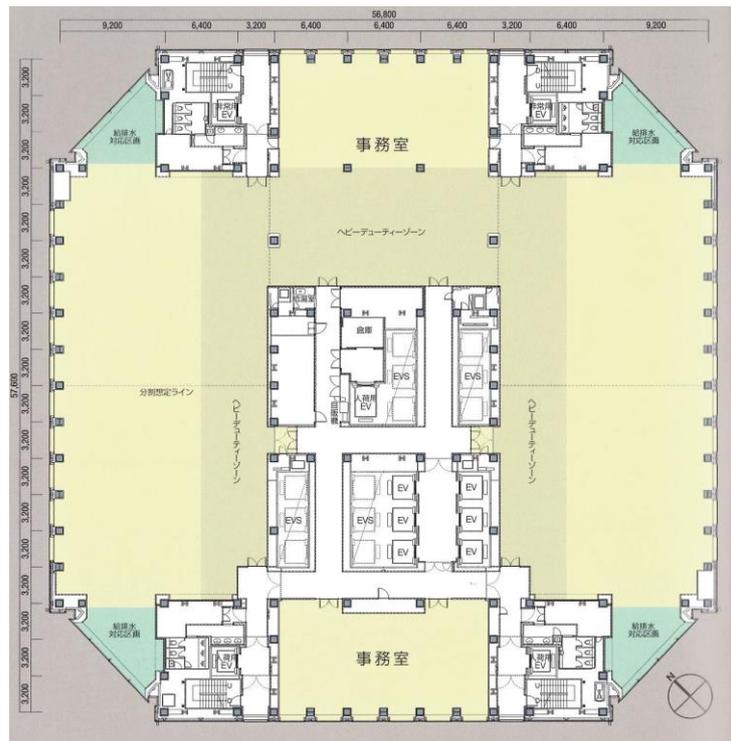


図 1.4-1 基準階平面図

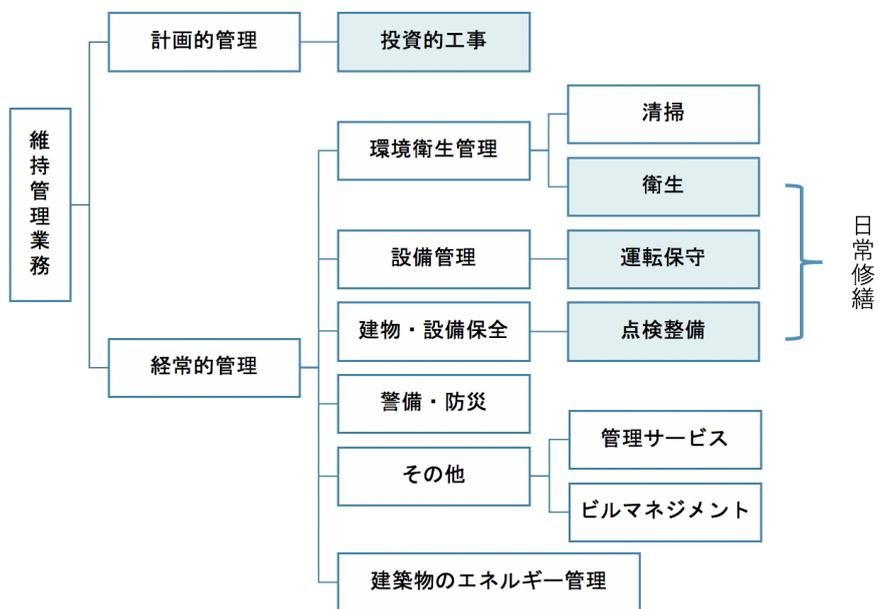


図 1.4-2 建物維持管理業務の分類

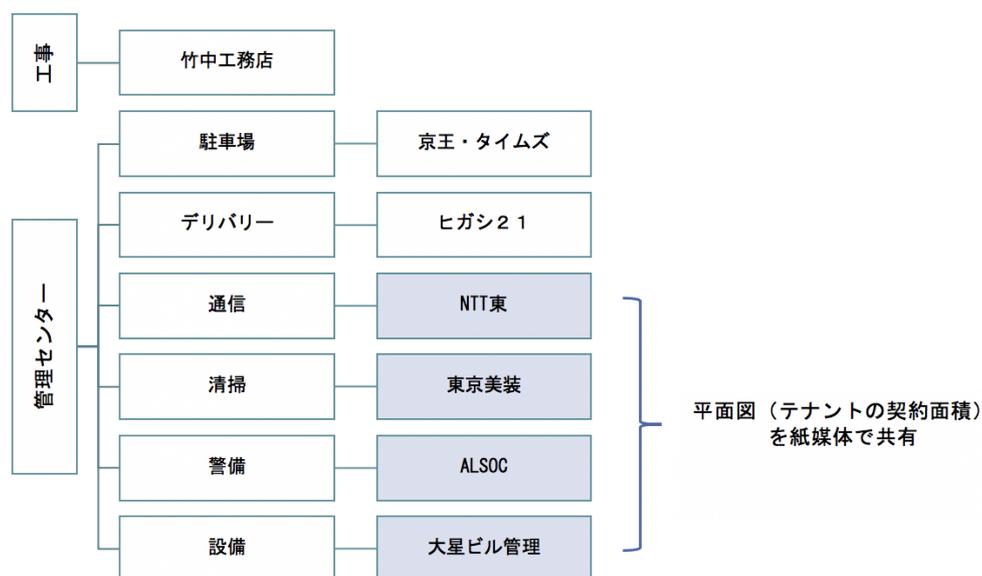


図 1.4-3 オペラシティビルの管理体制

表 1.4-1 研究対象施設概要

対象物件	東京オペラシティビル
所在地	東京都新宿区
規模	地上 54 階、地下 4 階、塔屋 2 階 敷地面積 15,426 m <sup>2</sup> 建築面積 13,936 m <sup>2</sup> 延床面積 241,995 m <sup>2</sup> 最高高さ 234.371m 駐車場台数 856 台
竣工	1996 年 8 月(築 25 年)
主要施設	6 つの劇場・ホール、2 つの美術館施設、 事務所、店舗、コンサートホール等
構造種別	鉄骨鉄筋コンクリート造

表 1.4-2 全体設備概要

電気設備	受変電設備	66kV 特別高圧ループ受電
	幹線	電源幹線二重化（非常時自家発電直結）
	自家発電設備	非常用兼用
	防災設備	自動火災報知設備、非常放送、誘導灯、非常照明、無線通信補助設備、非常電話
	弱電設備	情報系電話系二重床配線システム 弱電専用シャフトの設置
空調換気設備	空調方式	空調機各階分散方式単一ダクト 定風量・変風量方式
	排煙設備	居室・機械排煙による天井チャンバー方式 廊下・機械排煙方式、附室・自然排煙方式
	熱源	東京オペラシティ熱供給（株）施設より蒸気。温水・冷水を供給
衛生設備	給水設備	高層部重力式、低層部加圧式 上水・中水（便器洗浄水）二重配管
	給湯設備	貯湯式電気湯沸器による局所給湯
	排水設備	汚水・雑排水・厨房排水・雨水の分流方式 中水プラントによる厨房排水除外施設併設
	消火設備	スプリンクラー設備、屋内消火栓設備、連結送水管設備、CO2 消火設備（電気室他）、泡消火設備（駐車場）
昇降機設備	高層用エレベーター（オフィス用）	乗用：30 基（24 人乗り、180m/min~480m/min） 人荷用：2 基（17 人乗り、180m/min） 人荷用：1 基（2,450kg、180m/min） 非常用：2 基（17 人乗り、180m/min）
	低層用エレベーター	乗用：9 基（11・13・15 人乗り、105m/min） 人荷用：3 基（1,850kg, 3,000kg, 4,600kg）
特殊設備		中水設備、ゴミ処理設備、地域冷暖房設備

表 1.4-3 オフィス設備概要

建築	天井高	2.7m
	床仕上げ	タイルカーペット (OA 二重床 H=100mm)
	壁仕上げ	石膏ボード、ビニールクロス
	天井	岩綿吸音板システム天井
	床荷重	事務室一般ゾーン：300kg/m <sup>2</sup> 事務室ヘビーデューティーゾーン：600kg/m <sup>2</sup> コア内貸室：300kg/m <sup>2</sup>
電気設備	OA コンセント容量	40 VA/m <sup>2</sup> (増量可)
	照明	埋込型クロス配置照明 Hf32W×1 灯 (2 灯に増灯+ルーバー取付可)、机上面照度 600 ルクス程度
弱電設備	電話	二重床内先行配線
衛生設備	TV 共聴	地デジ、BS、CS、AM、FM
空調設備	通信衛星設備	屋上に受信用パラボラアンテナ設置
	ゾーニング	貸室：最大 6 ゾーン (7~52 階) 湿度制御：VAV (9.6m×6.4m) 吹出口：3.2m×3.2m に一か所
	予備冷水	ヘビーデューティーゾーン用冷水

一般的な維持管理業務を公益社団法人全国ビルメンテナンス協会[48]の資料を参考に図 1.4-2 のように整理した。本研究では計画的な管理からは比較的大規模な投資的工事、経常的管理からは衛生管理・運転保守・点検整備を小規模な日常修繕として取り扱うこととする。

## 1.5 用語の定義

### ① BIM

コンピュータ上に作成した主に 3 次元の形状情報に加え、室等の名称・面積、材料・部材の仕様・性能、仕上げ等、建築物の属性情報を併せ持つ建物情報モデルを構築するシステム。一般には、狭義では、建物 3 D モデルとモデルに紐付いた属性情報の一体のことを言うが、解釈はそれぞれであり、広義では、それらに不動産クラウド等の不動産管理システムを含め、BIM と呼ぶこともある。本研究では、広義の意味を用いる。

### ② 投資的工事

中長期保全計画等、計画的に行う設備や構造の更新工事や改修工事、向上工事といった比較的大規模な工事。一般に、維持管理にかかるコストのうち、日常修繕に比べて、金額の割合は大きい。

### ③ 日常修繕・日常保全

建物管理者が日常的に、設備や建築部位等の故障や劣化に対して行う小修繕のこと。

### ④ 予防保全作業

日常保全作業のうち、設備等が故障を起こす前に、更新や修繕、整備をおこなうこと。日常や定期に行われる点検によって、建物や建築設備の機能や性能を常に把握し、劣化の有無や兆候（些細な異常等）可能な限り、確認または予測する保全の方法。

### ⑤ トラブル対応作業（事後保全）

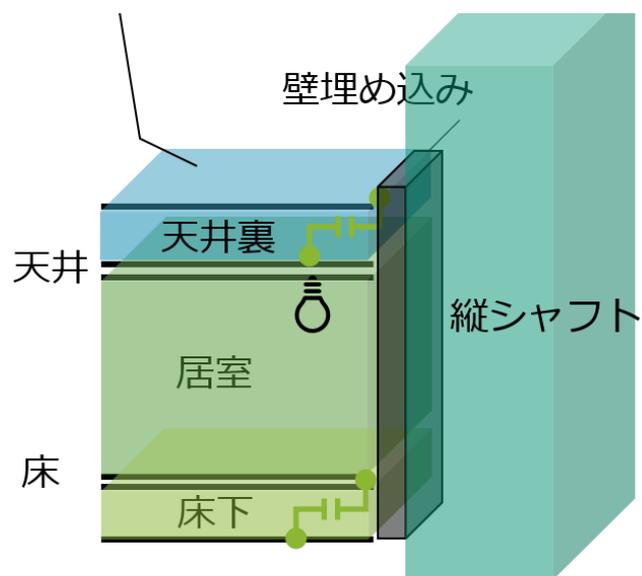
日常保全作業のうち、故障やクレームの後、事後的に処置・修理等対応すること。実際に異常や故障が発生したとき、または確認された段階で、初めて修繕等を実施する方法。

### ⑥ BIM スペース

本研究で導入する概念である。建物をおおまかに、空間で分割した一部である。図 1.5 に概念図を示す。具体的には、天井裏、天井、居室、床、床下、壁埋め込み、縦シャフト等である。本研究では、これらに、エレベーター、エスカレーター、コア部分室を加える。コア部分室は、機械室に相当する場所である。

### ⑦ LOD

Level of Development（Level of Detail）の略で、BIM モデルに含まれる情報の詳細度及び進捗度の指標。



+

## コア部分室・EV・ESC

図 1.5 BIM スペースイメージ



## 第2章 大規模施設における維持管理実態の調査

---

- 2.1 投資的工事
  - 2.1.1 投資的工事調査の概要
  - 2.1.2 全投資的工事に関する分析
  - 2.1.3 更新工事の分析
  - 2.1.4 向上工事の分析
  - 2.1.5 改修工事の分析
  - 2.1.6 投資的工事における部位の選定
- 2.2 日常修繕工事
  - 2.2.1 日常修繕工事調査概要
  - 2.2.2 日常修繕の分析
  - 2.2.3 予防修繕の分析
  - 2.2.4 トラブル対応修繕の分析
  - 2.2.5 点検業務に関する分析
  - 2.2.6 日常保全作業における部位の選定
- 2.3 管理会社へのヒアリング調査①
- 2.4 管理会社へのヒアリング調査②
- 2.5 BIM モデルとの連携手法の検討
- 2.6 まとめ

## 第2章 大規模施設における維持管理実態の調査

### 2.1 投資的工事

#### 2.1.1 投資的工事調査の概要

投資的工事については東京オペラシティ甲工事（重点案件）一覧表から系統工事名・総工事費・実施日時を抽出し、部位別に分析を行う。投資的工事について、部位毎に工事件数、総工費、日数の分析を行う。その後分析をもとにそれぞれ BIM 化により効率化が見込める部位を抽出し、オブジェクト情報として入れるべき情報を検討する。

表 2.1.1 投資的工事調査の概要

工事種類	投資的工事
目的	2015 年に行われた建物劣化調査の結果をもとに中長期及び 5 カ年計画を作成し対策の実施を行う。比較的大規模な工事。
工事会社	竹中工務店
期間	2015 年 4 月 1 日 - 2020 年 3 月 31 日
記録資料	東京オペラシティ甲工事（重点案件）一覧表
記載項目	工事 ID、一覧表ナンバー、工事名、系統工事名、実施日時、見積書発行日、工事、総工費
工事例	LED 化工事、通気配管更新工事等

#### 2.1.2 全投資的工事に関する分析

##### (1) 投資的工事の部位別工事件数

投資的工事における部位別の工事件数を図 2.1.2-1 に示す。照明器具が最も大きい割合を占めていた。要因として、電球の LED への切り替え工事が頻繁に実施されていることが考えられる。

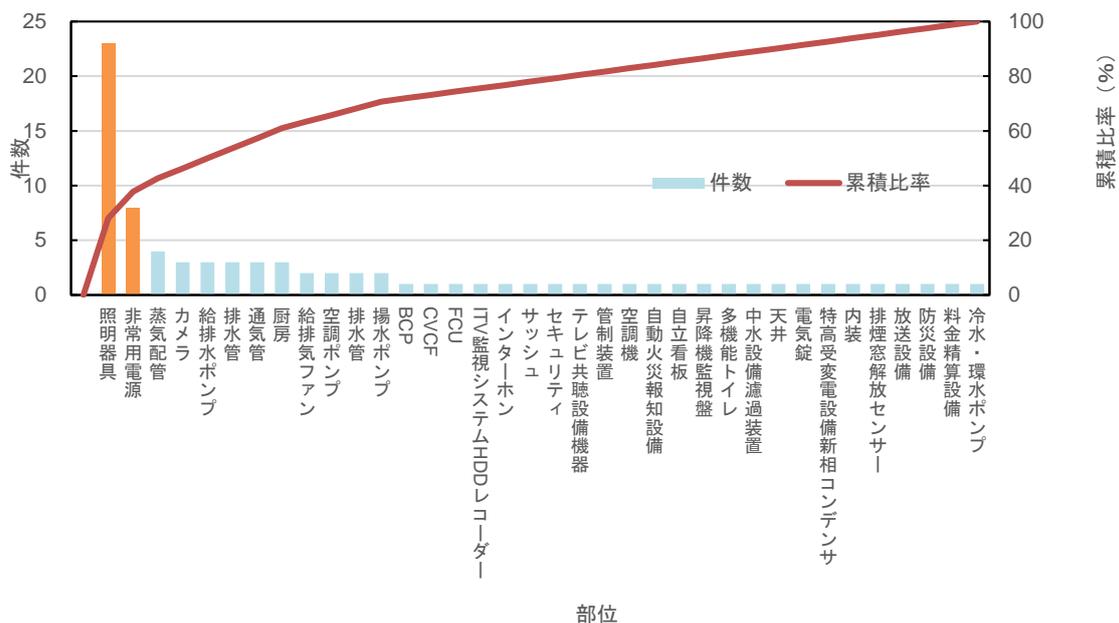


図 2.1.2-1 投資的工事の部位別工事件数

## (2) 投資的工事の部位別総工費

次に投資的工事における部位別の総工費を図 2.1.2-2 に示す。複数回工事を行なっている部位は各総工費の合計としている。非常用電源が最も大きい割合を占め、厨房、照明器具が次に続く結果となった。

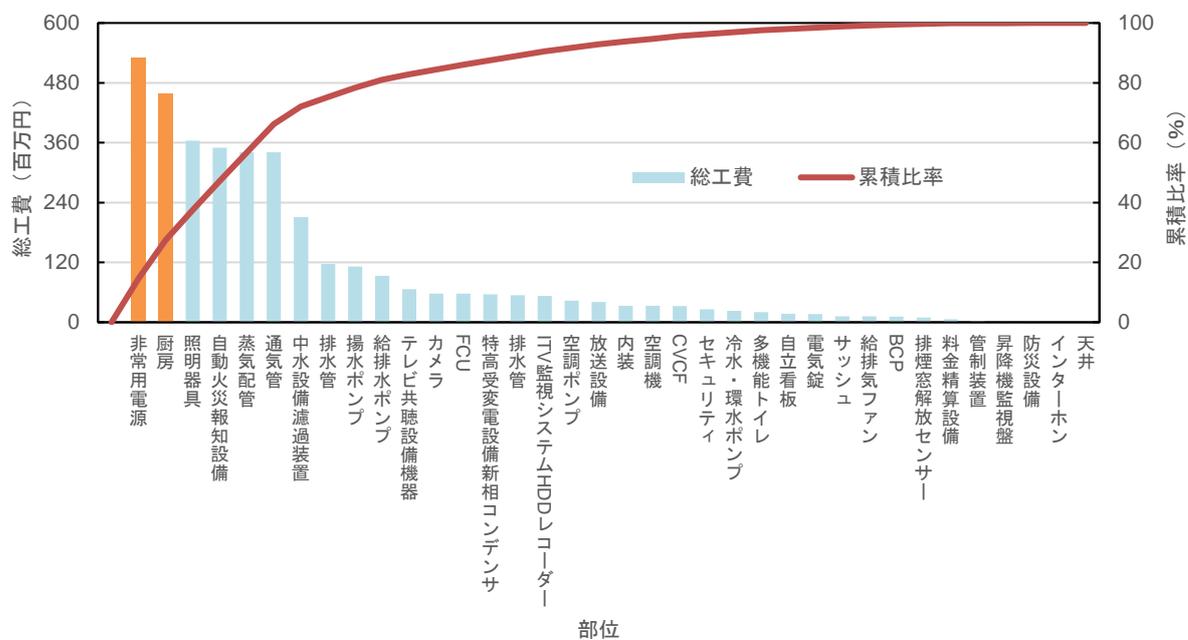


図 2.1.2-2 投資的工事の部位別総工費と累積比率

### (3) 投資的工事の部位別工事日数

次に投資的工事における部位別の工事日数を図 2.1.2-3 に示す。照明器具の割合が最も高くなっていることが読み取れる。他にも厨房、通気管等が上位であった。厨房の工事が件数自体はあまり多くないにも関わらず総工費、日数で上位にある。

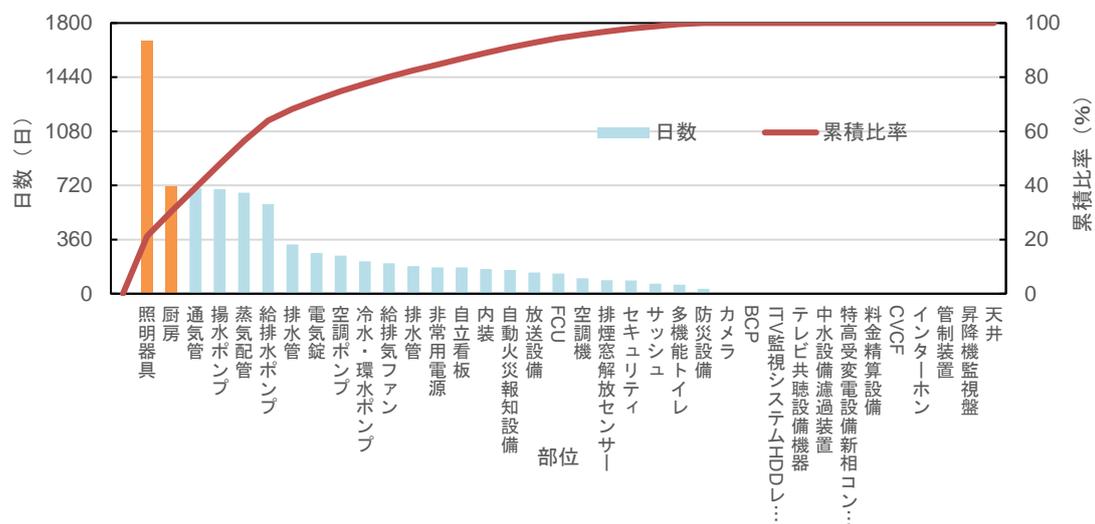


図 2.1.2-3 投資的工事の部位別工事日数と累積比率

### (4) 投資的工事の工事種の割合

図 2.1.2-4 に投資的工事の工事種の割合を示す。割合が高いのは更新工事、向上工事、改修工事であった。これら三つの工事をさらに分析することとする。

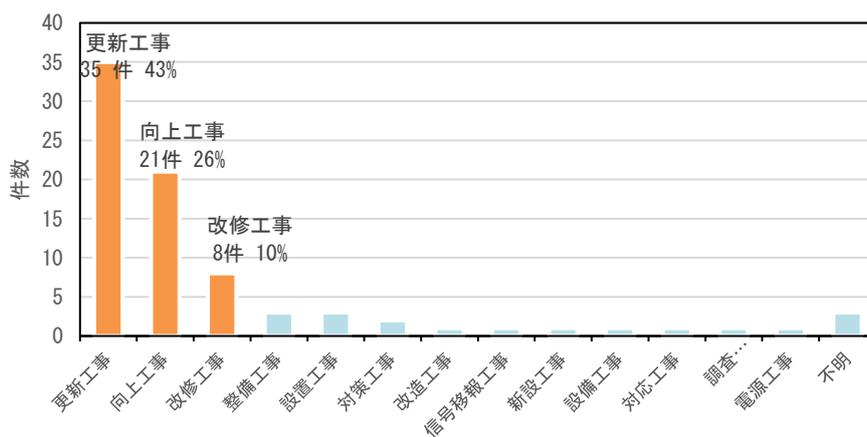


図 2.1.2-4 投資的工事の工事種の割合

### 2.1.3 更新工事の分析

#### (1) 更新工事の工事件数

図 2.1.3-1 に更新工事の工事件数を示す。最も割合が高いのは蒸気配管である。次に給排水ポンプ、照明器具と続く。

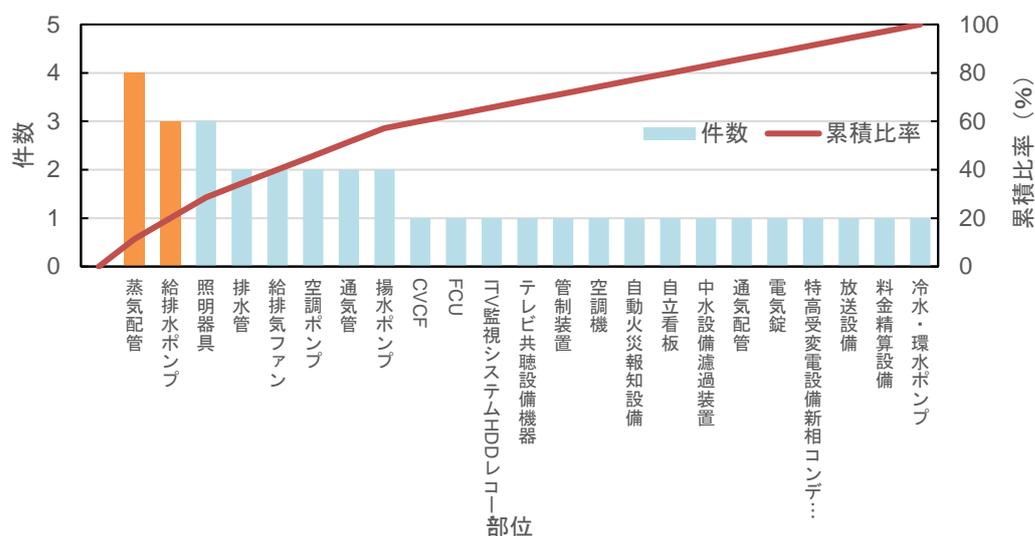


図 2.1.3-1 更新工事の工事件数

#### (2) 更新工事の総工費

図 2.1.3-2 に更新工事の総工費を示す。最も費用が高い部位は自動火災報知設備であった。次に蒸気配管、通気管に費用がかかることがわかった。

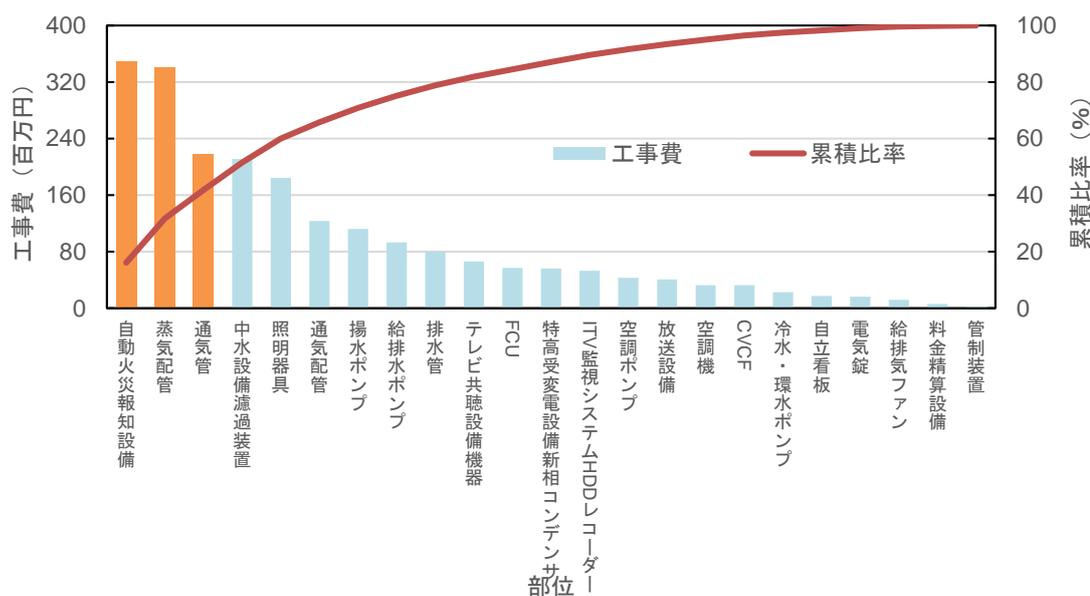


図 2.1.3-2 更新工事の総工費

## (3) 更新工事の工事日数

図 2.1.3-3 に更新工事の工事日数を示す。最も工事日数がかかる部位は揚水ポンプであることがわかった。蒸気配管、給排水ポンプと続く。

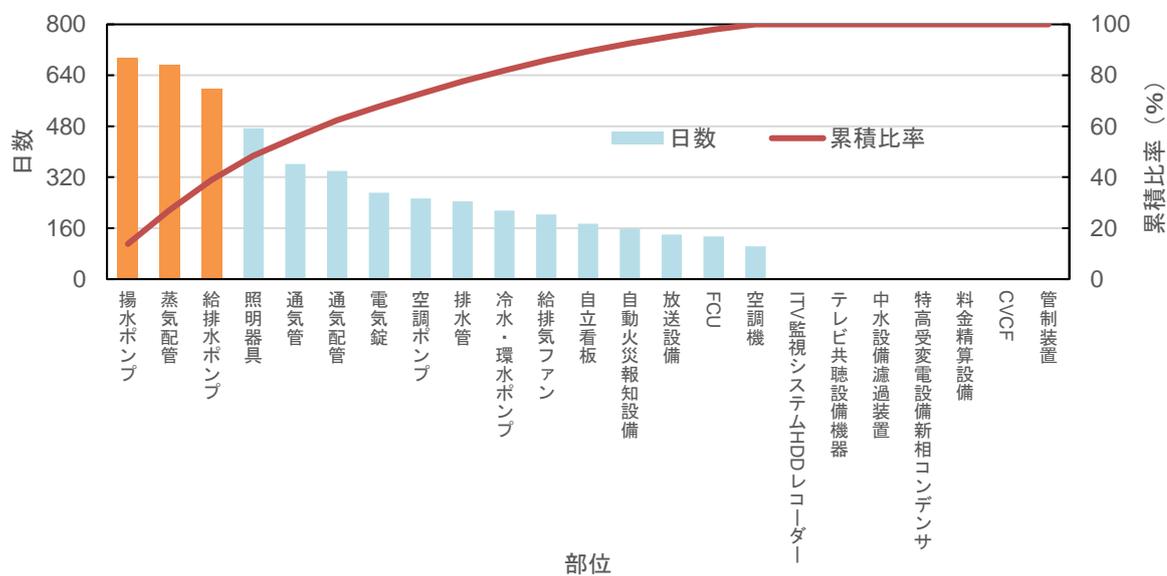


図 2.1.3-3 更新工事の工事日数

## 2.1.4 向上工事の分析

### (1) 向上工事の工事件数

図 2.1.4-1 に向上工事の工事件数を示す。照明器具が群を抜いて件数が多い。BCP と非常用電源は同じ件数であった。



図 2.1.4-1 向上工事の工事件数

### (2) 向上工事の総工費

図 2.1.4-2 に向上工事の工事費を示す。照明器具が群を抜いて高い結果となった。件数が多いため工事費も高くなったと考えられる。

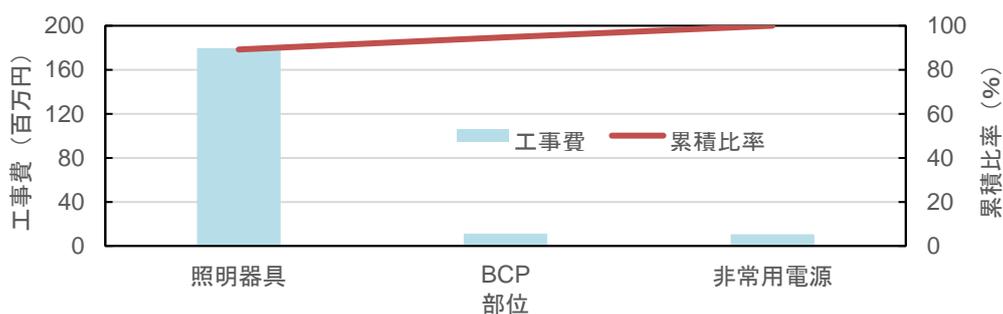


図 2.1.4-2 向上工事の工事費

### (3) 向上工事の工事日数

図 2.1.4-3 に向上工事の工事日数を示す。照明器具は日数がかかっていることがわかる。



図 2.1.4-3 向上工事の工事日数

## 2.1.5 改修工事の分析

### (1) 改修工事の工事件数

図 2.1.5-1 に改修工事の工事件数を示す。厨房の件数が最も多いという結果となった。

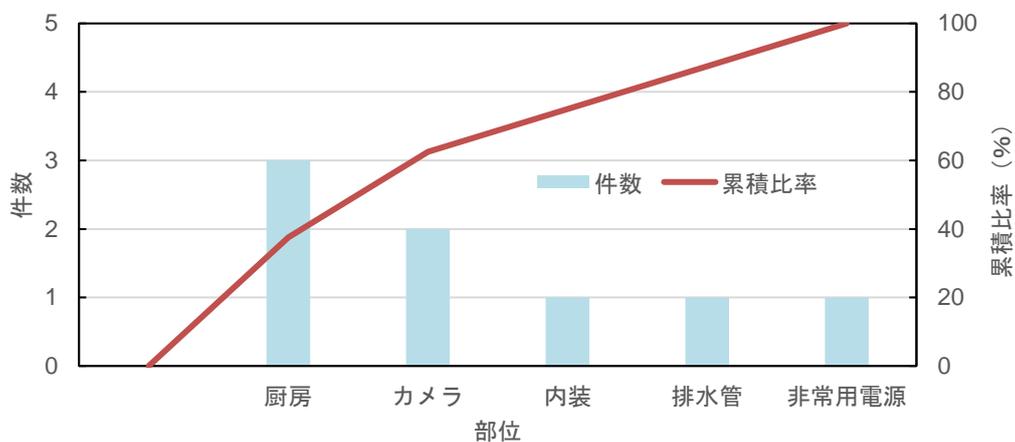


図 2.1.5-1 改修工事の工事件数

### (2) 改修工事の総工費

図 2.1.5-2 に改修工事の総工費を示す。件数の多い厨房が、工事費も高いという結果となった。カメラに関しては工事件数が多いにもかかわらず、工事費はそこまでかからないことがわかる。

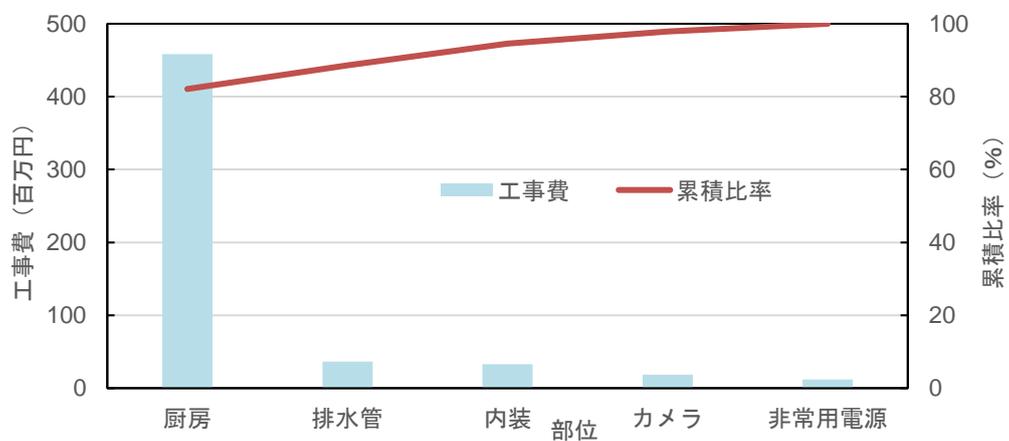


図 2.1.5-2 改修工事の総工費

### (3) 改修工事の工事日数

図 2.1.5-3 に改修工事の工事日数を示す。工事日数が最も多い部位は厨房である。工事件数が多いことから妥当な結果である。

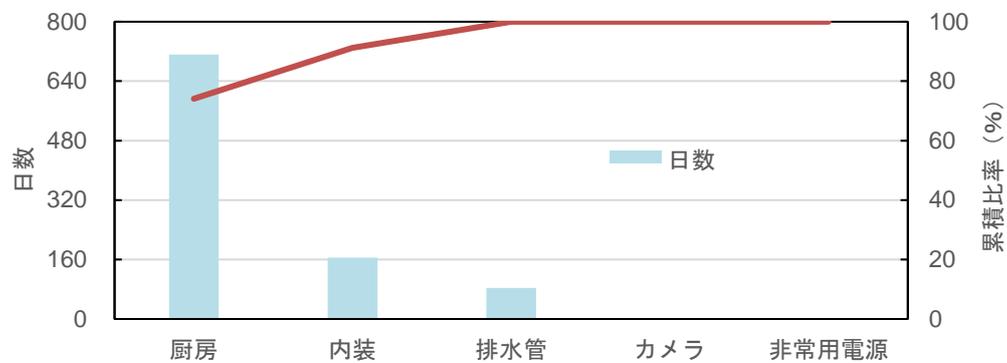


図 2.1.5-3 改修工事の工事日数

## 2.1.6 投資的工事における部位の選定

投資的工事では工事件数、総工費、工事日数の分析のそれぞれの結果より非常に多くの部位で業務が行われていることが明らかになったが、これら全ての部位名とその情報を入力するには多大な労力と時間を要する。そこでパレートの法則を用い、各分析結果において累積比率 80%の範囲内（網掛け部分）を BIM に情報を載せるべき部位の条件とする。これにより、全部で 23 個の部位を抽出することができた。抽出部位を表 2.1.6 に示す。また、排水管、給排水ポンプ、照明器具、蒸気配管、厨房、通気管、揚水ポンプの 7 部位は 3 つ全ての分析で累積比率 80%の範囲内に入っており、BIM モデルとの管理情報を連携する重要性が高いと言える。

表 2.1.6 投資的工事の各分析からの抽出部位一覧

工事件数	総工費	工事日数
照明器具	非常用電源	照明器具
非常用電源	厨房	厨房
蒸気配管	照明器具	通気管
カメラ	自動火災報知器	揚水ポンプ
給排水ポンプ	蒸気配管	蒸気配管
排水管	通気管	給排水ポンプ
通気管	中水設備濾過装置	排水管
厨房	排水管	電気錠
給排水ファン	揚水ポンプ	空調ポンプ
空調ポンプ	給排水ポンプ	冷水・環水ポンプ
揚水ポンプ		吸排気ファン
BCP		
CVCF		
FCU		
ITV 監視システム		
インターホン		
サッシュ		
セキュリティ		
テレビ共聴設備機器		

## 2.2 日常修繕工事

### 2.2.1 日常修繕工事調査概要

日常修繕については MOSS（場所毎に情報を管理できるクラウドサービス）のデータから時間・場所または作業名・対応者・対応内容を抽出し、工事発生要因別に分析を行う。その後分析をもとにそれぞれ BIM 化により効率化が見込める部位を抽出し、オブジェクト情報として入れるべき情報を検討する。

表 2.2.1-1 日常修繕工事調査概要

工事種類	日常修繕
目的	オペラシティビル内に管理技術者が常駐し、清掃や故障箇所の対応を行う。比較的小規模な工事。
工事会社	大星ビル管理（株）
期間	2019年10月1日～2020年9月30日
記録資料	MOSS の業務日報
記載項目	日付、業務区分、時間帯、対応者名、場所または作業名、対応内容、協力会社人数
工事例	日常巡視点検、空調機フィルター交換等

### 2.2.2 日常修繕の分析

#### (1) 事案件数

図 2.2.2-1 に 2019 年における月別の事案件数を示す。事案とは、なにかトラブル起きた場合（報知機の発砲等）やクレームあった場合の対応を意味する。2019 年は秋に向かって、階段状に事案件数が増えている事がわかった。平均は約 44 件/月であった。

また、図 2.2.2-2 に 2020 年における月別の事案件数を示す。4～6 月、12 月の事案件数が少なくなっていることがわかる。これは新型コロナウイルス感染症の影響で、緊急事態宣言が発令された時期であり、リモートワークが積極的に行われたことを受け、オフィスや飲食店の稼働率が下がったことが原因と思われる。全体としても平均約 37 件/月であり、2019 年と比較して、事案件数が減っている。

2019 年、2020 年全体については、月ごとに大きな差があることがわかり、年によっても傾向は見られない。季節による傾向等を調べるためには、さらに複数の年のデータを比較する必要がある。また、事務所テナント関係、共用部関係などの種別による違いもさらに詳しく分析する必要がある。

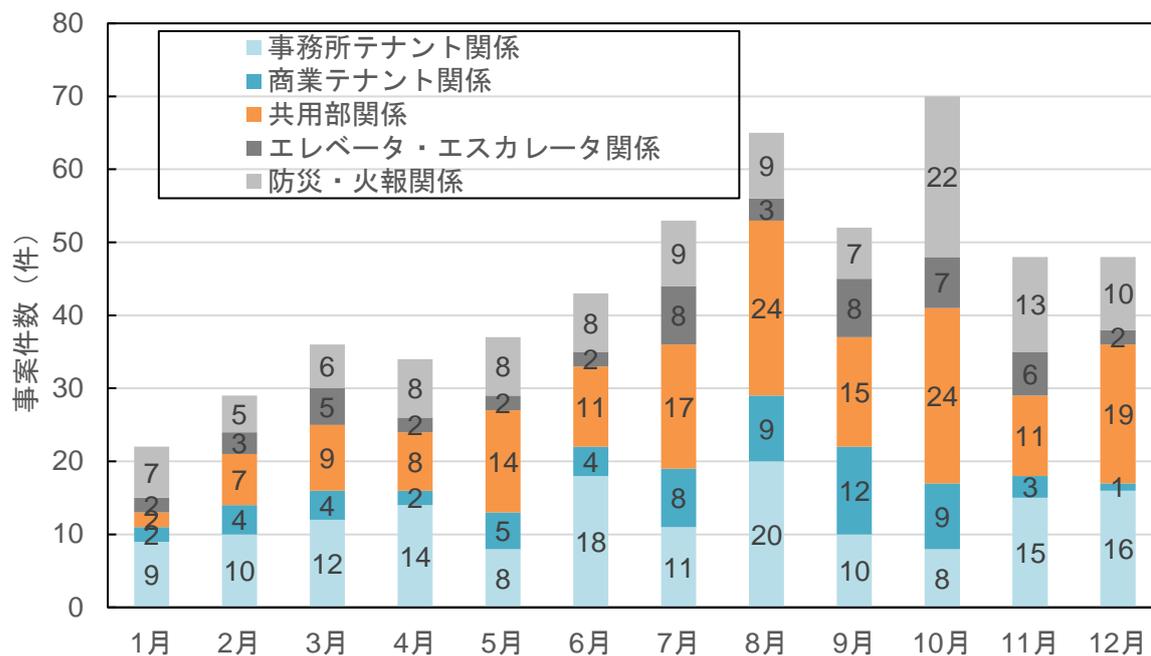


図 2.2.2-1 2019 年における月別事案件数

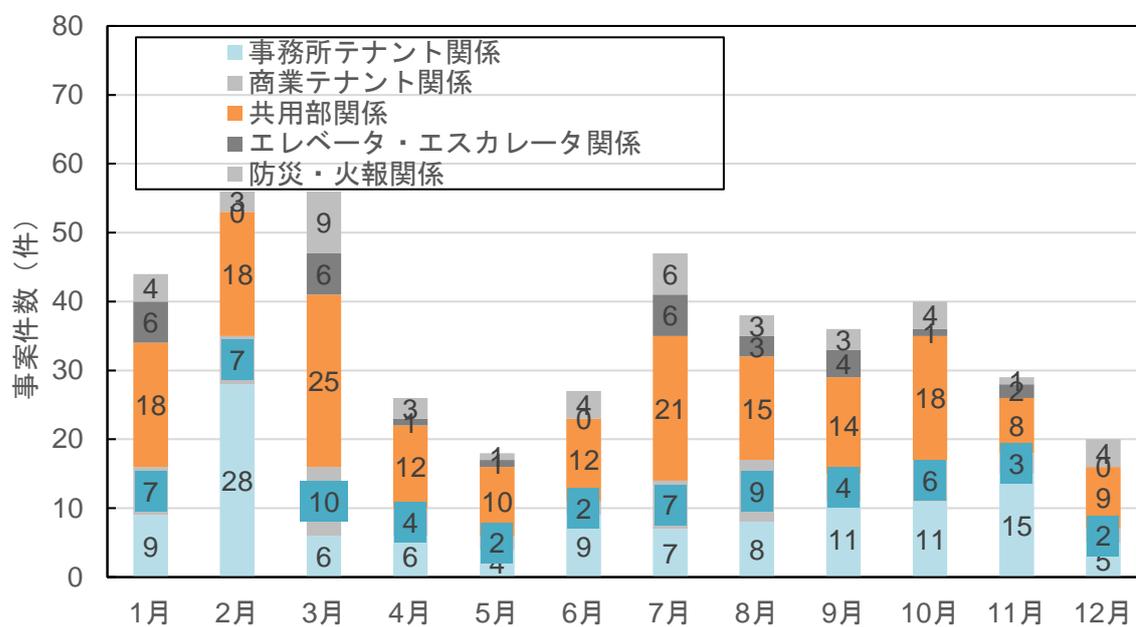


図 2.2.2-2 2020 年における月別事案件数

## (2) 設備区分別日常保全件数・工数

図 2.2.2-3 に日常保全業務の設備区分別件数・工数を示す。

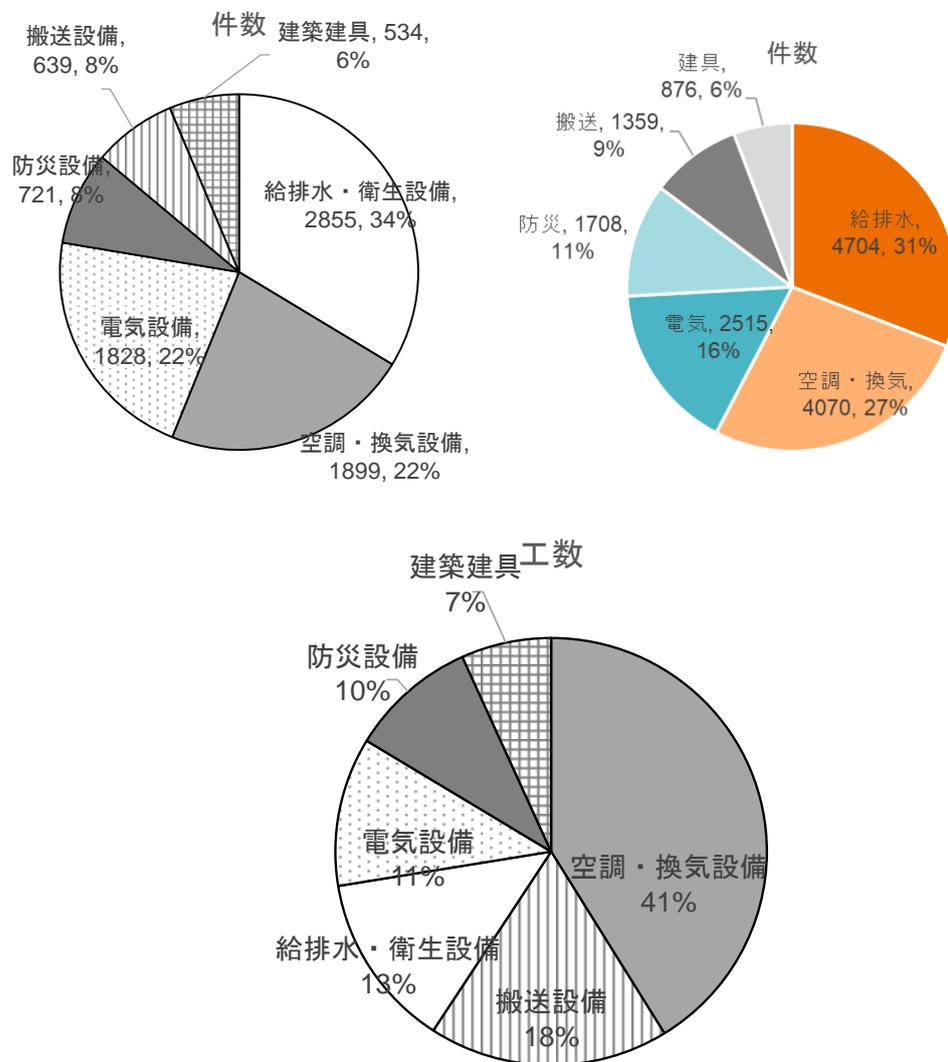


図 2.2.2-3 日常保全業務設備種類別の割合 (左上：件数(2019/10/1~2020/9/30)  
右上：件数 (2019年~2020年)、下：工数(2019/10/1~2020/9/30))

## (3) 場所・部位別の日常修繕・点検の件数

図 2.2.2-4、図 2.2.2-5 に場所・部位別の件数 (10 件以上のもの) を示す。スプリンクラーポンプ室、熱源室、中水室、受水槽室、特高室、発電機室といった、ビル管理法といった法律で定められている日常点検をしている部屋の件数が非常に多いことがわかる。その他では、トイレや厨房 (飲食店等)、トイレ、エレベーター、エスカレーターが上位に上がってくる。

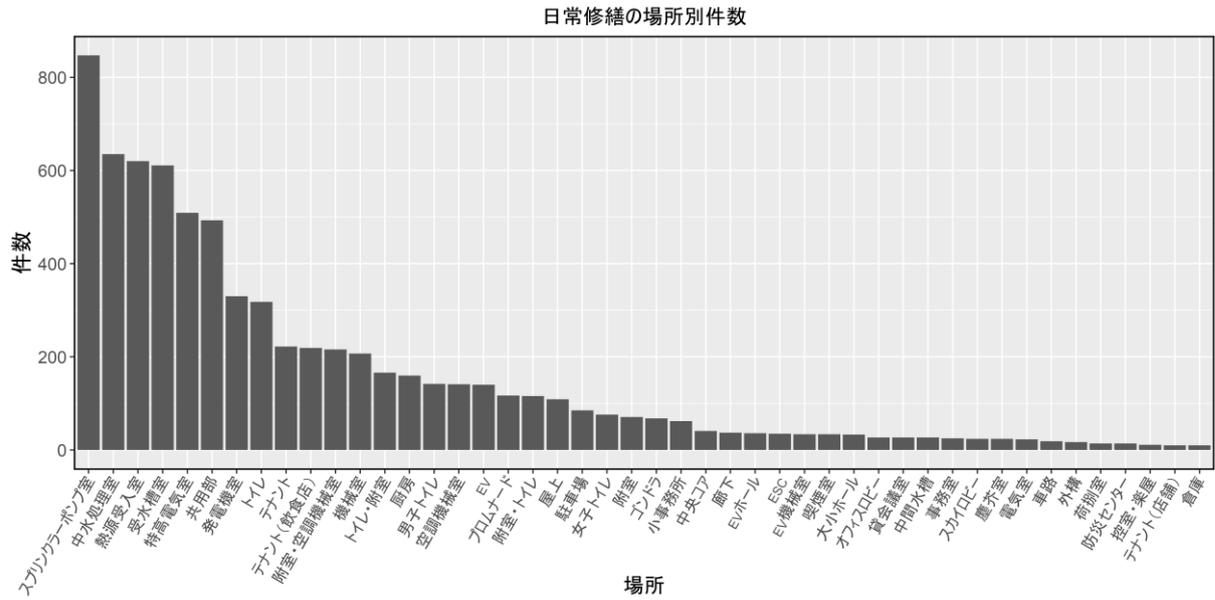


図 2.2.2-4 場所別の日常点検件数

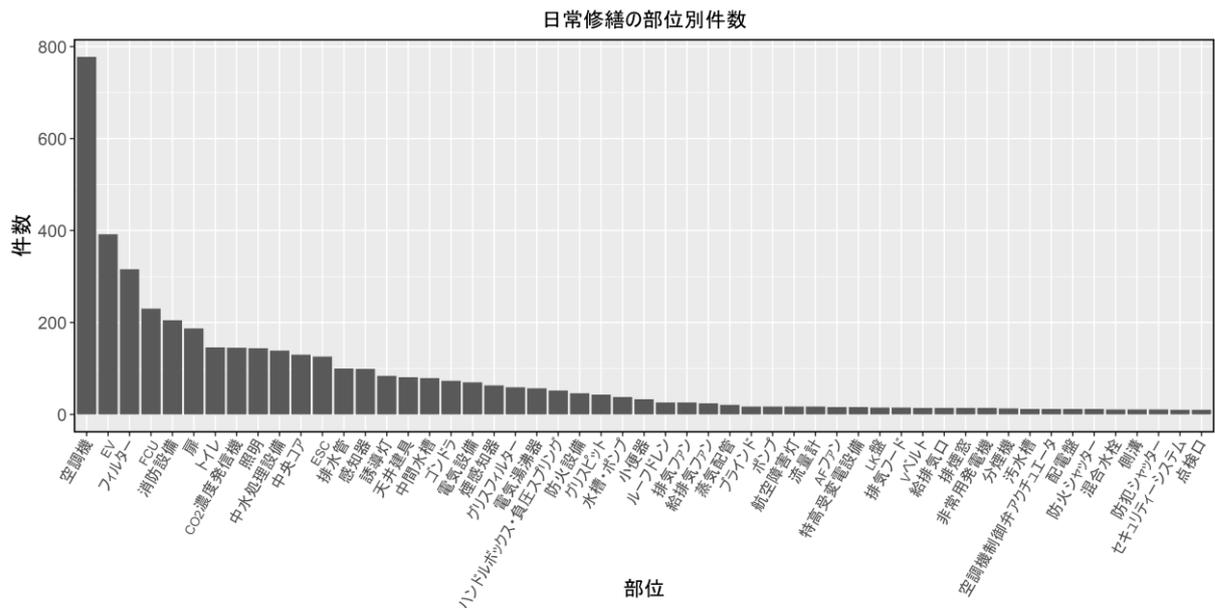


図 2.2.2-5 部位別の日常点検件数

### (3) 各業務の割合

業務は、設備管理業務、設備機器保守作業、設備機器修繕整備、管理全般に分けられる。設備管理業務は、日常点検や定期点検が主な業務であり、設備機器保守作業は、各種点検で発覚した故障等を修理、復旧することが主な業務である。設備機器修繕整備は比較的手間のかかる設備の更新（フィルター交換、ポンプ交換等）を比較的長期間で計画的におこなう作業が多い。

図 2.2.2-6 に各業務の件数の占める割合、図 2.2.2-7 に工数の占める割合を示す。件数では、設備管理業務は約 70%と大きな割合を占めており、設備機器保守作業、設備機器修繕整備が続く。一方、工数では、設備機器保守作業が約 35%を占め、設備管理業務、設備機器修繕整備と続く。設備機器修繕整備は件数としては少ないものの、非常に多くの手間がかかっている業務であることがわかる。

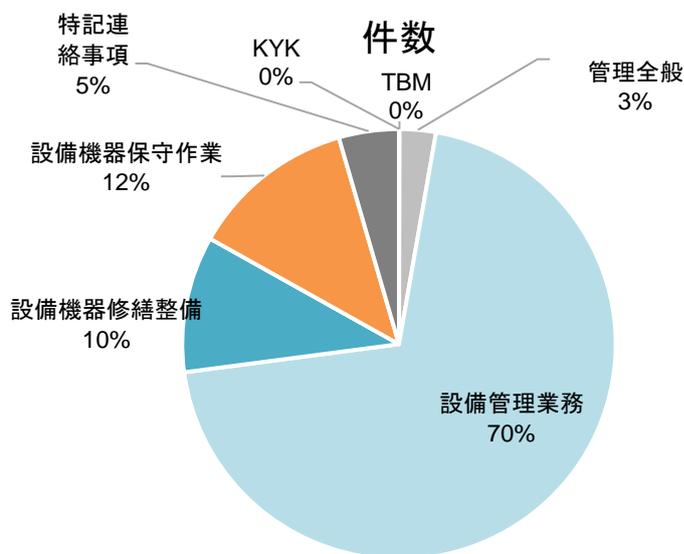


図 2.2.2-6 各業務の件数割合

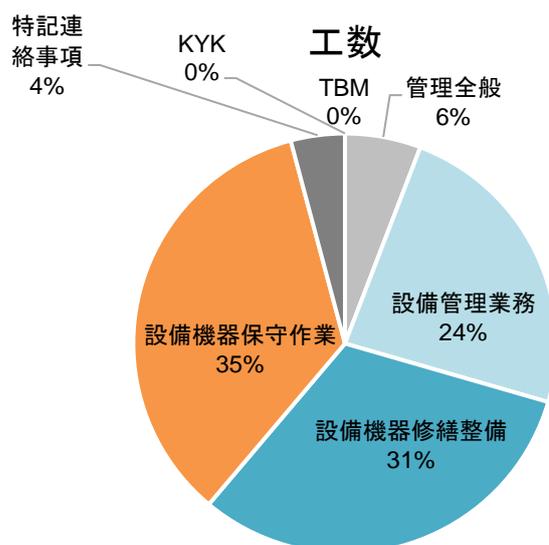


図 2.2.2-7 各業務の工数割合

次に、設備管理業務をより細かく分析する。設備管理業務は、日常点検業務、定期点検業務、テナント関係業務、各センター関係業務に分けられる。図 2.2.2-8 に設備管理業務における業務の件数割合、図 2.2.2-9 設備管理業務における業務の工数割合を示す。件数では、日常点検業務が約 69%と多く、定期点検業務が続く。工数では、定期点検業務が約 44%を占め、日常点検業務が 33%と続いた。各センター関係連携業務は件数としては少ないものの、工数としては約 16%と比較的大きな割合を占めていることがわかった。

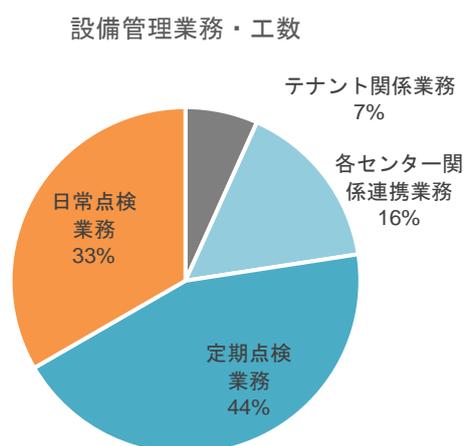
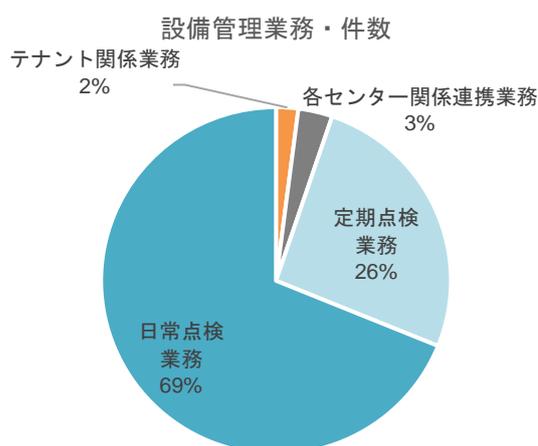


図 2.2.2-8 設備管理業務における業務の件数割合

図 2.2.2-9 設備管理業務における業務の工数割合

#### (4) 日常保全業務作業分類

日常修繕について、はじめに日常的な点検と、部品の交換や清掃等の作業を予防修繕、警報発報や器具の破損等が要因の作業をトラブル対応修繕として分類した。予防修繕が 1,032 件、トラブル対応修繕が 1,300 件という結果となった。修繕発生要因の割合を図 2.2.2-10、図 2.2.2-11 に示す。点検が圧倒的に多いことがわかる。次に要因別に分析を行う。

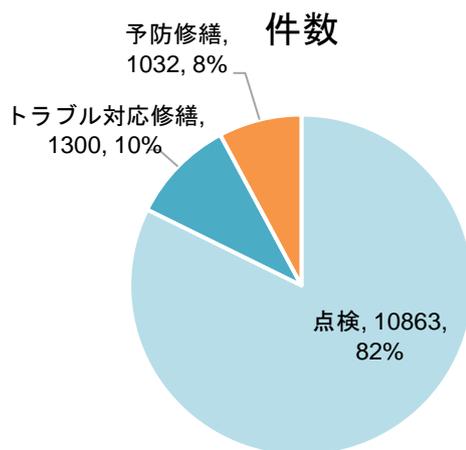


図 2.2.2-10 修繕発生要因の割合

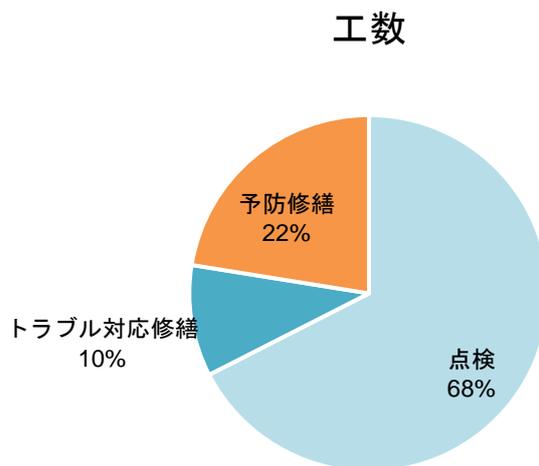


図 2.2.2-11 修繕発生要因の割合

## 2.2.3 予防修繕の分析

### (1) 予防修繕の場所別修繕件数

図 2.2.3-1,2 には予防修繕の場所別の修繕件数、工数を示す（件数が 5 件以下のものは除く）。

プロムナード、厨房、テナント、トイレ等が非常に多いことが分かった。プロムナードでは、天井建具の改修工事を行っていたことが原因と思われる。また、飲食店由来の修繕も多いことが考えられる。

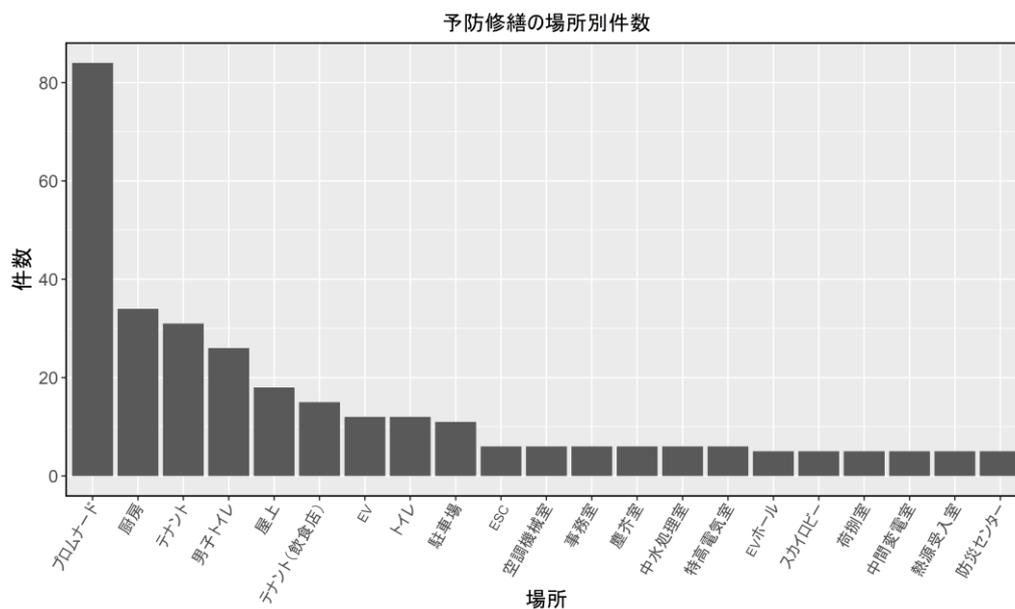


図 2.2.3-1 予防修繕場所別の件数

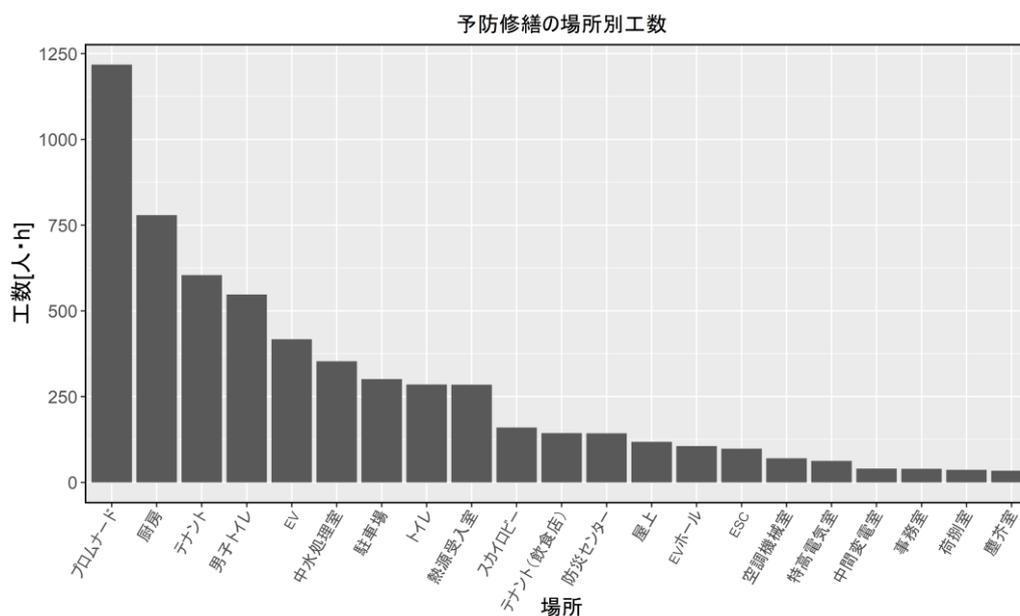


図 2.2.3-2 予防修繕場所別の工数

## (2) 予防修繕の部位別修繕件数

部位別の修繕件数、工数を図 2.2.3-3,4 に示す（件数が 5 件以下のものは除く）。

最も高い割合を占めている部位は空調機で、他にエレベーター等が上位であった。主に空調機の作業内容としてはフィルターの定期交換や清掃であった。

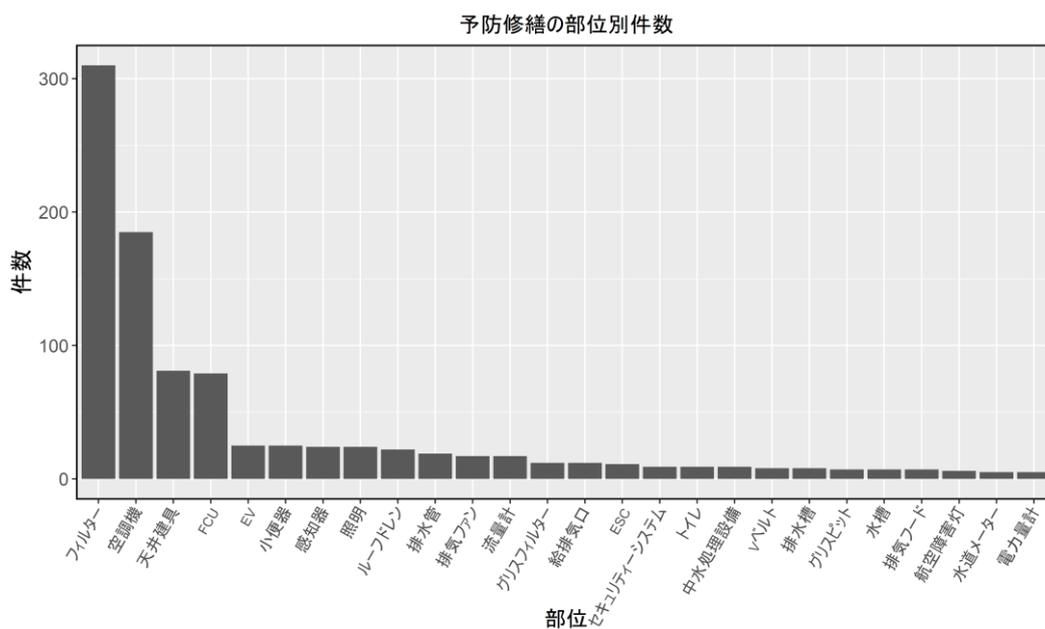


図 2.2.3-3 予防修繕部位別の件数

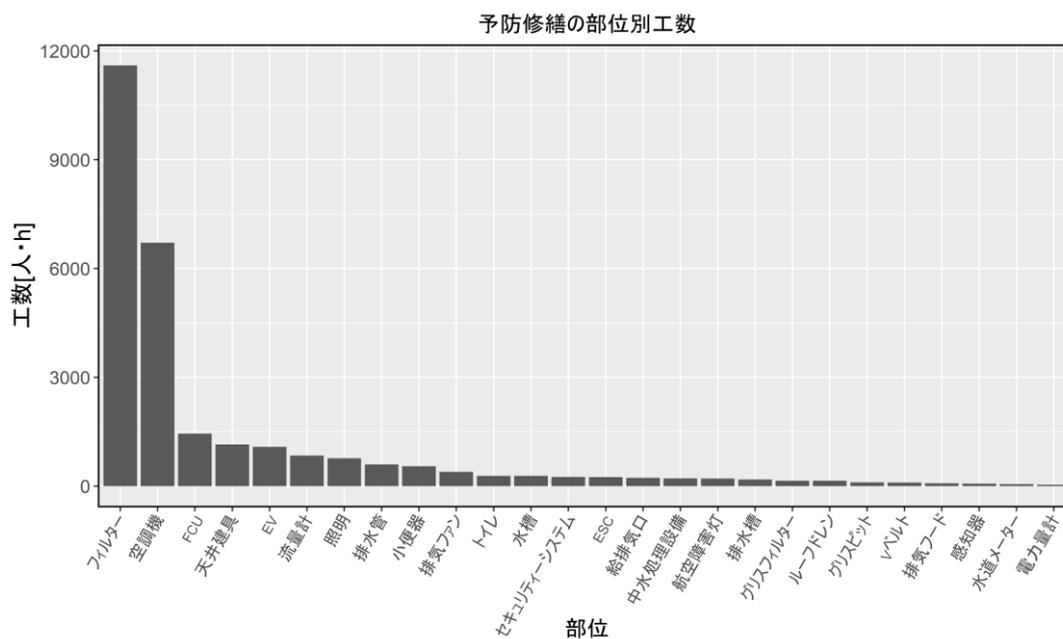


図 2.2.3-4 予防修繕部位別の工数

## 2.2.4 トラブル対応修繕の分析

### (1) トラブル対応修繕の場所別修繕件数・工数

トラブル対応修繕の場所別修繕件数を図 2.2.4-1 に示す(件数が 5 件以下のものは除く)。トラブル対応修繕の場所別の工数を図 2.2.3-2 に示す。工数は作業人数(管理会社の人数+協力会社の人数)と作業所要時間を乗じて算出した。結果としてはテナント、空調機械室の割合が群を抜いて高くなった。理由としては工事件数自体が多いこと、また一度の工事で多くの人が業務に携わるケースが多いことが挙げられる。

また、エレベーター、エスカレーターの数も非常に多いことがわかる。テナントは、扉の開閉不良や空調機の動作不良、照明器具の不点灯、ブラインドの故障など様々な事案が発生することから工数が多くなると考えられる。

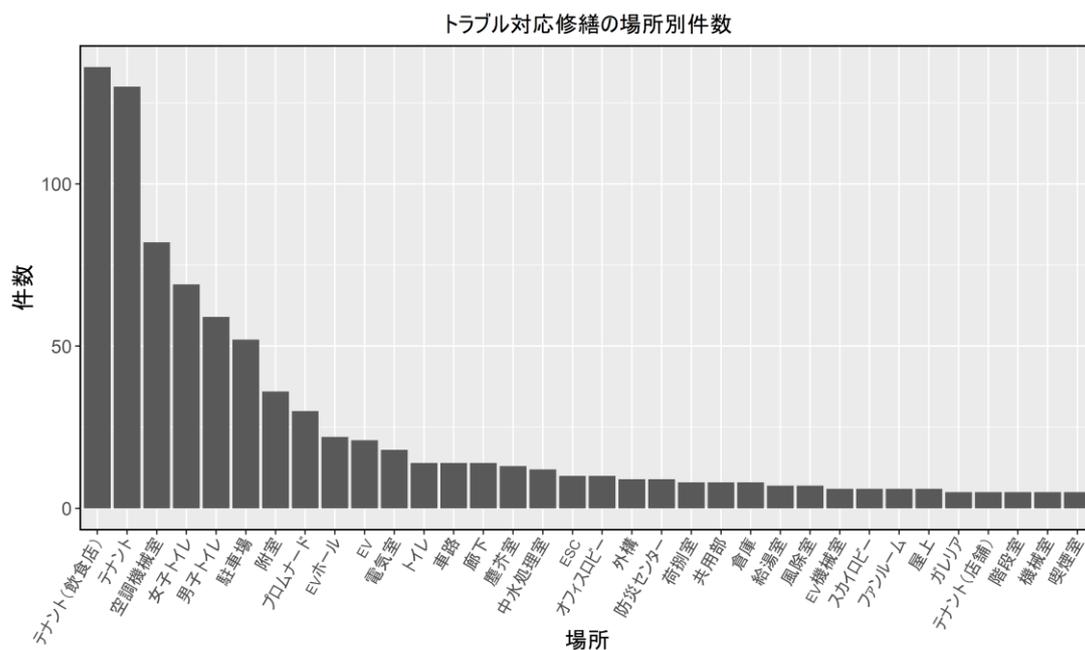


図 2.2.4-1 トラブル対応修繕の場所別件数

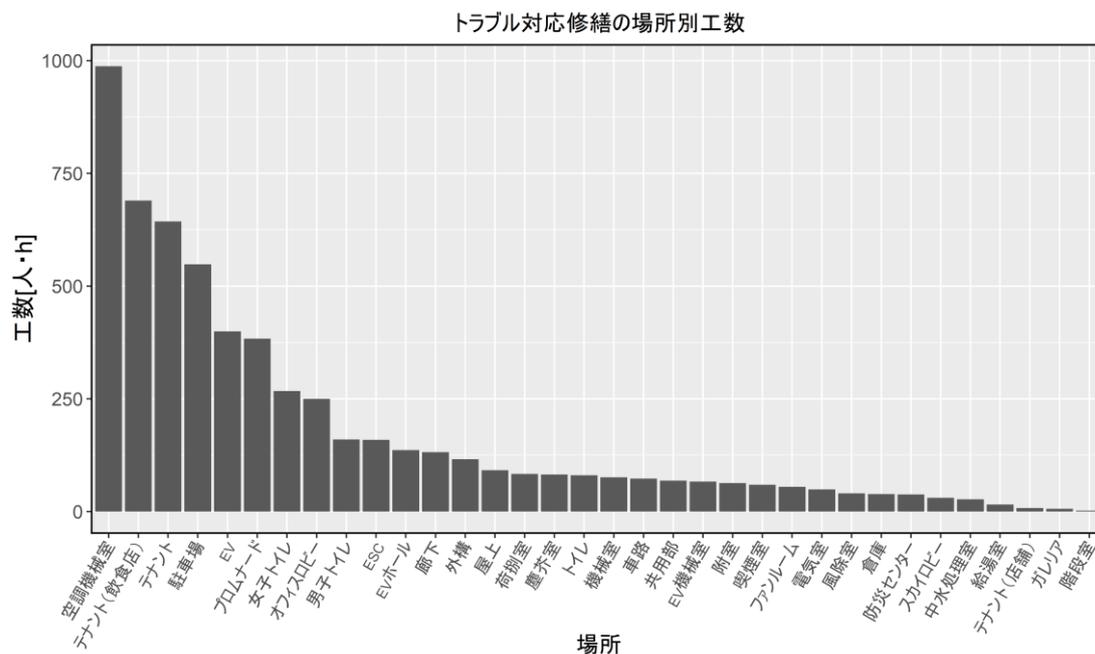


図 2.2.3-2 トラブル対応修繕の場所別工数

## (2) トラブル対応修繕の部位別修繕件数・工数

トラブル対応修繕の部位別修繕件数を図 2.2.3-3 に示す（件数が 5 件以下のものは除く）。部位別では、扉、空調機、照明、トイレ、煙報知器が多いことがわかった。扉は電気錠の開閉不良や建付けが悪くなること、取手の劣化などが原因に挙げられる。特に、電気錠の故障や開閉不良はテナントからのクレームとして多くある。また、空調機に関しては、漏水による警報の発報や、温度不良（気温が設定温度を大きく上回る、あるいは下回る）ことが多く挙げられ、蒸気配管の漏水による修繕や、吸水シートやバケツの設置等の応急処置という対応が見られる。照明は管球交換するも、点灯せずという事象がほとんどであった。

トラブル対応修繕の部位別の工数を図 2.2.3-4（件数が 5 件以下のものは除く）に示す。防火設備、空調機、扉、ブレーカー、エスカレーター、ゴンドラ、トイレが上位に上がった。空調機の大規模な修繕整備が一度あり、作業人数、所要時間ともに値が高くなったことが理由である。

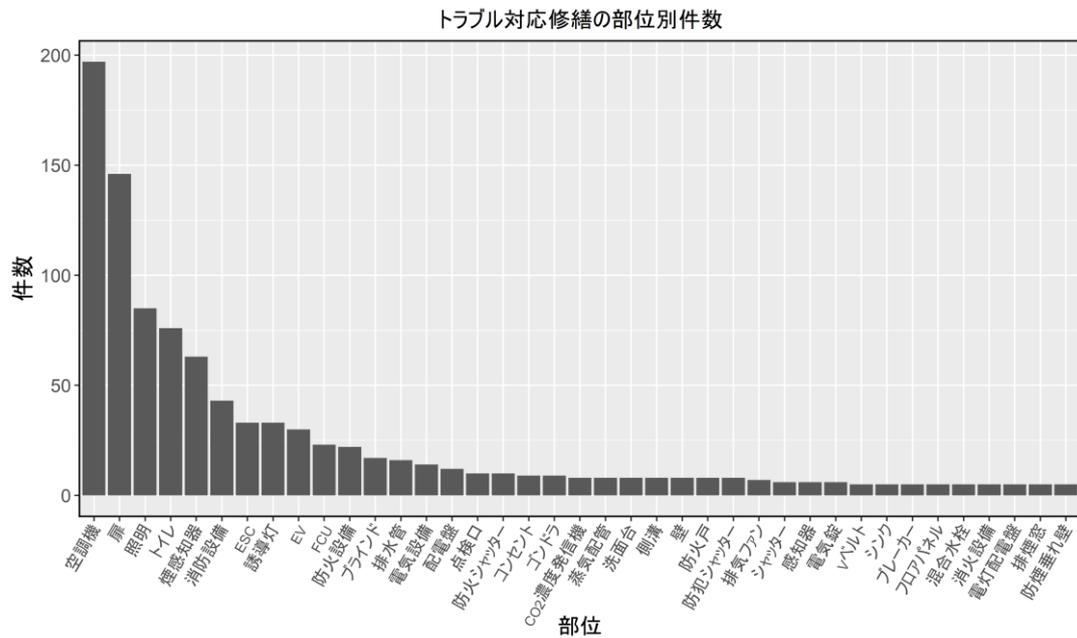


図 2.2.3-3 トラブル対応修繕部位別の件数

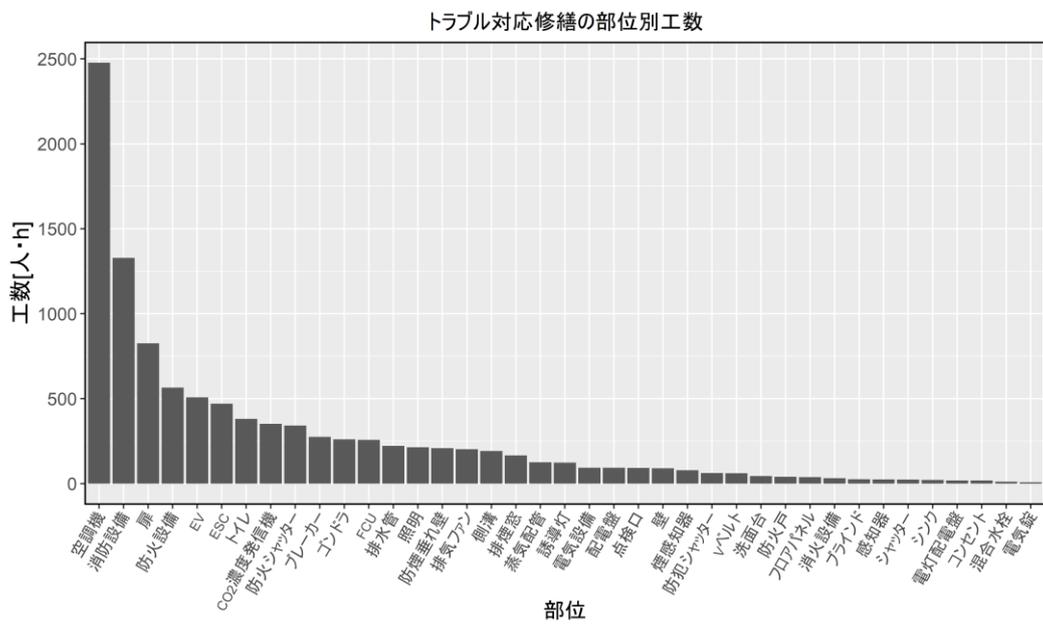


図 2.2.3-4 トラブル対応修繕の部位別工数

### (3) トラブル対応の要因

トラブル対応の要因をクレーム、定期点検、発報の3種類に大別した。クレームはテナントや防災センターなどから異常の連絡や修繕の要望があった場合を意味する。定期点検は、日常点検や法定点検の際に、異常が見つかり対応した場合を意味する。発報は、漏水警報など報知器が異常を発報し、対応した場合を意味する。その他は地震や大雨など災害に対する対応などが含まれた。

図 2.2.3-5 にトラブルの種類別の件数工数、図 2.2.3-6 にトラブルの種類別の割合を示す。件数ではクレーム、定期点検、発報の順に多いことがわかった。工数では、定期点検、発報、クレームの順に多いことがわかった。

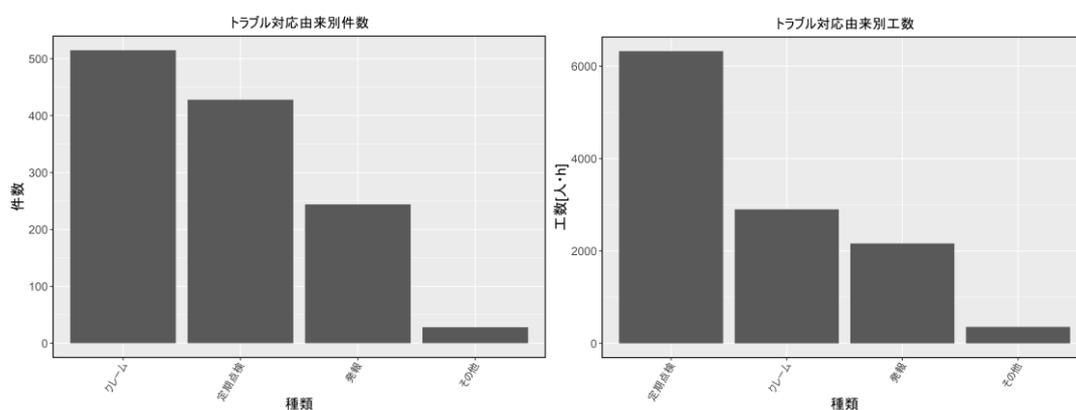


図 2.2.3-5 トラブル対応修繕の種類別の件数 (左)・工数 (右)

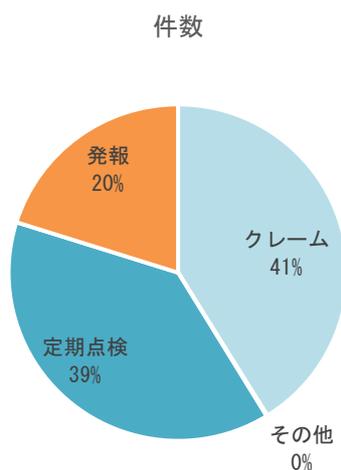


図 2.2.3-6 トラブル対応修繕の種類別件数の割合

#### (4) トラブル対応修繕の種類別の部位

図 2.2.3-7,8,9 にトラブル対応修繕種類別、部位別の件数を示す（件数が 5 件以下のものは除く）。クレームでは、扉、空調機、トイレが上位に上がった。扉は電気錠の開閉不良、空調機は温度不良や異音、トイレは清掃センター等からの故障の連絡、が主な原因であると考えられる。

発報では、煙感知器、空調機、エスカレーター、扉が上位に上がった。煙感知器は飲食店に設置してあるものが発動したもので、空調機は漏水警報が発動したものである。また、扉は電気錠の施錠不良により、侵入警報が発動したものが主な原因である。

点検では、照明、トイレ、空調機、消防設備が上位に上がった。

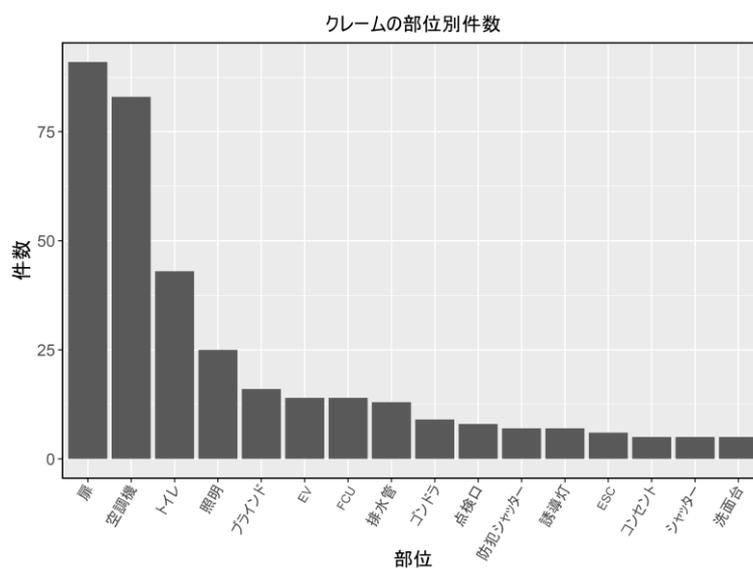


図 2.2.3-7 クレームの部位別件数

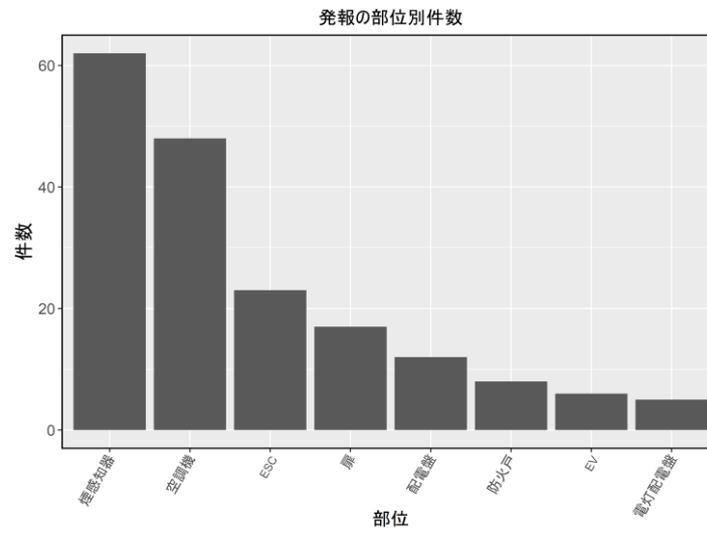


図 2.2.3-8 発報の部位別件数

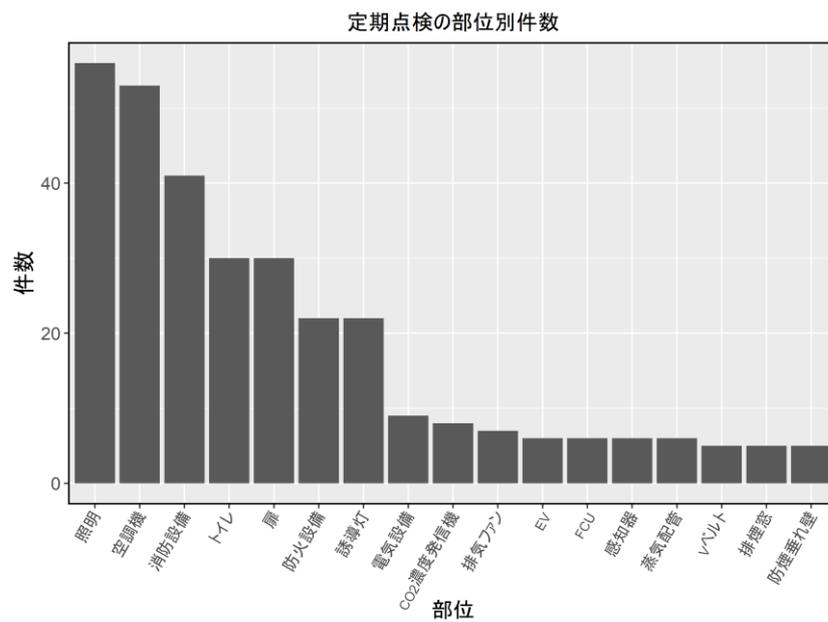


図 2.2.3-9 定期点検の部位別件数

## 2.2.5 点検業務に関する分析

### (1) 点検業務場所別の件数・工数

図 2.2.5-1,2 に点検業務の場所別件数・工数を示す（件数が 5 件以下のものは除く）。スプリンクラーポンプ室、熱源室、中水室、受水槽室、特高室、発電機室といった、ビル管理法といった法律で定められている日常点検をしている部屋の件数が非常に多いことがわかる。その他では、トイレや厨房（飲食店等）、トイレ、エレベーター、エスカレーターが上位に上がってくる。

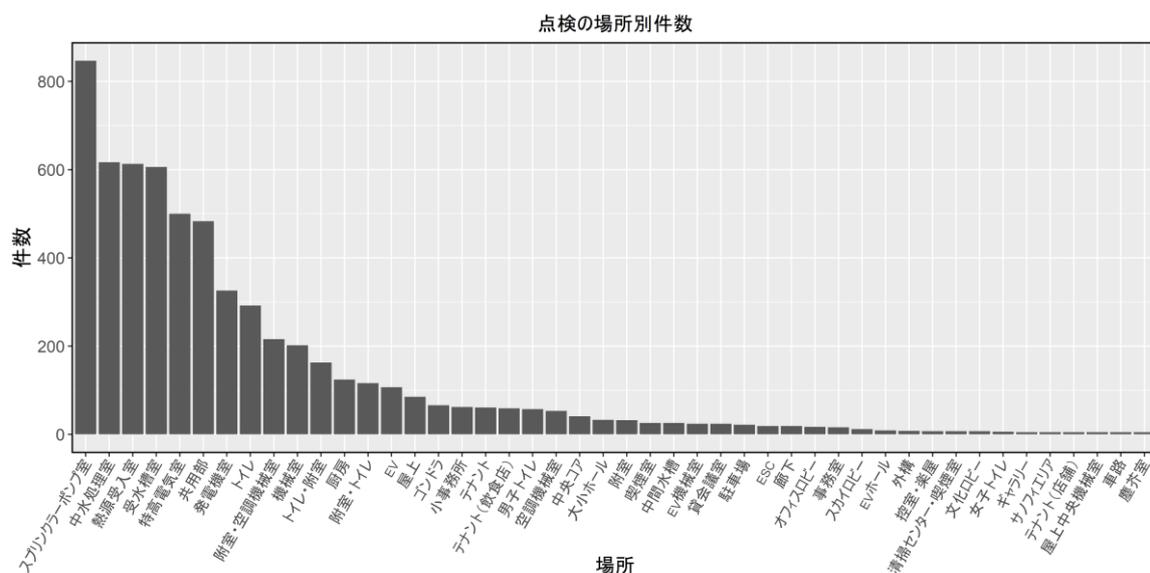


図 2.2.5-1 点検業務の場所別件数

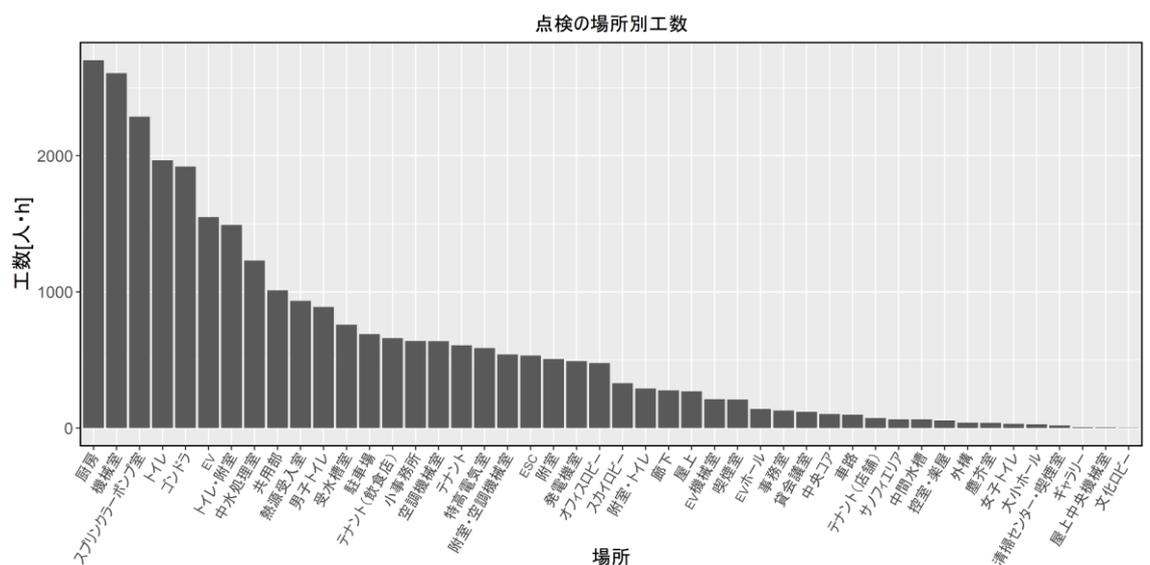


図 2.2.5-2 点検業務の場所別工数

## (2) 点検業務部位別の件数・工数

図 2.2.5-3,4 に点検業務の部位別件数・工数を示す（件数が 5 件以下のものは除く）。空調機、EV、消防設備、CO2 濃度発信機、中水処理設備等が上位に挙げられた。空調機関連のものが非常に多いことが分かった。

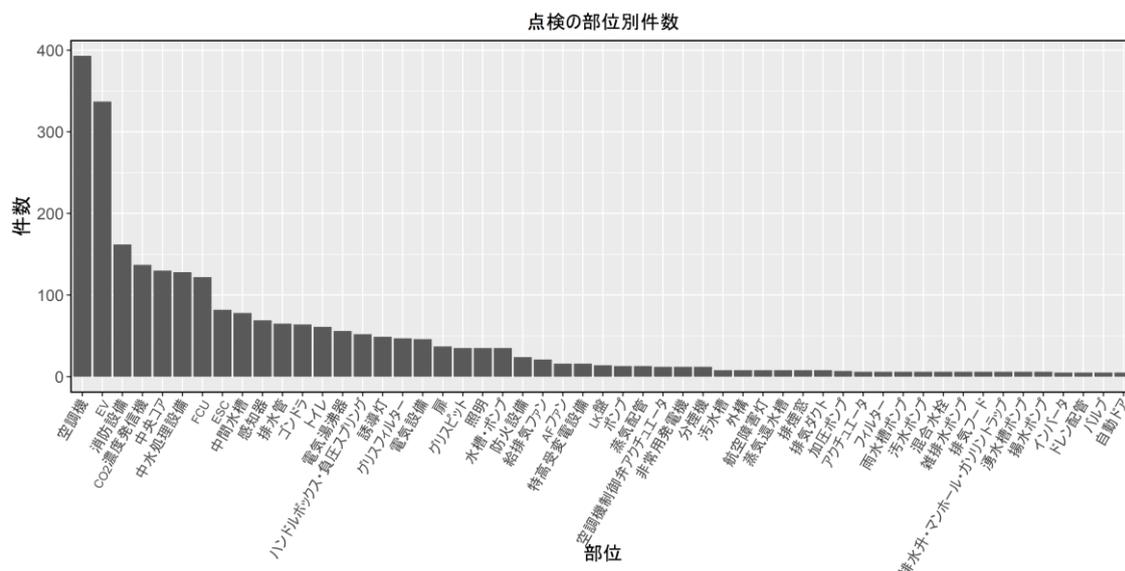


図 2.2.5-3 点検業務の部位別件数

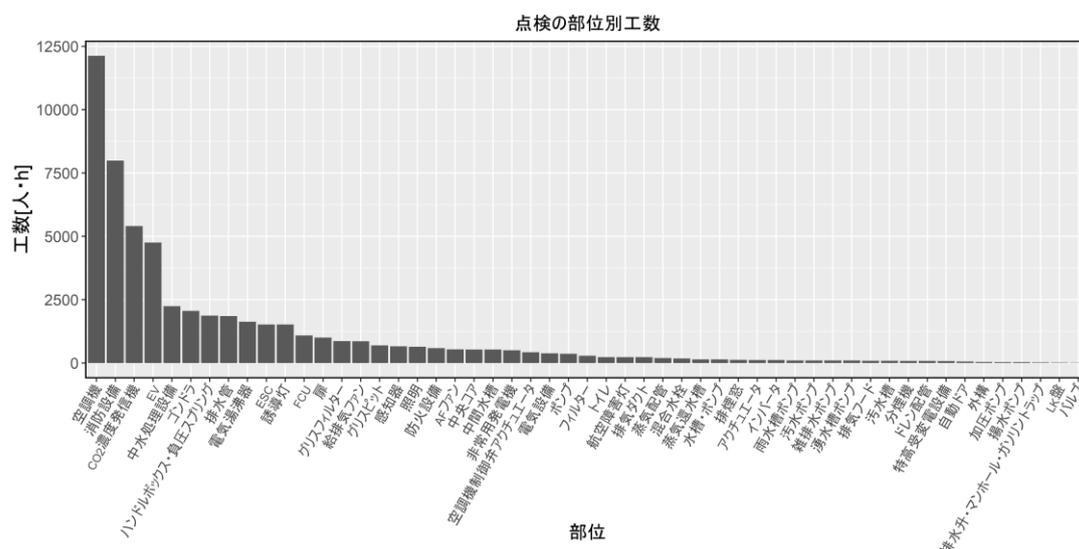


図 2.2.5-4 点検業務の場所別工数

## 2.2.6 日常保全作業における部位の選定

日常修繕では修繕発生要因で BIM に情報を載せるべき部位が異なると考えられるため、抽出する条件を変えることとした。点検については同じ作業が繰り返されることが多いため、頻繁に工事が行われる部位を BIM 化することとする。本研究では 48 週間分のデータを用いているため、工事件数が 48 件以上の場所、部位は週に一回以上の頻度で工事をするとし、それらを BIM に情報を載せるべき部位の条件とすることとした。トラブル対応修繕と予防修繕については、月 1 回以上の工数が高いものから BIM 情報を載せる BIM に情報を載せるべきこととした。

これにより、25 箇所の場所と 30 件の部位を抽出することができた。場所においては、予防修繕とトラブル対応修繕の二つの分析でどちらも条件に当てはまるものはエレベーター、トイレ、空調機械室、附室、中水処理室、テナント、テナント（飲食店）、電気室、屋上、の 9 箇所であった。部位においては、空調機、FCU、照明、感知器、トイレ、消防設備、排水管、誘導灯が三つの分析でどちらの条件にも当てはまった。したがって、BIM モデルとの管理情報を連携する重要性が高いと言える。

表 2.2.6 日常修繕工事の各分析からの抽出場所・部位一覧

場所			部位		
点検	トラブル対応修繕	予防修繕	点検	トラブル対応修繕	予防修繕
スプリンクラーポンプ室	空調機械室	プロムナード	空調機	空調機	フィルター
中水処理室	テナント（飲食店）	厨房	EV	消防設備	空調機
熱源受入室	テナント	テナント	消防設備	扉	FCU
受水槽室	駐車場	男子トイレ	CO2 濃度発信機	防火設備	天井建具
特高電気室	EV	EV	中央コア	EV	EV
共用部	プロムナード	トイレ	中水処理設備	ESC	流量計
発電機室	女子トイレ	テナント（飲食店）	FCU	トイレ	照明
トイレ	男子トイレ	屋上	ESC	FCU	排水管
附室・空調機械室	EV ホール		中間水槽	排水管	小便器
機械室	廊下		感知器	照明	排気ファン
トイレ・附室	塵芥室		排水管	誘導灯	給排気口
厨房	トイレ		ゴンドラ	電気設備	グリスフィルター
附室・トイレ	車路		トイレ	配電盤	ルーフトレン
EV	附室		電気湯沸器	煙感知器	感知器
屋上	電気室		ハンドルボックス・負圧スプリング	ブラインド	
ゴンドラ	中水処理室		誘導灯		
小事務所					
テナント					
テナント（飲食店）					
男子トイレ					
空調機械室					

### 2.3 管理会社へのヒアリング調査①

日常修繕履歴の分析を行い、その結果を元に抽出した場所と部位について、大星ビル管理株式会社についてヒアリング調査を行い、評価をしていただいた。表 2.3 にヒアリング概要を示す。

表 2.3 ヒアリング調査①概要

調査目的	抽出した場所と部位の評価 BIM に載せるべき情報を明らかにする
調査日	2020 年 11 月 5 日
調査対象	大星ビル管理株式会社

以下、ヒアリング内容

- ① 日常巡視点検等の毎日行なっている業務は、基本的に日頃よく使う場所や部位と都条例で定められているところの設備の見回りを行っている。具体的には、機械等の数値を読み取り記録したり、異常がないか目視で確認をしたりしている。
- ② 日常巡視点検である場所に偏りがあるのは、条例や法でシステムの末端を調査すれば全体を調査したことになるからである。ビル管理法や電気事業法などビルの管理はたくさんの方で縛られている。
- ③ 業務で多いのは現場確認であり、業務の基本は現場。そのため経験や知識が最も大事。現場確認で分からなければ、工事履歴等を使って対策を練る。
- ④ 抽出した場所や部位については、分析をしたことがないため、妥当性はわからないが、普段業務に携わっている中で大変だと感じる部位は空調機、潤滑油の交換、Vベルトの交換である。  
→分析結果がほぼ妥当であると言える。
- ⑤ 計画工事は投資的工事とは別物で、故障箇所等を少しずつ直していくための計画的な工事のことを指す。  
→計画工事は予防工事として分析していたが、トラブル対応工事の分類に入るものがある可能性があるため、要確認。
- ⑥ 投資的工事と日常修繕の業務自体は異なるが、良い管理をするためには両者の連携が不可欠である。現在は一月に一回のペースで工事会議を行っている。

- ⑦ 全ての部位、場所において BIM の中に情報は欲しい。欲しい情報については、過去の履歴があると役立つ。基本的に故障等のトラブルがあったときは、これまでの履歴を見てそれらを元に解決策を考える。
- ⑧ あったらよいと思う情報やシステム
- (ア) その設備の過去のトラブルの有無
  - (イ) 場所、機器をキーワードで検索がかけられる
  - (ウ) 協力会社がどこか。連絡先や担当者の氏名が情報としてすぐに出てくると良い（協力会社の一覧表は現在ある）
  - (エ) 過去の追いかげができる情報
  - (オ) どの資産か
  - (カ) 通知をしたか否か
  - (キ) 誰が行ったか
- ⑨ 現在工事の履歴は MOSS のデータから 1 ヶ月ごと、年間などマンパワーで出している。BIM で簡単に出来るようになったら良いと思う。
- ⑩ 未来のことを考えることは難しいし、どこまでも考えることが広がっていつてしまう。情報が細かく、多すぎても入力が大変。
- ⑪ 空調機、エレベーターは点検する部位が細かいため、個別で BIM モデルを作成しても良いかもしれない。
- ⑫ MOSS の入力は各フロアに一つ一つ履歴を入力していることが辛く、面倒。同じ作業を何フロアも繋がっている設備で行った際に一括で入れることができると作業が楽になる。
- ⑬ 設備システムの維持管理が作業としては多いため、系統図のような縦のつながりが分かる BIM があるといい。作業済みのところの色が変わるなど、一目で全体の作業進度がわかると良い。
- 縦のつながりが分かると良いもの
- (ア) 水道系統
  - (イ) 空調機（ダクト系統、配管系統）
  - (ウ) 消防設備（スプリンクラー）
  - (エ) 排煙系統
  - (オ) ガス系統は管轄外なのでいらない。

- ⑭ 電源系統については電流、温度等の値は目視で確認するが設計値は意識しないため、そこまで細かい情報は求めている。値を BIM で管理し、分析に使うことができるのならば役立つかもしれない。

## 2.4 管理会社へのヒアリング調査②

管理会社にヒアリングを行い、普段業務で使用している FM ソフトの機能や使用方法を調査した。

表 2.4 ヒアリング調査②概要

調査目的	FM ソフトの機能や使用方法を知ること、 BIM モデル化に対するニーズを知る
調査日	2021 年 6 月 7 日
調査対象	大星ビル管理株式会社

現状のビル管理では、職員が 15 人ほど常駐し、日々の保全作業を行っている。業務管理に、自社開発の FM ソフトを使用している。

- ① FM ソフトの機能は管理日誌自動作成やロケーションビュー、履歴登録・検索、グラフ、コミュニケーションボード、エネルギー管理等がある
- ② ロケーションビューには部屋が設定されており、部屋ごとに、作業履歴を登録する。ロケーションビューを図 2.4-1 に示す。この平面図ビューは、Jpeg 画像であり、そこに場所（部屋）を設定するという簡易的な形をとっている。テナント等が退去したなど区画が変わった際は、本社が画像や区画設定を変える。
- ③ 故障履歴では、FM ソフトの履歴検索機能を用いて、期間を定めて、「キーワード検索」することで、故障の履歴を探索している。
- ④ 設備区分程度ごとに、担当者を設置しており、担当者が故障の履歴を管理し、劣化のレベルを評価し、更新計画を立案、オーナーや工事会社に提案している。
- ⑤ 事案が発生すると、まず現場に急行し、部品取り替え判断等をする。部品リストが紙でファイリングしているので、それを見て、型番等を確認している。点検には、点検シートを持参し（紙 1 枚程度）、そこに現場では記入する。その後、現場作業を終えたあと、FM ソフトに作業履歴を残す。
- ⑥ 現在の維持管理情報入力における最小単位は部屋。（テナント、EV、機械室、PS 等）情報が細かく、項目が多すぎても入力が大変である。
- ⑦ ほとんどの作業や設備に関して、場所や機器をテキストで特定できる。部屋に複数あり、表現が難しい機器のみ図面を添付する。図 2.4-3 参照。



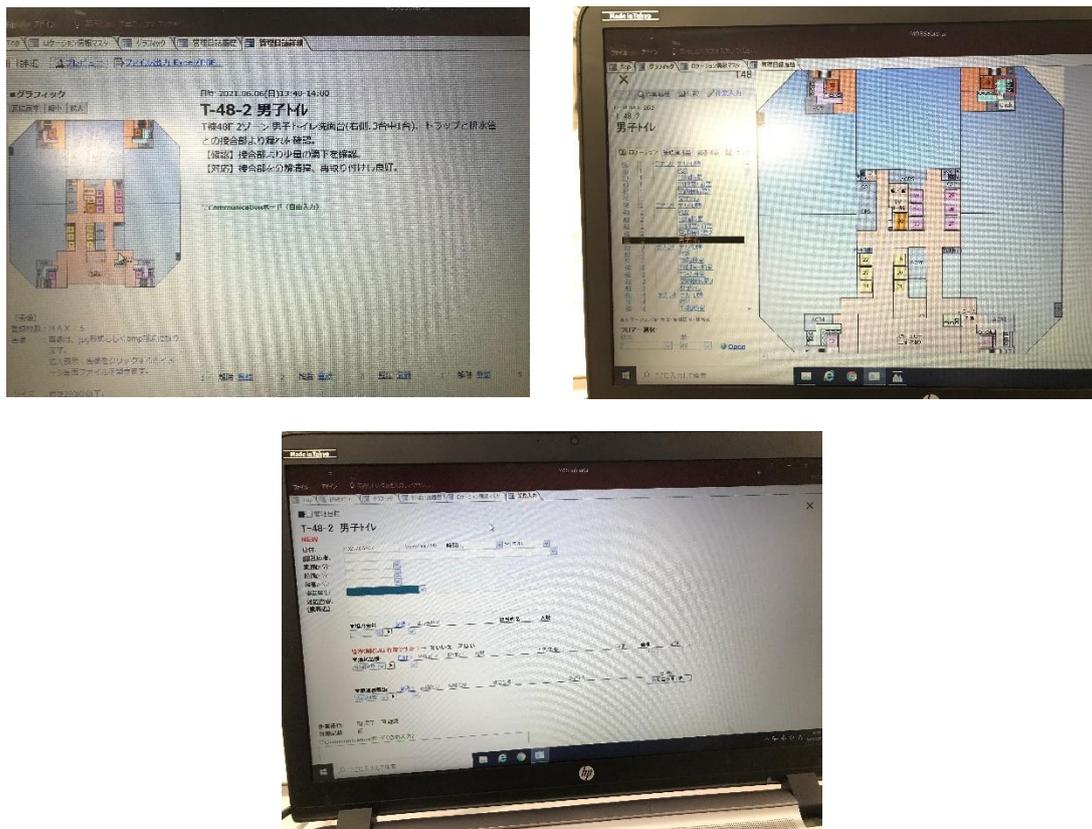


図 2.4-2 FM ソフトの作業画面

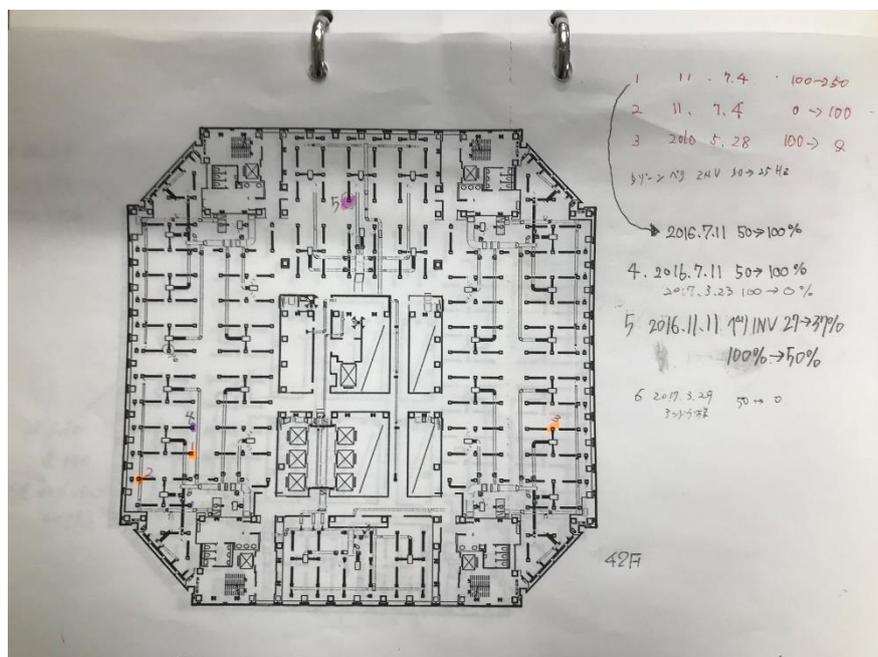


図 2.4-3 テキスト情報のみでは場所を特定できない場合の平面図の添付



図 2.4-4 ヒアリングの様子

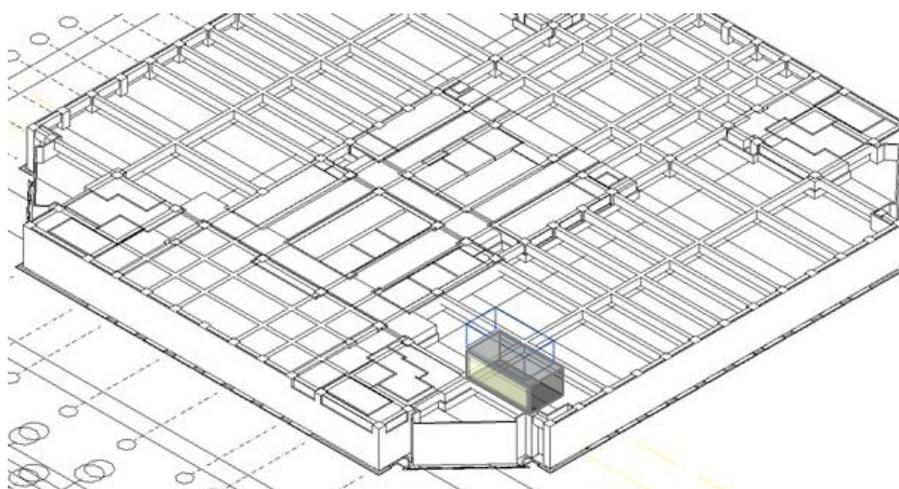
## 2.5 BIMモデルとの連携手法の検討

BIMモデルを活用し、維持管理業務の情報と連携する手法を提案する。BIMモデル化に対する基本的な考え方を以下の2点である。

- (1) 維持管理業務において、3次元で把握する必要性のあるものはほとんどなく、テキストデータで十分（ヒアリングや業務日報から）
- (2) 設備機器個別のモデリングは必要なく、部屋単位で情報を入力する際（FMソフト等）のビューアーと捉える。

BIMモデルを活用し、維持管理業務の情報と連携する手法を提案する。平面上の管理ではなく、空間での情報管理を行うために、まずBIMモデルをグリッド状に細かくブロック分けする。MOSSではテナント毎に設備管理を行っていたことを考慮し、ブロックを複数選択することで賃貸面積やテナント情報の管理が可能となるようにした。

また空間的に情報を管理するために、計画段階で用いられるBIMと比べ、維持管理で用いられるBIMはLODが高い必要がないとされていることから、設備一つずつに情報を持たせるのではなく、図2.5-1に示すようにブロックをさらに「床・床下ゾーン」、「壁ゾーン」、「居室ゾーン」、「天井ゾーン」、「天井裏ゾーン」の5つに大まかに分け、ゾーン毎に3章で抽出した設備の情報を入力する。そうすることでLODとしては低いですが、空間的な情報管理が可能となる。さらに形状情報に依存しない情報についても管理ができる。



- ①グリッド状にブロック
- ②ブロックをさらにゾーンに分け
- ③ゾーン毎に設備の情報を  
分けする。入力する。

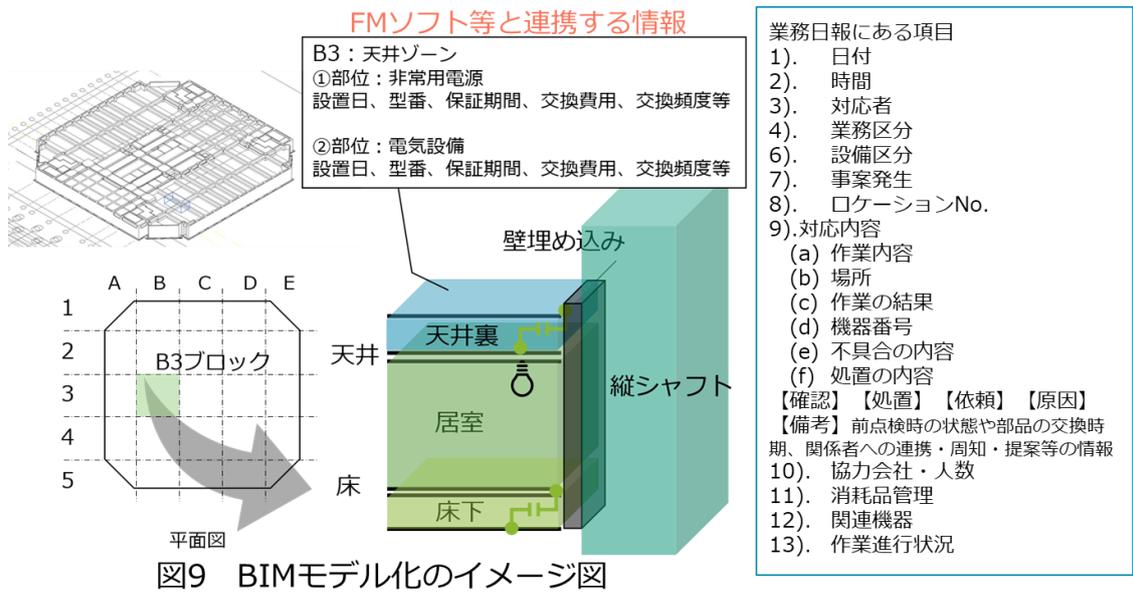


図 2.5-1 BIM モデルとの連携手法の提案

### ◆既存の BIM モデルとの違い

#### 既存の BIM モデル

設計時に建物のモデルの中に設備機器モデルの形状情報を作り込み入れているが、建物の維持管理にはそこまで詳細な情報は必要とされていない。

設計時のみ必要な情報、維持管理時のみ必要な情報、設計時のものを引き継ぐべき情報の把握ができていないため、全ての情報を入力すべきとされている。

そもそも施工時の構造や環境分野のシミュレーションや完成時のイメージの共有で使われるため形状情報がメインのモデルであり、オブジェクト情報に注目しているものは少ない。

#### 提案した BIM モデル

グリッド状に分けることで賃貸面積やテナント情報の管理が可能となる。

建物を箱型のゾーンとしてモデル化するだけで管理ができるため、BIM モデル作成の手間を省くことができる。

詳細度は下がるが、維持管理でのみの活用を目指すため十分である。

空間的な管理が可能。

形状を持たない情報についても管理が可能。

日常修繕の履歴より、業務の場所を BIM で当てはめたものを件数・工数を図 2.5-2,3 に示す。コア部分室は機械室やトイレを指す。日常修繕は空調機械室、特高電気室、熱源受入室といった機械室で行われることが多く、コア部分室とテナントなどが入居する居室とは分けて BIM 化するほうがよいと考えられる。コア部分室はより細かくモデル化することも検討できる。

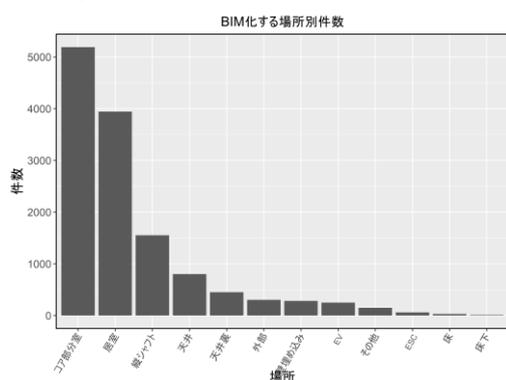


図 2.5-2 BIM化する場所件数

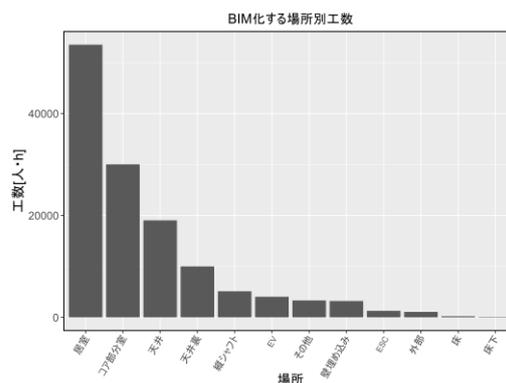


図 2.5-3 BIM化する場所工数

## 2.6 まとめ

本章では、投資的工事と日常修繕を分析することで、大規模施設の維持管理の実態を調査・把握した。

### 投資的工事分析

- ① 投資的工事における部位別の工事件数では、照明器具が最も大きい割合を占めていた。要因として、電球のLEDへの切り替え工事が頻繁に実施されていることが考えられる。
- ② 投資的工事における部位別の総工費では、非常用電源が最も大きい割合を占め、厨房、照明器具が次に続く結果となった。
- ③ 更新工事の総工費で、最も費用が高い部位は自動火災報知設備であった。次に蒸気配管、通気管に費用がかかることがわかった。
- ④ 向上工事の工事費では、照明器具が群を抜いて高い結果となった。件数が多いために工事費も高くなったと考えられる。
- ⑤ 改修工事の総工費では、件数の多い厨房が、工事費も高いという結果となった。カメラに関しては工事件数が多いにも関わらず、工事費はそこまでかからないことがわかる。

### 日常修繕の分析

- ⑥ 日常修繕の部位では、空調機の出現数が非常に多かった。予防では、フィルター、EV、FCU、トラブルでは、扉、照明、消防設備が多かった。
- ⑦ 機械室での作業が多い。よって、機械室はテナント等と性質が異なる部屋として少し細かくモデリングする必要があると考えられる。

### 管理会社ヒアリング

- ⑧ 現在の維持管理情報入力における最小単位は部屋（テナント、EV、機械室、PS等）。項目が多すぎると、入力が大変である。
- ⑨ ほとんどの作業に関して、場所や機器をテキストで特定できる。部屋に複数あり、表現が難しい機器のみ図面で確認する。
- ⑩ 空調機、ポンプ、水槽、受変電設備等の機械室にある比較的大型設備やエレベーターはBIMモデルを活用できる可能性がある。

- ⑪ テキスト情報では、水道系統、空調機（ダクト、配管）、消防設備（スプリンクラー）、排煙系統等の設備の、縦のつながりは伝えづらい。そこが BIM で分かるとよい。作業済みの箇所の色が変わるなど、全体の作業進度がわかるとよい。

#### BIM モデル化に向けた検討

- ⑫ 維持管理業務において、3次元で把握する必要性のあるものはほとんどなく、テキストデータで十分（ヒアリングや業務日報から）である。
- ⑬ 全設備個別のモデリングは必要なく、部屋単位で情報を入力する際（FM ソフト等）のビューアーと捉える。

## 第3章 維持管理に必要な BIM モデルの作成

---

- 3.1 維持管理に必要な BIM モデルの作成 (Building)
  - 3.1.1 LOD の定義
    - 3.1.1.1 AIA による LOD の基本的な定義[FUNDAMENTAL LOD DEFINITIONS]
    - 3.1.1.2 AIA による各設備の LOD の定義 AIA BIM FORUM 2020
    - 3.1.1.3 維持管理 LOD 定義
  - 3.1.2 建築設備ごとに必要な LOD の策定方法の検討
    - 3.1.2.1 日報 LOD の定義
    - 3.1.2.2 日報 LOD の調査
    - 3.1.2.3 結果のまとめ・考察
  - 3.1.3 維持管理 LOD 策定ルールの考案
  - 3.1.4 維持管理 LOD の策定結果
  - 3.1.5 BIM モデルの作成
    - 3.1.5.1 各設備のモデル化方法
    - 3.1.5.2 メーターや計器類による設備状態の可視化方法
    - 3.1.5.3 部屋区画の設定
    - 3.1.5.4 サンプル建物での BIM モデルの作成
  - 3.1.6 作成した BIM モデルの評価
- 3.2 維持管理に必要な BIM モデルの作成“Information”
  - 3.2.1 業務日報を用いた必要な情報の抽出
  - 3.2.2 BIM モデルと連携する入力フォーマットの作成
    - 3.2.2.1 作業内容マスターの作成
    - 3.2.2.2 BIM 連携 Information と入力フォーマット
- 3.3 まとめ

### 第3章 維持管理に必要な BIM モデルの作成

#### 3.1 維持管理に必要な BIM モデルの作成 (Building)

##### 3.1.1 LOD の定義

##### 3.1.1.1 AIA による LOD の基本的な定義[FUNDAMENTAL LOD DEFINITIONS]

BIM モデルの LOD 策定するに当たり、まず LOD の定義を確認する。アメリカ建築家協会 (以下 AIA) の「BIM FORUM 2021 Level of Development Specification」 [50]にある LOD の定義とその解釈を翻訳した。

LOD	本文	和訳
100	<p>The Model Element may be graphically represented in the Model <b>with a symbol or other generic representation</b>, but <b>does not satisfy</b> the requirements for LOD 200. Information related to the Model Element (i.e. cost per square foot, tonnage of HVAC, etc.) can be derived from <b>other Model Elements</b>.</p> <p><b>BIMForum Interpretation:</b> LOD 100 elements are <b>not geometric representations</b>. Examples are information <b>attached to other model elements or symbols showing the existence</b> of a component but <b>not its shape, size, or precise location</b>. Any information derived from LOD 100 elements must be considered approximate.</p>	<p>モデル要素は、シンボルやその他の一般的な表現を用いてモデル内でグラフィカルに表現されることがありますが、LOD200の要件を満たしていません。モデル要素に関連する情報(例:1平方フィートあたりのコスト、HVACのトン数など)は、他のモデル要素から得ることができる。</p> <p>BIMForumの解釈:LOD100要素は幾何学的表現ではない。例としては、他のモデル要素に添付された情報や、コンポーネントの存在を示すシンボルであるが、その形状、サイズ、正確な位置を示すものではない。LOD100要素から得られる情報は、概算であると考えなければなりません。</p>
200	<p>The Model Element is <b>graphically represented</b> within the Model as a generic system, object, or assembly <b>with approximate quantities, size, shape, location, and orientation</b>. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.</p> <p><b>BIMForum interpretation:</b> At this LOD elements are <b>generic placeholders</b>. They may be recognizable as the components they represent, or they may be volumes for <b>space reservation</b>. Any information derived from LOD 200 elements must be considered approximate.</p>	<p>モデル要素は、概算の数量、サイズ、形状、位置、方向を持つ一般的なシステム、オブジェクト、またはアセンブリとして、モデル内でグラフィカルに表現されます。グラフィカルでない情報もモデル要素に添付することができる。</p> <p>BIMForumの解釈:このLODでは、要素は一般的なプレースホルダーである。それらは、それらが表すコンポーネントとして認識できるかもしれませんが、スペース予約のためのボリュームかもしれません。LOD200の要素から得られる情報は、おおよそのものと考えなければならぬ。</p>
300	<p>The Model Element is graphically represented within the Model as a <b>specific</b> system, object or assembly in terms of quantity, size, shape, location, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.</p> <p><b>BIMForum interpretation:</b> The quantity, size, shape, location, and orientation of the element as designed <b>can be measured directly from the model</b> without referring to non-modeled information such as notes or dimension call-outs. The project origin is defined and the element is <b>located accurately</b> with respect to the project origin.</p>	<p>モデル要素は、数量、サイズ、形状、位置、向きなどの点で、特定のシステム、オブジェクト、アセンブリとしてモデル内でグラフィカルに表現されます。非グラフィック情報もモデル要素に添付することができる。</p> <p>BIMForumの解釈:設計された要素の数量、サイズ、形状、位置、向きは、注記や寸法の吹き出しなどの非図示情報を参照することなく、モデルから直接測定することができる。プロジェクトの原点が定義され、要素はプロジェクトの原点に対して正確に配置されている。</p>
350	<p>The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object, or assembly in terms of quantity, size, shape, location, orientation, and interfaces with other building systems.</p>	<p>モデル要素は、数量、サイズ、形状、位置、方向、他の建築システムとのインターフェースなどの点で、特定のシステム、オブジェクト、またはアセンブリとしてモデル内でグラフィカルに表現されています。グラフィカル</p>

	<p>Non-graphic information may also be attached to the Model Element.</p> <p><b>BIMForum interpretation.</b> <b>Parts</b> necessary for coordination of the element with nearby or attached elements are modeled. These parts will include such items as <b>supports and connections</b>. The quantity, size, shape, location, and orientation of the element as designed can be measured directly from the model without referring to non-modeled information such as notes or dimension call-outs.</p>	<p>でない情報もモデル要素に添付することができる。</p> <p>BIMForum の解釈：要素を近傍または付属の要素と調整するために必要な部品がモデル化される。これらの部品には、サポートや接続などの項目が含まれる。設計された要素の数量、サイズ、形状、位置、および方向は、注記や寸法の吹き出しなどの非モデル化情報を参照することなく、モデルから直接測定することができる。</p>
400	<p>The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object or assembly in terms of size, shape, location, quantity, and orientation <b>with detailing, fabrication, assembly, and installation information</b>. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.</p> <p><b>BIMForum interpretation.</b> An LOD 400 element is modeled at <b>sufficient detail and accuracy for fabrication</b> of the represented component. The quantity, size, shape, location, and orientation of the element as designed can be measured directly from the model without referring to non-modeled information such as notes or dimension call-outs.</p>	<p>モデル要素は、サイズ、形状、位置、数量、向きなどの点で、特定のシステム、オブジェクト、アセンブリとしてモデル内でグラフィカルに表現され、詳細、製造、組み立て、設置の情報が添えられている。グラフィカルでない情報もモデル要素に添付することができる。</p> <p>BIMForum の解釈：LOD 400 の要素は、表現されたコンポーネントの製造のために十分な詳細と精度でモデル化されている。設計された要素の量、サイズ、形状、位置、および方向は、メモや寸法コールアウトなどの非モデル化された情報を参照することなく、モデルから直接測定することができる。</p>

#### Example – Light Fixture:照明器具

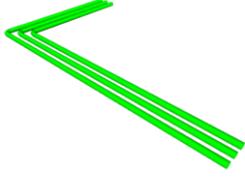
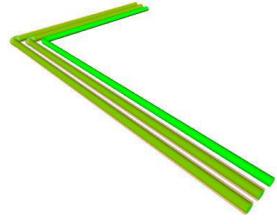
- 100 ; cost/sf attached to floor slabs(床スラブに取り付けられたコスト)
- 200 ; light fixture, generic/approximate size/shape/location(照明器具、一般的な/おおよそのサイズ/形状/場所)
- 300 ; Design specified 2x4 troffer, specific size/shape/location(デザイン指定の 2x4 troffer、特定のサイズ/形状/場所)
- 350 ; Actual model, Lightolier DPA2G12LS232, specific size/shape/location(実物モデル、Lightolier DPA2G12LS232、特定のサイズ/形状/場所)
- 400; As 350, plus special mounting details, as in a decorative soffit(350 と同様に、装飾的なソフィットのように特別な取り付けの詳細を加えたもの。)

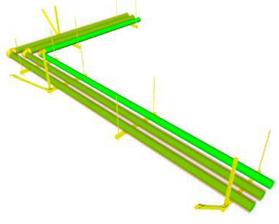
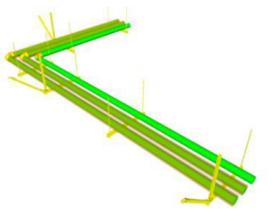
### 3.1.1.2 AIA による各設備の LOD の定義

#### AIA BIM FORUM 2020

##### (1) Domestic Water Piping

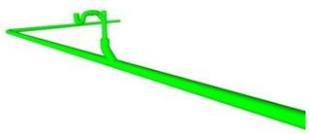
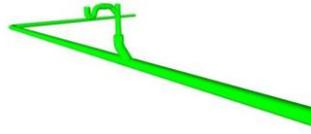
- Piping, valves, and specialties associated with domestic water distribution located within, under, or closely associated with a structure. Includes circulating pumps.
- Water service from the structure to the utility water service line.

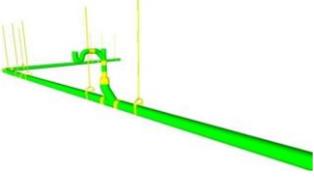
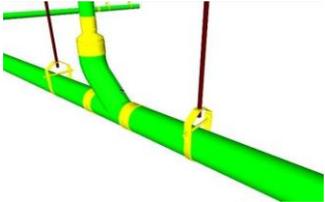
100	Diagrammatic or schematic model elements; conceptual and/or schematic flow diagrams; design performance parameters as defined in the BXP to be associated with model elements as non-graphic information.	
200	Schematic layout with approximate size, shape, and location of mains and risers; shaft requirements modeled;  本管とライザーのおおよそのサイズ、形状、位置を示す概略レイアウト シャフト要件のモデル化。	
300	Modeled as design-specified size, shape, spacing, and location of pipe, valves, fittings, and insulation for risers, mains, and branches;  approximate allowances for spacing and clearances required for all specified hangers, supports, vibration and seismic control that are to be utilized in the layout of all risers, mains, and branches;  access/code clearance requirements modeled.  設計上のサイズ、形状、間隔、位置をモデル化したもの。 ライザー、メイン、ブランチのパイプ、バルブ、フィッティング、断熱材のサイズ、形状、間隔、位置をデザインしたモデル。  指定されたすべてのハンガー、サポート、振動および地震対策に必要な間隔とクリアランスのおおよその許容値 指定されたすべてのハンガー、サポート、振動および地震対策のために必要な間隔とクリアランスの概略 すべてのライザー、メイン、ブランチのレイアウトに使用される、指定されたハンガー、サポート、振動および地震対策に必要な間隔とクリアランスの概算値。 分岐。  アクセス/コードクリアランス要件のモデル化	

350	<p>Modeled as actual construction elements; Actual size, shape, spacing, and location/connections of pipe, valves, fittings, and insulation for risers, mains, and branches; Actual size, shape, spacing, and clearances required for all hangers, supports, vibration and seismic control that are utilized in the layout of all risers, mains, and branches; Actual floor and wall penetration elements modeled. actual access/code clearance requirements modeled.</p> <p>実際の建設要素としてモデル化されたもの。 実際のサイズ、形状、間隔、パイプの位置/接続。 ライザー、メイン、ブランチのパイプ、バルブ、フィッティング、断熱材の実際のサイズ、形状、間隔、位置、接続。 すべてのハンガー、サポート、振動・地震対策に必要な実際のサイズ、形状、間隔、クリアランス ハンガー、サポート、振動・地震対策に必要な実際のサイズ、形状、間隔、クリアランス。 すべてのライザー、メイン、およびブランチのレイアウトに使用されるすべてのハンガー、サポート、振動および地震制御に必要な実際のサイズ、形状、間隔、およびクリアランス。 実際にモデル化された床と壁の貫通要素。 実際のアクセス/コードクリアランス要件をモデル化。</p>	
400	<p>See <a href="#">D2010.10</a></p> <p>Facility Potable-Water Storage Tanks Includes: Tanks for storage of potable water serving a facility and located within, on, under, or closely associated with a structure. Associated Masterformat Sections: 22 12 00</p> <p>Supplementary components added to the model required for fabrication and field installation</p>	

## (2) Sanitary Sewerage Piping

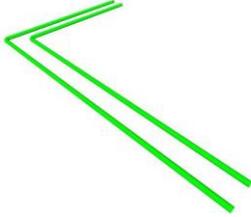
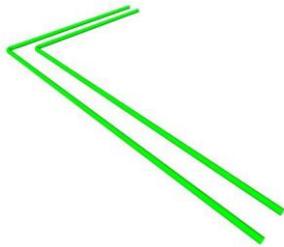
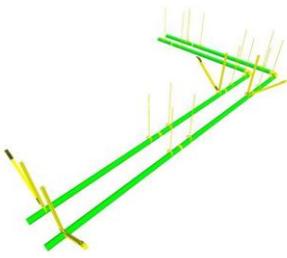
- Sanitary waste and vent piping system within and under structures.
- Sanitary piping from the structure to the utility sanitary sewer.

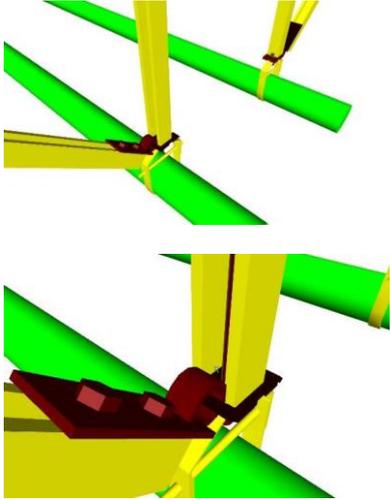
100	See <a href="#">D20</a> .	
200	<p>Schematic layout with approximate size, shape, and location of mains and risers; shaft requirements modeled;</p> <p>本管とライザーのおおよそのサイズ、形状、位置を示した概略レイアウト。</p>	
300	<p>Modeled as design-specified size, shape, spacing, location, and slope of pipe, valves, fittings, and insulation for risers, mains, and branches; Approximate allowances for spacing and clearances required for all specified hangers, supports, vibration and seismic control that are to be utilized in the layout of all risers, mains, and branches;</p>	

	<p>access/code clearance requirements modeled</p> <p>設計上のサイズ、形状、間隔、位置をモデル化したもの。 ライザー、メイン、ブランチのパイプ、バルブ、フィッティング、断熱材のサイズ、形状、間隔、位置をデザインしたモデル。</p> <p>指定されたすべてのハンガー、サポート、振動および地震対策に必要な間隔とクリアランスのおおよその許容値 指定されたすべてのハンガー、サポート、振動および地震対策のために必要な間隔とクリアランスの概略 すべてのライザー、メイン、ブランチのレイアウトに使用される、指定されたハンガー、サポート、振動および地震対策に必要な間隔とクリアランスの概算値。 分岐。</p> <p>アクセス/コードクリアランス要件のモデル化</p>	
350	<p>Modeled as actual construction elements; Actual size, shape, spacing, location, connections, and slope of pipe, valves, fittings, and insulation for risers, mains, and branches; Actual size, shape, spacing, and clearances required for all hangers, supports, vibration and seismic control that are utilized in the layout of all risers, mains, and branches; Actual floor and wall penetration elements modeled. Actual access/code clearance requirements modeled</p> <p>実際の建設要素としてモデル化されたもの。 実際のサイズ、形状、間隔、位置、接続、傾斜。 ライザー、メイン、ブランチのパイプ、バルブ、フィッティング、断熱材の実際のサイズ、形状、間隔、位置、接続、傾斜 分岐部。 すべてのハンガー、サポート、振動、地震に必要な実際のサイズ、形状、間隔、クリアランス ハンガー、サポート、振動、地震対策に必要な実際のサイズ、形状、間隔、クリアランス。 すべてのライザー、メイン、およびブランチのレイアウトに使用されるすべてのハンガー、サポート、振動および地震制御に必要な実際のサイズ、形状、間隔、およびクリアランス。 実際にモデル化された床と壁の貫通要素。 実際のアクセス/コードクリアランス要件をモデル化</p>	
400	<p>See <a href="#">D2010.10</a></p> <p>-----</p> <p>Facility Potable-Water Storage Tanks Includes: Tanks for storage of potable water serving a facility and located within, on, under, or closely associated with a structure. Associated Masterformat Sections: 22 12 00</p> <p>Supplementary components added to the model required for fabrication and field installation</p>	

## (3) Stormwater Drainage Piping

- Storm drainage piping system within, under, or closely associated with a structure. Includes storm drains for areas closely associated with a structure such as courtyards, plazas, and loading dock areas.
- Storm drainage piping from the structure to the utility storm drain

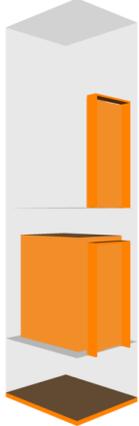
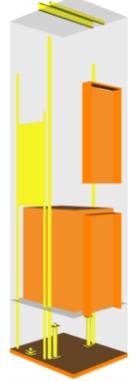
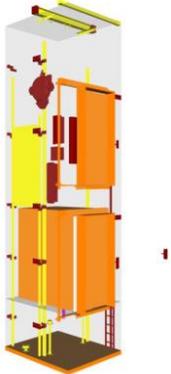
100	<p>See <a href="#">D20</a>. Diagrammatic or schematic model elements; conceptual and/or schematic layout/flow diagram; design performance parameters as defined in the BXP to be associated with model elements as non-graphic information.</p> <p>図式的または概略的なモデル要素。 概念のおよび／または概略的なレイアウト／フロー図 非グラフィック情報としてモデル要素に関連づけられる BXP で定義された設計性能パラメータ。</p>	
200	<p>Schematic layout with approximate size, shape, and location of mains and risers; shaft requirements modeled;</p> <p>本管とライザーのおおよそのサイズ、形状、位置を示した概略レイアウト。シャフト要件のモデル化。</p>	
300	<p>Modeled as design-specified size, shape, spacing, location, and slope of pipe, valves, fittings, and insulation for risers, mains, and branches; approximate allowances for spacing and clearances required for all specified hangers, supports, vibration and seismic control that are to be utilized in the layout of all risers, mains, and branches; access/code clearance requirements modeled.</p> <p>設計で指定されたサイズ、形状、間隔、位置、配管、バルブ、継手、ライザーの断熱材の傾きをモデル化しました。 ライザー、メイン、ブランチのパイプ、バルブ、フィッティング、断熱材のサイズ、形状、間隔、位置、傾斜を設計仕様としてモデル化。 設計者が指定したサイズ、形状、間隔、位置、傾斜、ライザー、メイン、ブランチの 指定されたすべてのハンガー、サポート、振動、耐震のために必要な間隔とクリアランスのおおよその許容値 指定されたすべてのハンガー、サポート、振動および地震対策のために必要な間隔とクリアランスの概算。 すべてのライザー、メイン、およびブランチのレイアウトに使用される、指定されたすべてのハンガー、サポート、振動および地震制御に必要な間隔とクリアランスの概算。 分岐。 アクセス/コードクリアランス要件のモデル化</p>	
350	<p>Modeled as actual size, shape, spacing, location, connections, and slope of pipe, valves, fittings, and insulation for risers, mains, and branches; actual size and shape, spacing, and clearances required for all hangers, supports, vibration and seismic control that are utilized in the layout of all risers, mains, and branches; Actual access/code clearance requirements modeled. actual floor and wall penetration elements modeled.</p> <p>実際のサイズ、形状、間隔、位置をモデル化したもの。 パイプ、バルブ、フィッティング、断熱材の実際のサイズ、形状、間隔、位置、接続、勾配を ライザー、メイン、およびブランチのための</p>	

	<p>実際のサイズと形状、間隔、および以下に必要なクリアランス        すべてのライザーの配置に使用されるすべてのハンガー、サポート、振動および地震対策に必要な実際のサイズと形状、間隔、クリアランス。        すべてのライザー、メイン、およびブランチのレイアウトに利用されるすべてのハンガー、サポート、振動および地震制御に必要な実際のサイズ、形状、間隔、およびクリアランス。        実際のアクセス/コードクリアランス要件のモデル化。        実際の床と壁の貫通部の要素をモデル化。</p>	
400	<p>See <a href="#">D2030.10</a></p> <p>-----</p> <p>Includes: Drainage pumps, and sump pumps that are part of stormwater drainage system.</p> <p>Supplementary components added to the model required for fabrication and field installation</p>	

#### (4) Elevators

- Passenger and freight elevators of all types, including cars, enclosures, controls, safety equipment, hoist way equipment, and elevator machinery. Includes associated metal fabrications including pit ladders.

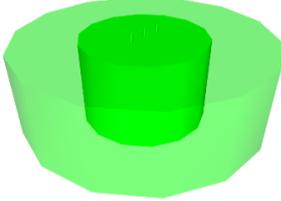
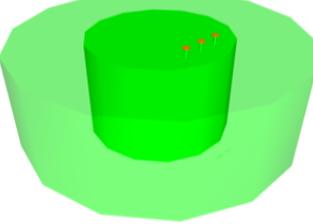
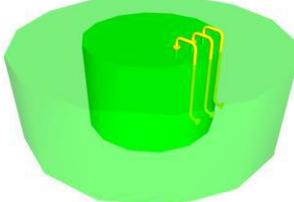
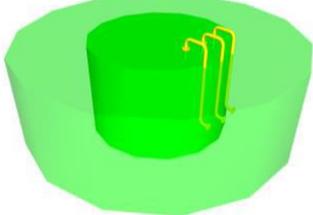
100	<p>See <a href="#">D10</a></p> <p>Schematic model elements that are not distinguishable by type or material.        Component sizes and locations still flexible.</p> <p>タイプや素材によって区別されない模式的なモデル要素。        識別することができません。        部品の高さや位置は自由です。</p>	
-----	--	---

200	<p>See <a href="#">D1010</a></p> <p>Generic representation of the system envelope, including critical path of travel zones.</p>	
300	<p>Specific system elements modeled by type, including all path of travel zones. Pits and/or control rooms and associated equipment to be modeled if applicable. Major structural support elements modeled. Connections to mechanical or electrical services.</p>	
350	<p>Sizing adjusted to the actual manufacturer specifications. Guiding tracks/rails Service/access zones</p>	

400	All connections, supports, framing, and other supplementary components.	
-----	---	---

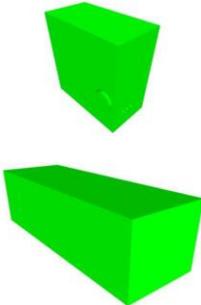
## (5) Facility Potable-Water Storage Tanks

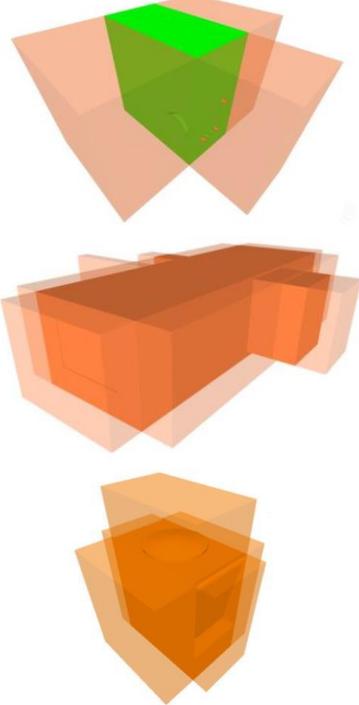
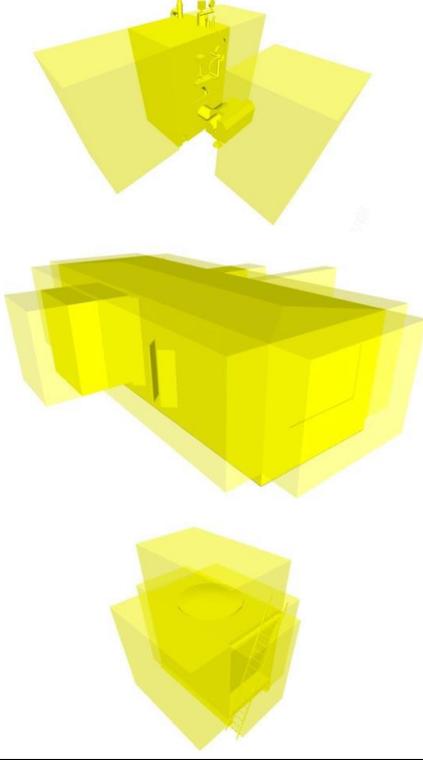
- Tanks for storage of potable water serving a facility and located within, on, under, or closely associated with a structure.

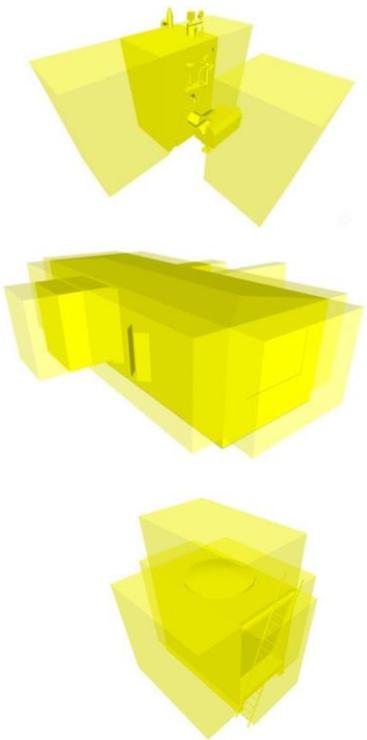
100	See <a href="#">D20</a>	
200	Schematic layout with approximate size, shape, and location of tank(s);	
300	<p>Modeled as design-specified size, shape, spacing, and location of tank(s); access/code clearance requirements and approximate allowances for spacing and clearances required for all specified anchors, supports, vibration and seismic control that are utilized in the layout of tanks(s) are modeled or accommodated by model checking software;</p> <p>タンクのレイアウトに利用される、指定されたすべてのアンカー、サポート、振動および地震対策に必要なアクセス/コードクリアランスの要件および間隔とクリアランスの概算許容値は、モデルチェックソフトウェアでモデル化または対応されています。</p>	
350	<p>Modeled as actual construction elements size and shape, spacing, and location/connections of tank(s) actual access/code clearance requirements and actual size and shape, spacing, and clearances required for all specified anchors, supports, vibration and seismic control that are utilized in the layout of tanks(s) are modeled or accommodated by model checking software.</p>	
400	Supplementary components added to the model required for fabrication and field installation.	

(6) Heating, Ventilation, and Air Conditioning(Heat Generation, Central Cooling, Evaporative Air-Cooling)

- Boilers, furnaces, solar, geothermal, and biomass heat generation, fuel fired heaters, and heat exchangers.
- Fuel-fired boilers and generators for hot water and steam systems. Includes breechings, chimneys, and stacks.
- Electric boilers and generators for hot water and steam systems.
- Equipment to remove oxygen and other dissolved gases in boiler feed.
- Fuel-fired and electric furnaces. Includes: Equipment powered by solar energy.
- Fuel-fired radiant and unit heaters.
- Equipment used to transfer heat from one medium to another.
- Refrigerant compressors, condensers, packaged compressor and condenser units, water chillers, and cooling towers.
- Various type of compressors used in refrigeration process.
- Condensing units used to reject heat from the refrigeration process.
- Compressor in combination with condensing units used to reject heat from the refrigeration process.
- Various types of chillers used for building space cooling. Includes: Factory- and field-fabricated cooling towers and liquid coolers. Including piping and specialties; chemical water treatment; vibration and seismic controls; and integral controls not a part of the condenser water distribution systems.
- Equipment used to reject heat from the refrigeration process by evaporation.

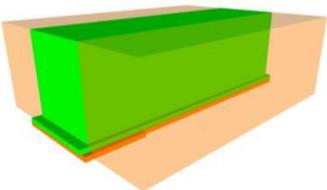
100	See <a href="#">D30</a> ----- Diagrammatic or schematic model elements; conceptual and/or schematic layout/flow diagram;	
200	See <a href="#">D3020</a> Schematic layout with approximate size, shape, and location of element(s); shaft requirements modeled;	

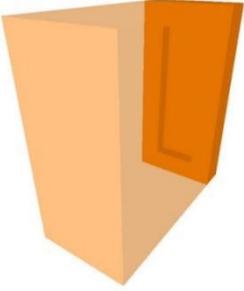
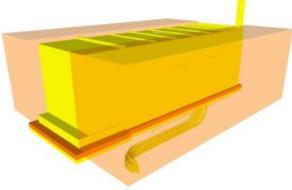
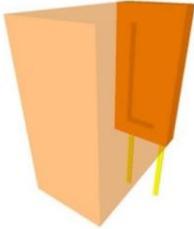
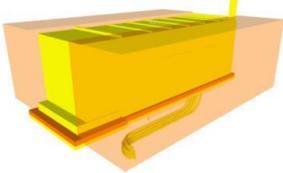
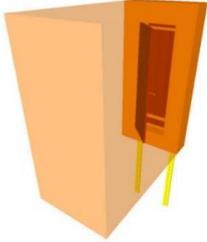
		
300	<p>Modeled as design-specified size, shape, spacing, and location of equipment; approximate allowances for spacing and clearances required for all specified anchors, supports, vibration and seismic control that are utilized in the layout of equipment; access/code clearance requirements modeled.</p> <p>タンクのレイアウトに利用される、指定されたすべてのアンカー、サポート、振動および地震対策に必要なアクセス/コードクリアランスの要件および間隔とクリアランスの概算許容値は、モデルチェックソフトウェアでモデル化または対応されています。</p>	
350	<p>Modeled as actual size, shape, spacing, and location/connections of equipment, actual size, shape, spacing, and clearances required for all specified anchors, supports, vibration and seismic control that are utilized in the layout of equipment. actual access/code clearance requirements modeled.</p>	

<p>400</p>	<p>Supplementary components added to the model required for fabrication and field installation.</p>	
------------	---	---

(7) Electrical (Packaged Generator Assemblies, Electrical Service Entrance)

- Generator, frequency changers, and rotary converters and uninterruptible power units.
- Meters, substations, transformers, switchgear, switchboards, and protective devices where electrical power enters structure.

<p>100</p>	<p>See <a href="#">D50</a> ----- Diagrammatic or schematic model elements; conceptual and/or schematic layout</p>	
<p>200</p>	<p>See <a href="#">D5010</a> Schematic layout with approximate size, shape, and location of equipment(s);</p>	
<p>300</p>	<p>Modeled as design-specified size, shape, spacing, and location of equipment and associated components; approximate allowances for spacing and clearances required for all specified supports and seismic control; access/code clearance requirements modeled.</p>	

		
350	<p>Modeled as actual size, shape, spacing, and location of equipment and associated components. actual size, shape, spacing, and location for supports and seismic control; actual size, shape, and location/connections of equipment and support structure/pads. actual access/code clearance requirements modeled.</p>	 
400	<p>Supplementary components added to the model required for fabrication and field installation.</p>	 

### 3.1.1.3 維持管理 LOD 定義

前章の LOD の解釈や平野らの既往研究[51]から、維持管理 LOD の解釈を以下のように設定する。

- LOD0 モデルなし。情報もなし。
- LOD100 空間モデル（部屋）の中にあるというテキストでの表現（属性情報）。  
空間モデル（部屋）の中に点やシンボルが存在する表現。
- LOD200 機器の大きさや数量、位置が大まかにわかる表現。  
機器個別のスペースが存在することがわかる表現。
- LOD300 機器の大きさや数量、位置が正確にわかる表現。
- LOD400 LOD300 にプラスして、部位のレベルまで詳細に分かる表現。

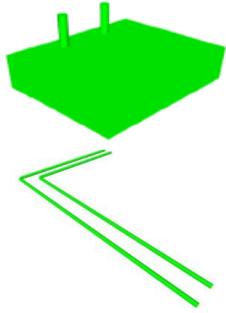
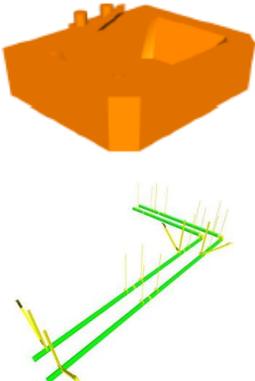
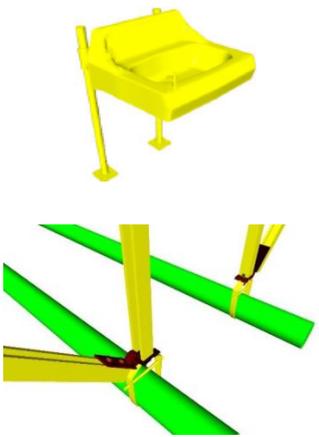
## 3.1.2 建築設備ごとに必要な LOD の策定方法の検討

### 3.1.2.1 日報 LOD の定義

維持管理 LOD 策定するに際し、実際の維持管理業務において、どれくらいの LOD が必要かを見極める必要がある。そのためには、日々の維持管理の業務日報の設備機器の記載粒度を分析すれば、ある程度必要な LOD がわかると考えた。本研究では、この日報の設備機器の記載粒度のこの日報 LOD と定義する。日報 LOD とは、日報に文章（テキスト）で記載してある、設備機器の描写の細かさの程度を表したものである。この日報 LOD は、建物モデルがない状態で、設備機器の場所や部位の状況を文章のみで表現してあるので、必要な LOD の最大値であると考えられる。日報 LOD が分かれば、BIM に必要となる維持管理 LOD の上限が把握できるということである。

表 3.1.2.1-1 に、日報 LOD のそれぞれの定義と記述の例、参考モデルを示す。日報 LOD は、AIA の BIM LOD に準拠して、LOD100、LOD200、LOD300、LOD400 の 4 段階設定する。LOD350 は、記載粒度や BIM モデルでの表現に関して、LOD400 と大きな差を判別することが難しいとして、LOD400 と統合した。ここで、LOD100 のモデルなしとは、設備機器が存在しないというわけではなく、BIM モデル上に幾何学的な表現やシンボルがないということである。そのような設備機器は、部屋空間にある設備として、空間 ID と紐づくことで履歴情報等が連携される（部屋名を選択すると、そこにある設備としてテキスト情報で出現する）。

表 3.1.2.1-1 日報 LOD の定義と凡例

LOD	定義	日報記載例（洗面台）	参考モデル(洗面台・空調配管)*AIA[50]より引用
100	空間モデル（部屋）の中にあるというテキストでの表現（属性情報）。空間モデル（部屋）の中に点やシンボルが存在する表現。幾何学的な表現はなされない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設備点検（35F 男子トイレ・洗面台付近）</li> <li>・小事務室空調機配管洗浄整備</li> </ul>	幾何学的な表現はなし
200	機器の大きさや数量、位置が大まかにわかる。機器個別のスペースの存在がわかる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・T棟 1F2 ゾーン 男子トイレ洗面台更新工事。</li> <li>・空調機蒸気配管詰まり修理(T-10-AHU-01)。予定通り終了しました。</li> </ul>	
300	機器の大きさや数量、位置が正確にわかる。その機器における部位が分かる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・49F2 ゾーン 男子トイレ洗面台(左)トラップ破損の件(10/5)、配管交換し良好となりました。</li> <li>・中央監視装置にて、T-42-AHU-5 漏水警報発報しました。【確認】T-42-AHU-5 冷水往き配管の保温材劣化を確認しました。</li> </ul>	
400	部位の詳細まで形状が分かり、配線や配管などより詳細な部位の情報を含む。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・T棟 49F 男子トイレ洗面台(右) 水石鯨ムースユニットのネジ目隠しがバーが外れているのを巡視中に発見しました。ムースユニットを交換し良好となりました。</li> <li>・T-13-AHU-03 漏水警報発報しました。【確認】T-13-AHU-03 空調機内インテリア側加熱蒸気配管フランジ部付根(二方弁一次側)より、ピンホールによる漏れを確認しました。</li> </ul>	

### 3.1.2.2 日報 LOD の調査

次に、維持管理業務における日報 LOD を把握する。調査には、東京オペラシティビルのビル管理会社である大星ビル管理の FM ソフト (MOSS) の 2 年分の日報履歴を用いる (2019 年、2020 年)。この日報データを前章の定義に基づき、LOD100、LOD200、LOD300、LOD400 に分類する。分析は設備区分、BIM スペースごとに行うものとする。また、それぞれの分析で、点検・予防保全作業とトラブル対応作業に分けて、分析を行う。これらの分析では、照明設備における管球交換作業を除いている。

#### (1) 設備区分

図 3.1.2.2-1 に設備区分ごとの点検・予防保全作業とトラブル対応作業の割合とその件数を示す。また週 2、月 2 などの頻度の表記は、2 年の日数 (365 日×2 年) と実際の作業件数から求めている。例えば、件数が 24 件以上の場合には、月 1 となる。基本的には、トラブル対応作業より点検・予防保全作業のほうが、割合が高い設備が多い。トラブル対応作業の比率が 50% を超える設備は、給湯、水 (熱) 搬送、通信・情報、発見・通報、建築内部であった。点検・予防保全作業の件数では、給水、熱源、電源、空調・換気設備が多かった。これは毎日の点検によるものである。一方、トラブル対応作業の件数では、水 (熱) 搬送、空調・換気、避難設備が多かった。

※照明設備・管球交換を除く

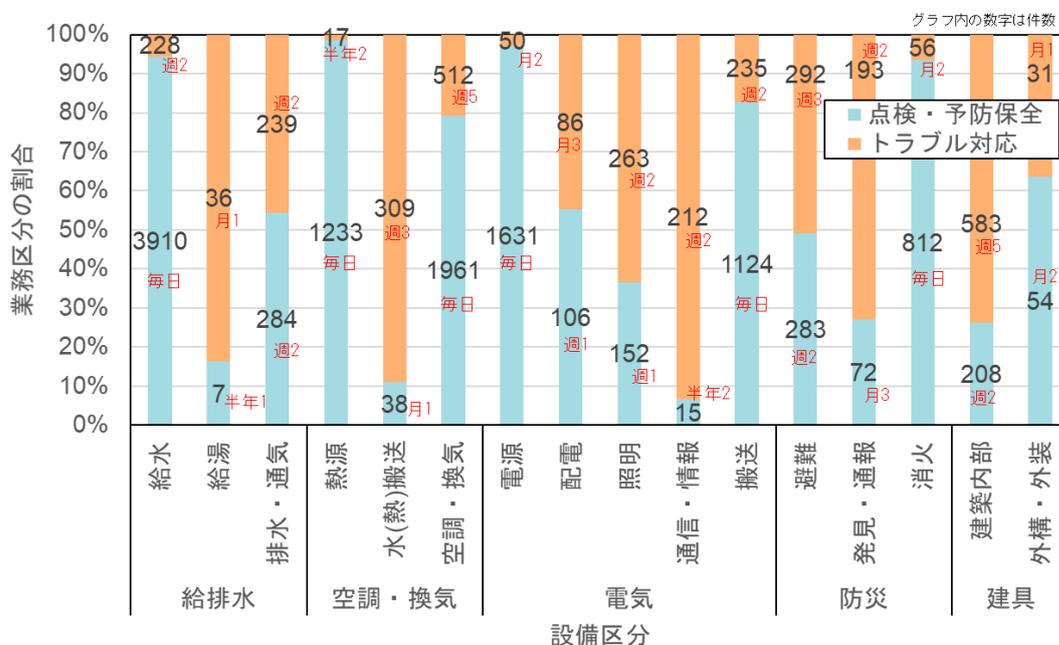


図 3.1.2.2-1 設備区分別日常保全業務分類の割合(2019~20 年)

続いて、図 3.1.2.2-2 に全保全作業の設備区分ごとの日報 LOD の分布を示す。○印は、平均値を表し、そこを中心に縦に (y 軸方向に) 伸びる棒線は、平均値 ( $\mu$ ) に標準偏差 (sd) の範囲 ( $\mu \pm sd$ ) を描画したものである。この範囲は、分布の約 70% が存在することを意味している。また、横方向 (x 軸方向) に伸びる線は、日報 LOD の観測数のプロットを表しており、線が長いほど観測数が多いことを示している。

平均値が LOD300 近傍の設備は、水(熱)搬送、給湯、建物内部、排水・通気、照明、通信・情報、搬送、空調・換気設備であり、LOD200 近傍は、外構・外装、配電、避難、発見・通報である。消火設備、給水設備、電源設備、熱源設備はほとんどが LOD100 であった。

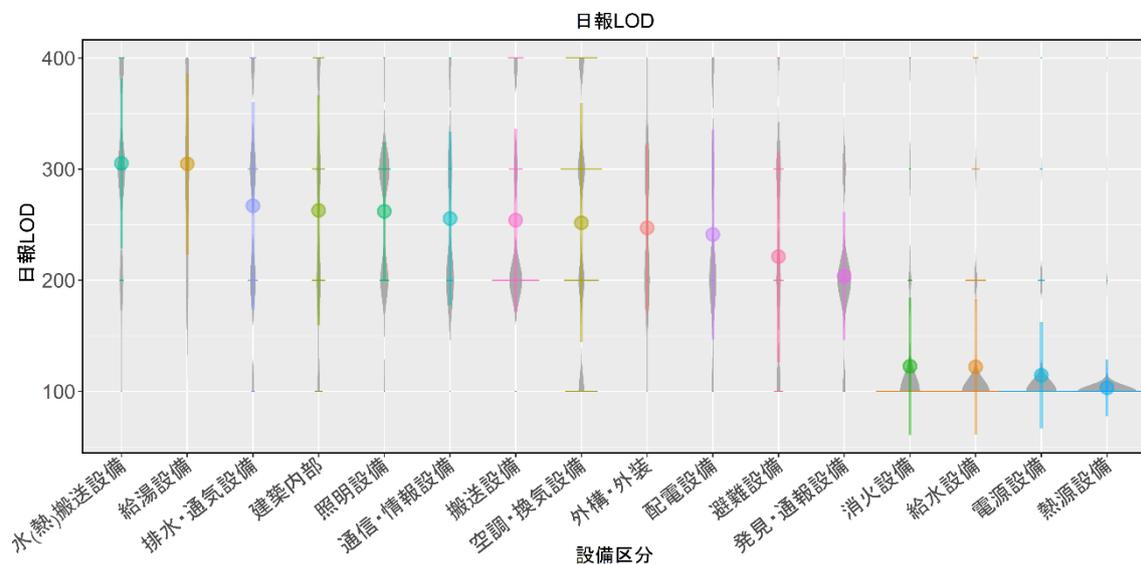


図 3.1.2.2-2 設備区分別日報 LOD 分布

図 3.1.2.2-3 に、点検・予防保全作業の設備区分ごとの日報 LOD の分布を示す。平均値が LOD300 近傍は、水(熱)搬送、照明、配電、搬送設備、LOD200 近傍は、空調・換気、排水・通気、建築外部、給湯、通信・情報、発見・通報、建築内部、避難設備であった。給水、消火、電源、熱源設備は、ほとんど LOD100 であった。点検・予防保全作業では、LOD200 近傍に設備が多いことが分かった。

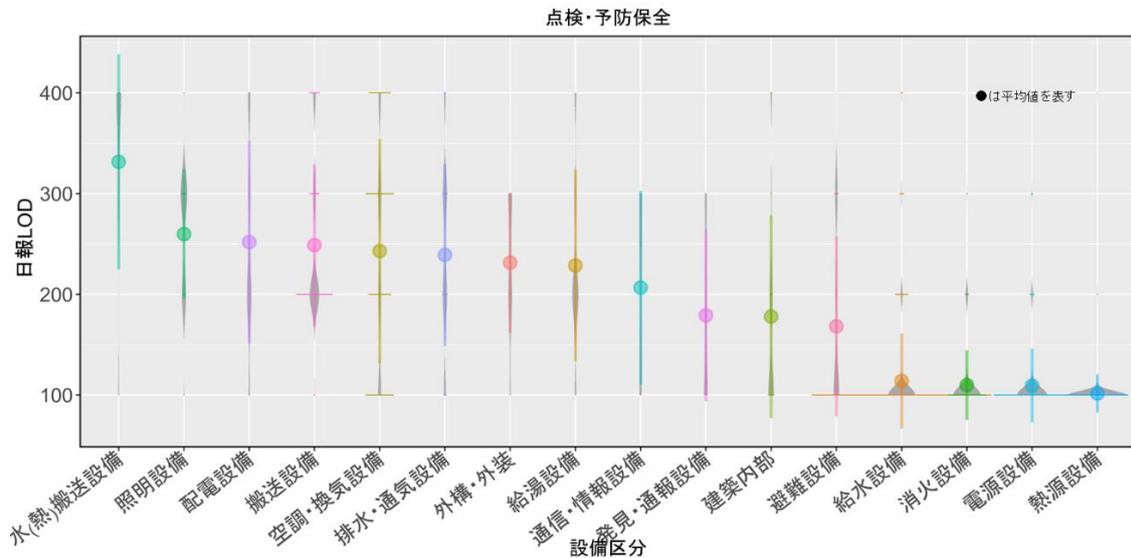


図 3.1.2.2-3 設備区分別日報 LOD 分布 (点検・予防)

図 3.1.2.2-4 に、トラブル対応作業の設備区分ごとの日報 LOD の分布を示す。ほとんどの設備区分で、平均値が LOD300 近傍であり、LOD200 近傍が配電、熱源、発見・通報であった。LOD100 近傍は存在しなかった。トラブル対応作業は LOD が高い傾向があることが分かった。

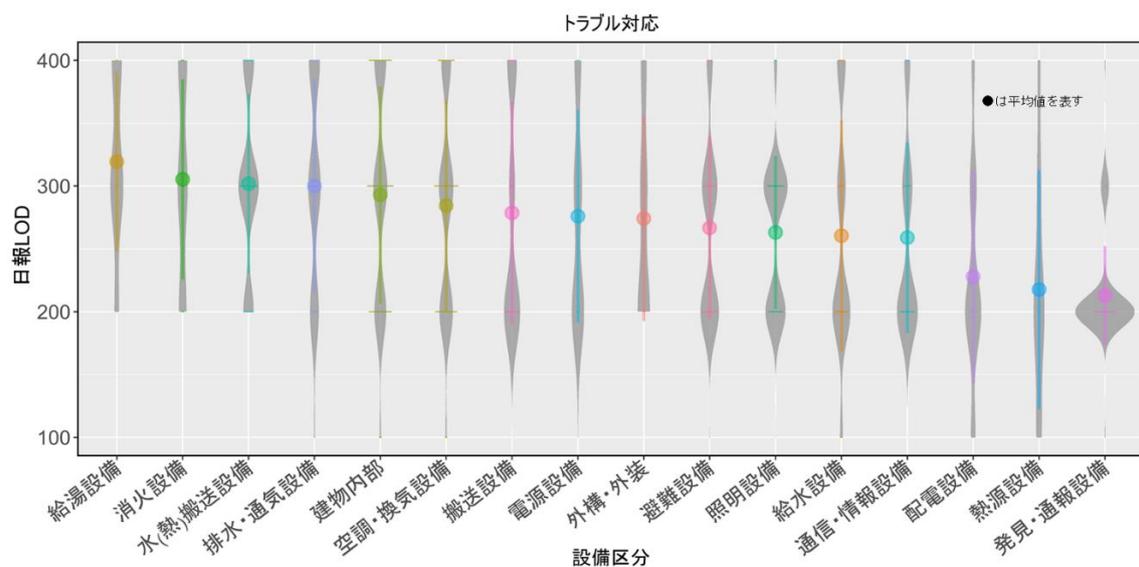


図 3.1.2.2-4 設備区分別日報 LOD 分布 (トラブル対応)

## (2) BIM スペース

図 3.1.2.2-5 に、BIM スペースごとの点検・予防保全作業とトラブル対応作業の件数、割合、頻度を示す。基本的には点検・予防保全作業の割合が高い設備が多い。トラブル対応作業の比率が 50%を超えるスペースは縦シャフト、床、天井、壁埋め込みであった。点検・予防保全作業の件数では、コア部分室が圧倒的に多く、居室、天井裏が続く。これは、空調機械室、熱源機械室、電気機械室などの機械室での毎日の点検が多いためである。一方、トラブル対応作業では、壁埋め込みが一番多く、コア部分室、天井、天井裏と続く。壁埋め込みでは、扉や電気錠のトラブルが多く、天井、天井裏では空調機械のドレン配管等からの漏水事故が多いことが考えられる。

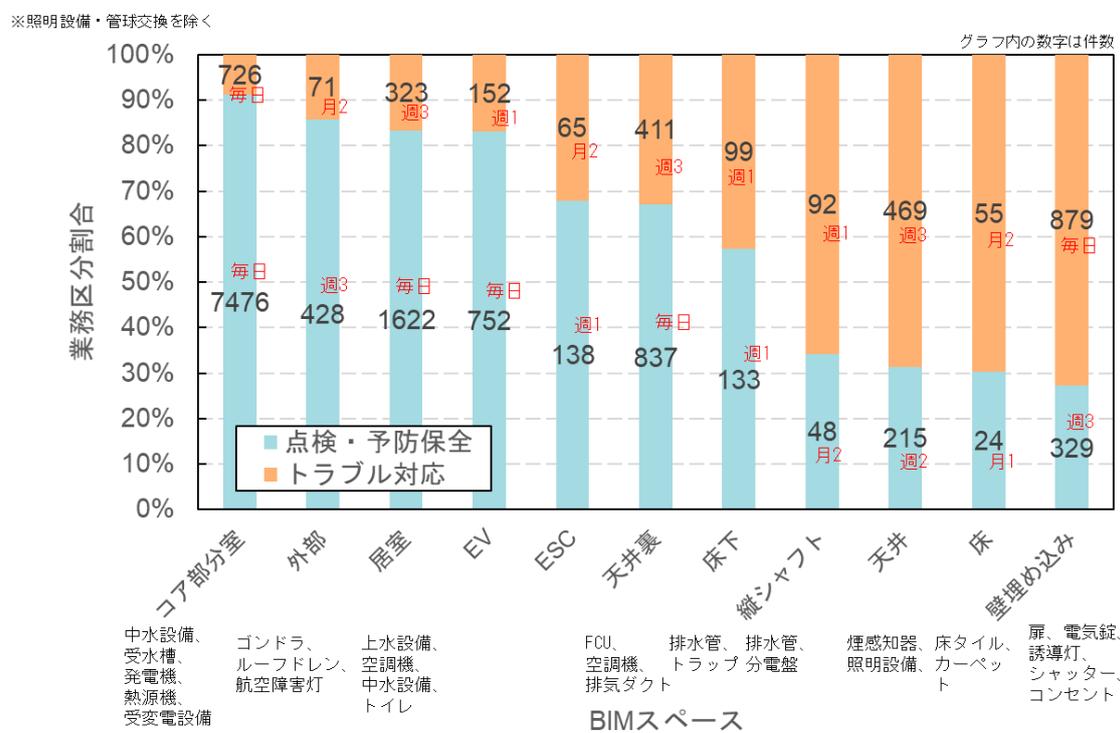


図 3.1.2.2-5 BIM スペース別日常保全業務分類の割合(2019~20年)

続いて、図 3.1.2.2-6 に全保全作業における BIM スペースごとの日報 LOD の分布を示す。凡例、図の表現方法は、設備区分の分析と同様である。平均値が LOD300 近傍は、縦シャフト、床下、ESC、天井裏、床、壁埋め込みであり、LOD200 近傍は、外部、EV、天井、居室であった。コア部分室は唯一 LOD100 近傍であった。

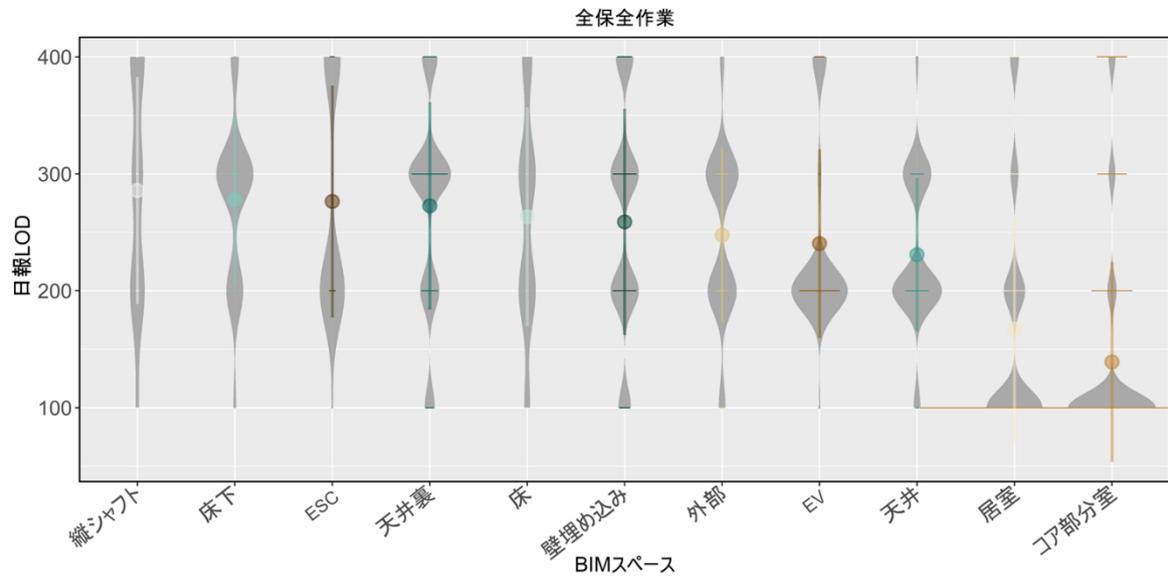


図 3.1.2.2-6 BIM スペース別日報 LOD 分布

また、図 3.1.2.2-7 に点検・予防保全作業における BIM スペースごとの日報 LOD の分布を示す。平均値が LOD300 近傍は、縦シャフト、床下、ESC、天井裏であり、LOD200 近傍は、外部、EV、天井、床であった。

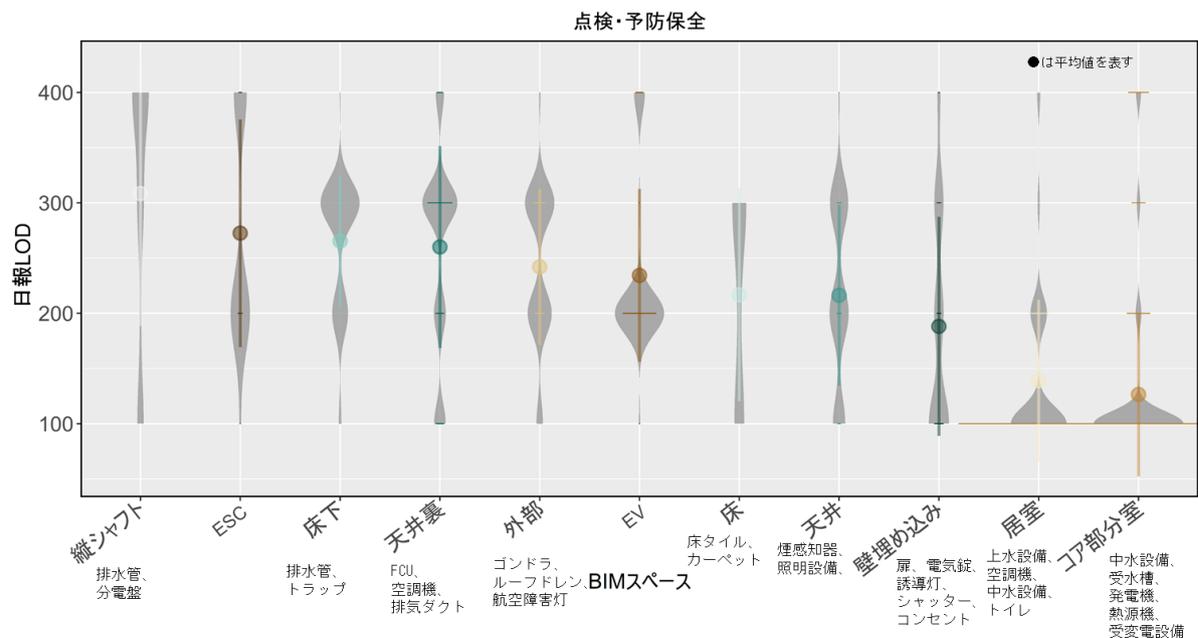


図 3.1.2.2-7 BIM スペース別日報 LOD 分布 (点検・予防)

図 3.1.2.2-8 にトラブル対応作業における BIM スペースごとの日報 LOD の分布を占めます。ほとんどのスペースで平均値が LOD300 近傍であり、LOD200 近傍が天井のみであり、LOD100 は存在しなかった。トラブル対応作業は、LOD が高い傾向にある。

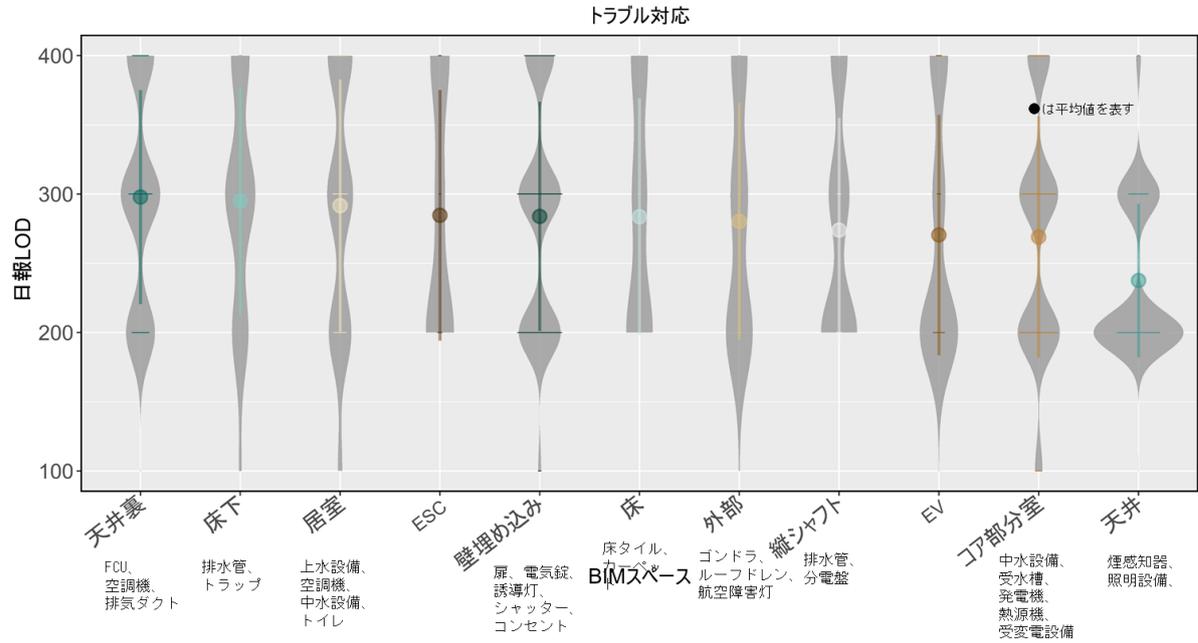


図 3.1.2.2-8 BIM スペース別日報 LOD 分布 (トラブル対応)

### 3.1.2.3 結果のまとめ・考察

日報 LOD の分析を行った結果をまとめる。表 3.1.2.3 に、日常保全業務において日報 LOD が高い（LOD 平均値が LOD300 近傍）設備区分、BIM スペースをまとめた。トラブル対応作業はほとんどの設備区分、BIM スペースともに平均値が LOD300 近傍であり、トラブル比率が 50% 超えの設備は給湯、水(熱)搬送、照明、通信・情報、発見・通報、建築内部であった。これらの設備については、最大で LOD300 と考えられる。

点検・予防保全作業で平均値が LOD300 近傍、かつ、トラブルの頻度が週 1 以上の設備は、水(熱)搬送、照明、搬送設備であり、点検・予防対応作業で平均値 LOD100 近傍、かつ、トラブルの頻度が週 1 以下の設備は、熱源、電源、消火であった。

BIM スペースで平均値が LOD300 近傍、かつ、トラブルの頻度が週 1 以上のスペースは縦シャフト、床下、天井裏であった。これらの場所にある設備は LOD を高くする必要がある可能性がある。

表 3.1.2.3 日常保全業務においての日報 LOD の高い設備（LOD300 近傍）

全体		点検・予防保全	
設備区分	BIM スペース	設備区分	BIM スペース
水(熱)搬送	縦シャフト	水(熱)搬送	縦シャフト
給湯	床下	照明	床下
建物内部	ESC	配電	ESC
排水・通気	天井裏	搬送	天井裏
照明	床		
通信・情報	壁埋め込み		
搬送			
空調・換気			

### 3.1.3 維持管理 LOD 策定ルールの考案

前章の日報 LOD の分析や考察より、給湯、水(熱)搬送、照明、通信・情報、発見・通報、建築内部、搬送の設備については最大で LOD300、それ以外は最大でも LOD200、また、熱源、電源、消火は LOD100 で決定とする。BIM ゾーンで縦シャフト、床下、天井裏にある設備は LOD 高くすることを考える。

また、管理会社ヒアリングで得た知見・ニーズも LOD 策定ルールに反映する。一つは、機器の大きさを指標とすることである。ヒアリングにて、「空調機、ポンプ、水槽、受変電設備等の機械室にある比較的大型設備やエレベーターは機器ごとで BIM モデルを作成してもよい」という指摘があったため、比較的大型の設備は LOD を高くすることを考える。

また、系統のつながりがわかるモデルとすることが挙げられる。ヒアリングにて、「水道系統、空調機(ダクト、配管)、消防設備(スプリンクラー)、排煙系統は系統図のような縦のつながりが分かるモデルだとよい。作業済みの箇所の色が変わるなど、全体の作業進捗がわかるとよい。」という意見があった。そのため、配管・ダクト等の系統が BIM モデルに表現されるようにするべきである。

さらに、機器番号がなく、同一部屋内に複数ある設備の判別ができることも挙げられる。FM ソフト上で日報を書くとき、同一部屋内で複数あるなどで、文章だけでその設備を特定できない場合は、別途平面図等を添付することで機器を特定しているという事情があるということがわかった。そのため、機器番号がなく同一部屋内に複数ある設備は LOD を高く設定することを考える。

以上のことから、維持管理 LOD の策定ルールを図のように定める

- (1) BIM スペースで縦シャフト、床下、天井裏にある設備である
- (2) 機器の大きさが、幅 2m 以上 (FCU 程度) の大きさの設備である。
- (3) 機器番号がなく、同一部屋内に複数あり、判別が難しい設備である。

上記の 1) ~3) の 3 条件に当てはまった数だけ、LOD100 から LOD の段階を上げることとする。ただし、「給湯、水(熱)搬送、照明、通信・情報、発見・通報、建築内部、搬送の設備については最大で LOD300、それ以外は最大でも LOD200、また、熱源、電源、消火は LOD100 で決定とする。」の上限を超えないようにする。

### 日報LODの分析からの提案

1. 給湯、水(熱)搬送、照明、通信・情報、発見・通報、建築内部、搬送の設備については最大でLOD300、それ以外は最大でもLOD200、また、熱源、電源、消火はLOD100で決定
2. BIMスペースで縦シャフト、床下、天井裏にある設備はLOD高くする



### 管理会社ヒアリングからの提案

3. 機器の大きさを指標とする。  
「空調機、ポンプ、水槽、受変電設備等の機械室にある比較的大型設備やエレベーターは機器ごとでBIMモデルを作成してもよい」
4. 系統のつながりがわかるモデルとする。  
「水道系統、空調機(ダクト、配管)、消防設備(スプリンクラー)、排煙系統は系統図のような縦のつながりが分かるモデルだとよい。作業済みの箇所の色が変わるなど、全体の作業進度がわかるとよい。」
5. 機器番号がなく、同一部屋内に複数ある設備の判別ができること。



### 維持管理LOD策定ルール

- ① BIMスペースで縦シャフト、床下、天井裏にある設備である
  - ② 機器の大きさが、幅2m以上(FCU程度)である
  - ③ 機器番号がなく、同一部屋内に複数あり、判別が難しい設備である
- これら3条件に当てはまった数だけ、LOD100からLODの段階をあげる。ただし、上記1の範囲を超えないようにする。

図 3.1.3 維持管理 LOD 策定ルール

## 3.1.4 維持管理 LOD の策定結果

表 3.1.4 に前章の LOD 策定ルールの適用結果を示す。

表 3.1.4 LOD 策定ルール適用結果

設備大区分	設備中区分	設備機器	①～③ ルール LOD	日報 LOD 上限	結果 LOD
給排水・衛生設備	給水設備	給水引込管	200	200	200
		受水槽	200	200	200
		揚水ポンプ	200	200	200
		揚水管	200	200	200
		高置水槽	200	200	200
		給水管	200	200	200
		衛生器具	100	200	100
	給湯設備	貯湯式ボイラー	200	300	200
		ガス給湯機	100	300	100
		ヒートポンプ給湯機	200	300	200
		電気温水器	100	300	100
		貯湯槽装置	200	300	200
		給湯管	200	300	200
		衛生器具	100	300	100
	排水・通気設備	排水器具	100	200	100
		トラップ	100	200	100
		排水管	200	200	200
		通気管	200	200	200
		排水槽	200	200	200
		排水ポンプ	200	200	200
	空調・換気設備	熱源設備	冷凍機	200	100
ボイラー			200	100	100
ヒートポンプ			200	100	100
冷却塔			200	100	100
水（熱）搬送設備		ポンプ	200	300	200
		配管	200	300	200
空調・換気設備		エアハンドリングユニット	200	200	200

		コンパクト/ターミナルエ アハンドリングユニット	200	200	200	
		ファンコイルユニット	床置:200 天井:300	200	200	
		パッケージユニット	300	200	200	
		送風機	300	200	200	
		全熱交換器	300	200	200	
		ダクト設備	200	200	200	
		室外機	200	200	200	
		吹き出し・込口	200	200	200	
		受変電設備	200	100	100	
		発電機設備	200	100	100	
	電源設備	直流電源設備	200	100	100	
		無停電電源設備	200	100	100	
		その他発電設備	100	100	100	
	配電設備	幹線設備	200	200	200	
		動力設備	200	200	200	
		照明器具設備	100	300	100	
	照明設備	照明・コンセント設備	100	300	100	
		照明制御設備	100	300	100	
	電気設備	電話設備	100	300	100	
		構内情報通信網	100	300	100	
		拡声設備	100	300	100	
	通信・情報設備	テレビ共同受信設備	100	300	100	
		インターホン設備	100	300	100	
		監視制御設備	100	300	100	
		防犯設備	100	300	100	
		その他通信・情報設備	100	300	100	
	雷保護設備	避雷針	200		200	
		接地極	100		100	
	搬送設備	エレベーター	300	300	300	
		エスカレーター	200	300	200	
	防災設備	発見・通報	自動火災報知設備	200	300	200
			非常警報設備	100	300	100

	その他	100	300	100
避難	非常用の照明装置	100	200	100
	誘導灯設備	200	200	200
	排煙設備	200	200	200
	屋内消火栓設備	200	100	100
初期消火	スプリンクラー設備	200	100	100
	泡消火設備	100	100	100
	不活性ガス消火設備	100	100	100
	ハロゲン化物消火設備	100	100	100
	粉末消火設備	100	100	100
	屋外消火栓設備	100	100	100
	排煙設備	200	100	100
本格消火	連結散水設備	100	100	100
	連結送水管	200	100	100

LOD100 の設備が 38 区分、LOD200 の設備が 31 個、LOD300 の設備が 1 区分という結果となった。LOD300 の設備は、エレベーターであった。熱源設備や電源設備、消火設備の排煙設備・スプリンクラー、連結送水管等は、比較的大型である、あるいは、配管のつながりを持つ設備であるが、日報 LOD の上限より 100 という結果になっている。また、日報 LOD の分析では照明設備、通信・情報設備は LOD が高い傾向にあったが、ルール①～③に該当せず、LOD100 という結果になった。やや LOD200 が多い印象がある。電源設備や熱源設備は LOD100 であり、幾何学的な表現で表されないことになっているが、毎日点検するものであり、大型の設備であることから、LOD200 でよいとも考えられる。

### 3.1.5 BIM モデルの作成

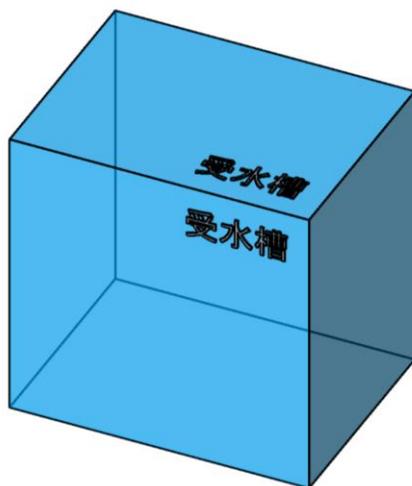
ここからは、前章で策定した維持管理 LOD のルールに沿って、BIM モデルを作成していく。

#### 3.1.5.1 各設備のモデル化方法

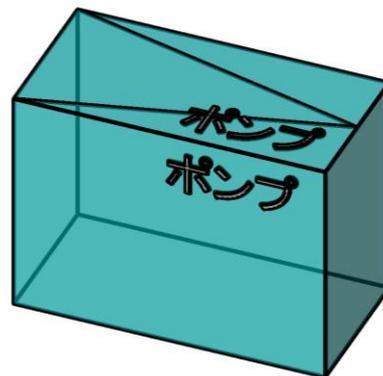
各設備の BIM モデルのファミリーを作成する。基本的な考え方として、LOD200 は設備の概形や設備のスペースホルダーとして解釈する。したがって、LOD200 は設備に必要なスペースの大きさの四角い箱として表現する。配管、ダクト等は、継ぎ手や吊り部材、弁などは表現せず、シンプルな作りとする。

##### (1) 給排水・衛生設備

給排水・衛生設備の BIM モデルは概ね LOD200 と LOD100 である。図 3.1.5.1-1 に給排水・衛生設備の BIM モデルのファミリーを示す。受水槽や高置水槽等のタンク類やポンプ類は、LOD200 であるので、四角いスペースホルダーとして、配置する。その他、トイレなどの衛生器具は LOD100 なので、幾何学的な表現はしなかった。

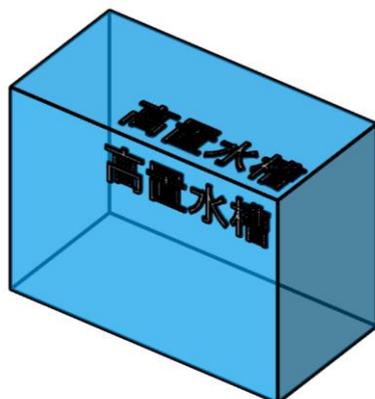


受水槽 (LOD200)



ポンプ類 (揚水ポンプ・排水ポンプ・湧水ポンプ、スプリンクラーポンプ等)

(LOD200)



高置水槽 (LOD200)



消火用水槽 (LOD200)

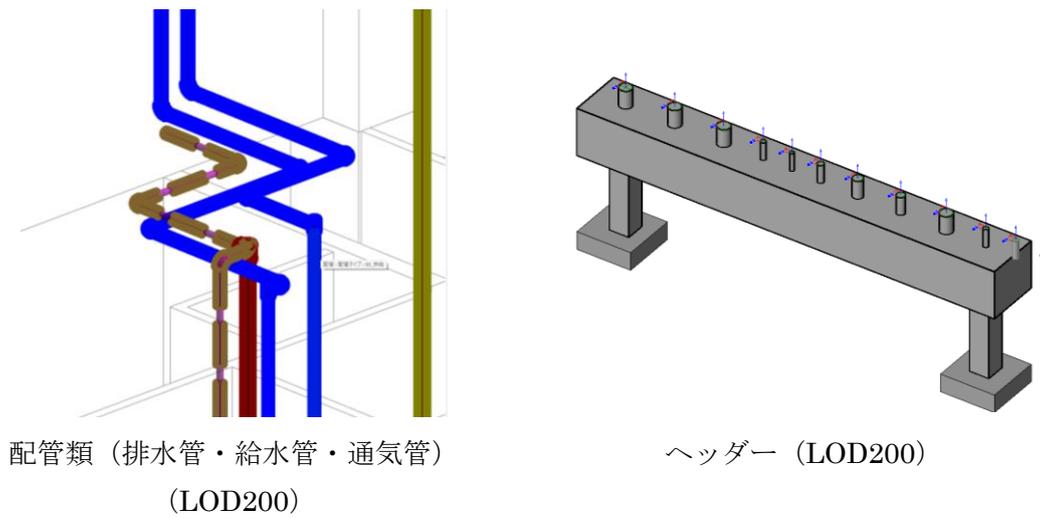
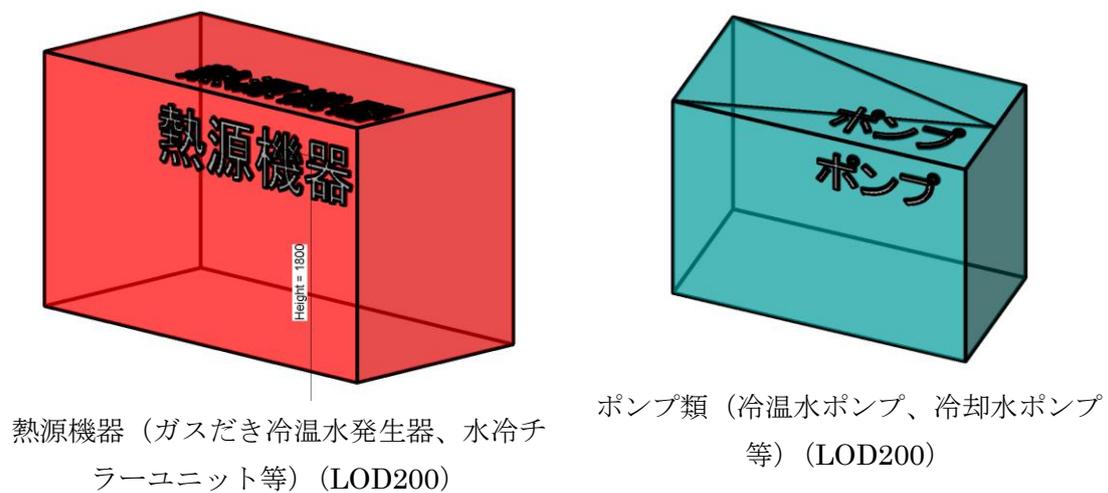


図 3.1.5.1-1 給排水・衛生設備の BIM モデル化

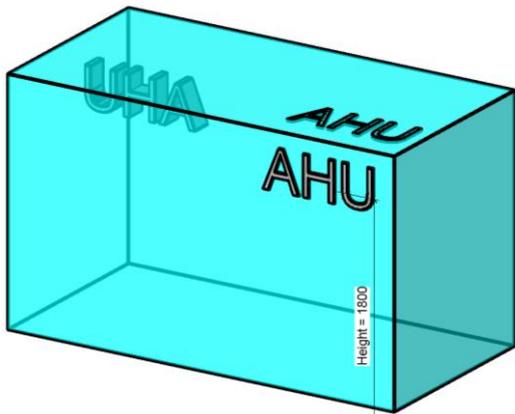
(2) 空調・換気設備

空調・換気設備も概ね LOD200 で表現される。熱源機器は LOD100 というルールであったが、大型であり、場所を把握することが重要であると考えられるため、LOD200 でモデル化した。図 3.1.5.1-2 に空調・換気設備の BIM モデルのファミリーを示す。

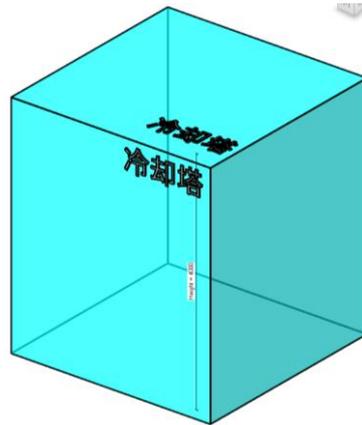


熱源機器 (ガスだき冷温水発生器、水冷チラーユニット等) (LOD200)

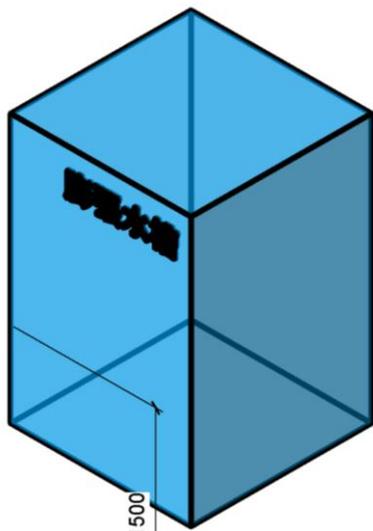
ポンプ類 (冷温水ポンプ、冷却水ポンプ等) (LOD200)



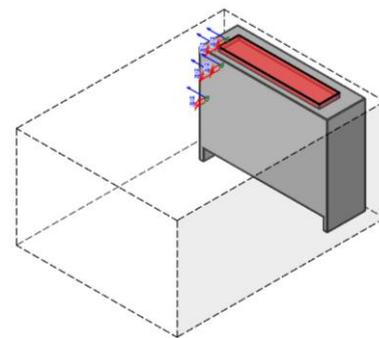
空調機 (LOD200)



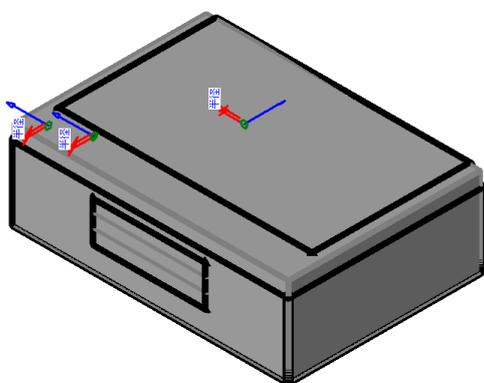
冷却塔 (LOD200)



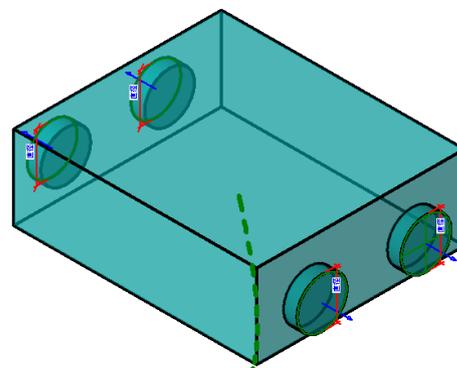
膨張水槽 (LOD200)



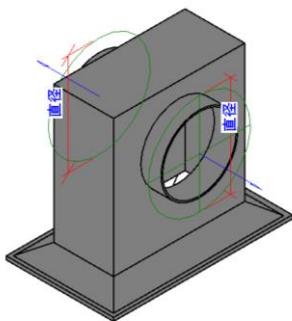
FCU 床置き型 (LOD200)



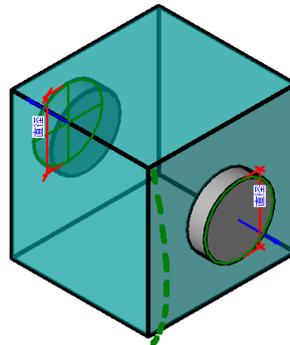
FCU 天井隠蔽型 (LOD200)



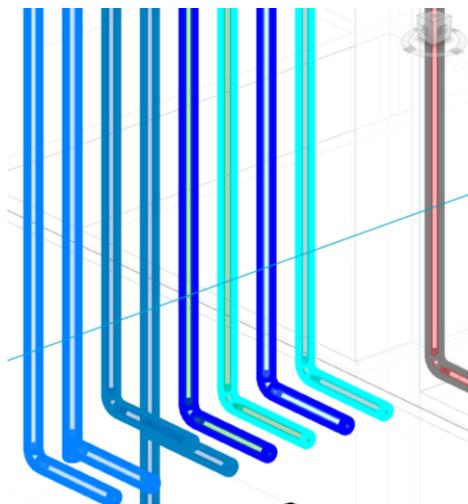
全熱交換器 (LOD200)



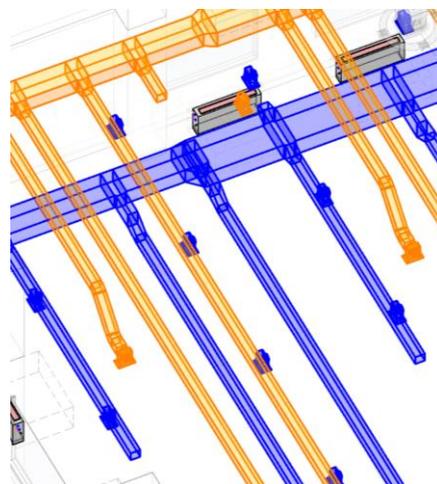
制気口（吹出口、吹込口）(LOD200)



排風機 (LOD200)



配管類（冷水、冷温水、冷却水、蒸気等）  
(LOD200)

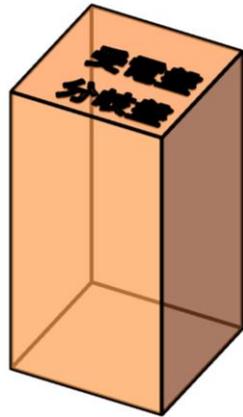


ダクト類（OA、SA、RA等）(LOD200)

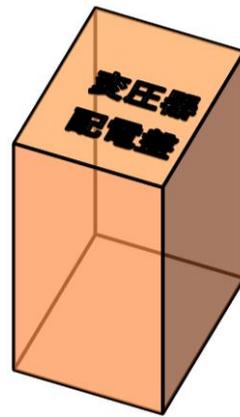
図 3.1.5.1-2 空調・換気設備の BIM モデル化

### (3) 電気設備・搬送設備

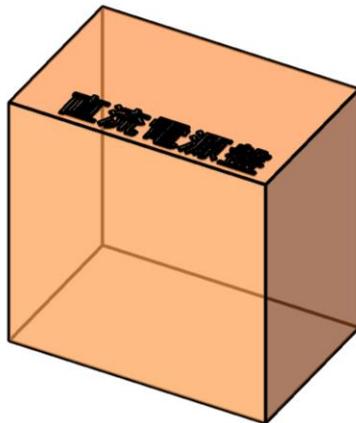
電気設備は、ほとんど LOD100 であったが、電気機械室に置かれる主要な電源設備を空調・換気設備の熱源機器と同様の理由で LOD200 とした。また、分電盤、動力盤を LOD200 で表現する。搬送設備のエレベーターは LOD300 なので、ロープや操作スイッチ、かご等も表現してある。



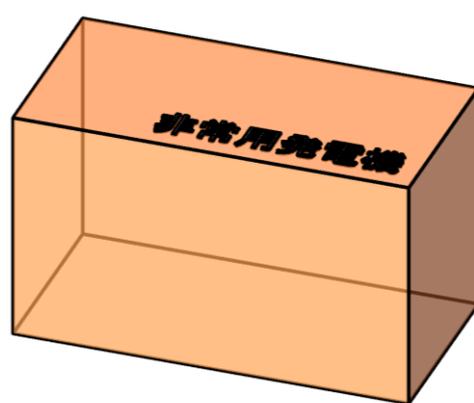
受電盤、分岐盤 (LOD200)



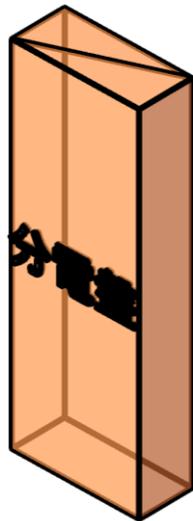
変圧器、配電盤、コンデンサ (LOD200)



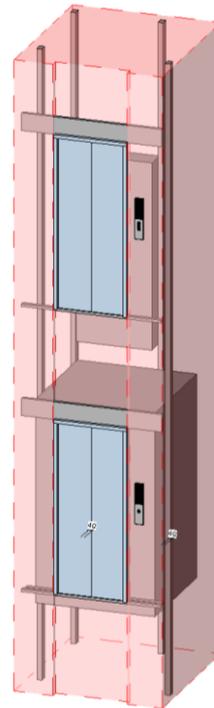
直流電源盤 (LOD200)



非常用発電機 (LOD200)



分電盤、動力盤 (LOD200)

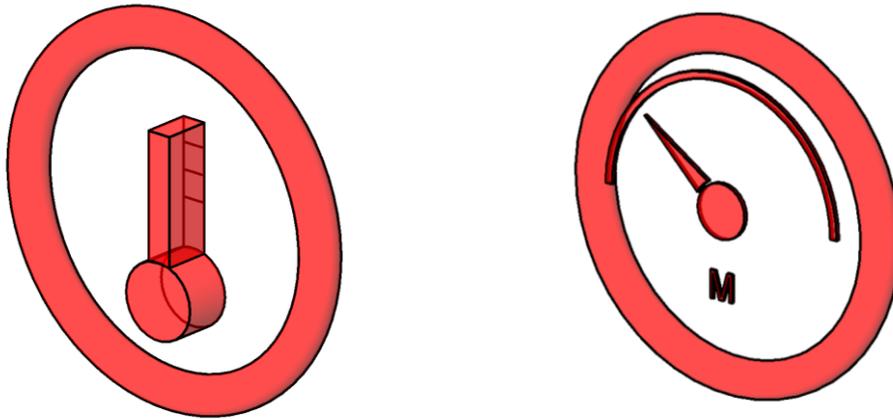


エレベーター (LOD300)

図 3.1.5.1-3 電気設備・搬送設備の BIM モデル化

### 3.1.5.2 メーターや計器類による設備状態の可視化方法

続いて、上水、電気、温水等のメーターや温度計、湿度計、圧力計などの計器類の可視化方法を提案する。不動産管理をする上で、メーターの場所はテナントに請求する料金と関係するため、非常に重要である。一方メーターの形はそれほど重要でなく、どこにあるかが示せば良い。同様に計器類は、BEMS といったエネルギー管理で重要であり、どこにある計器がどのような値を示しているかが BIM モデル上で表現できると便利であると考えた。そこで LOD100 でシンボルとして表現することにした。図 3.1.5.2-1 にシンボル化したメーターと計器類を示す。



計器類（温度計、湿度計）（LOD100）

メーター（LOD100）

図 3.1.5.2-1 計器類、メーターの BIM モデル化

### 3.1.5.3 部屋区画の設定

管理会社へのヒアリングから、維持管理情報入力における最小単位は部屋であることがわかり、既存の FM ソフトでは部屋名マスターを作成することで、部屋ごとに履歴を登録していることがわかった。部屋ごとの区画の設定に対する考え方を、管理会社から教えていただいたので、それを説明する。図 3.1.5.3 に示す事務所ビルの平面図を例にロケーションの設定例を示す。

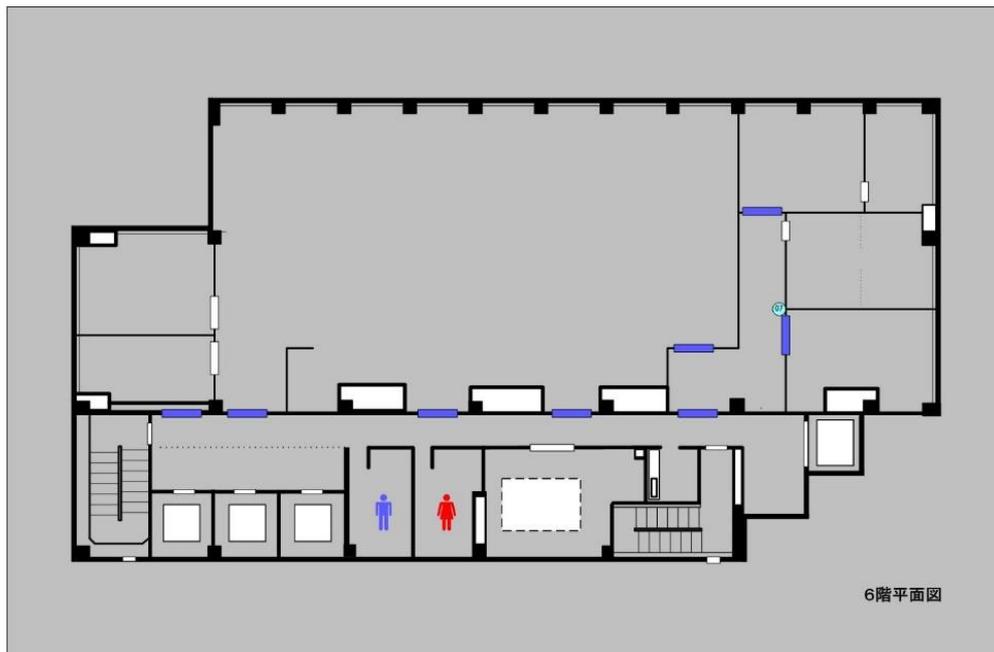


図 3.1.5.3 サンプル事務所ビル平面図

- |           |              |               |
|-----------|--------------|---------------|
| ①客用ELVホール | ⑤B 階段室       | ⑨EPS          |
| ②男子トイレ    | ⑥荷物用 ELV ホール | ⑩PS           |
| ③女子トイレ    | ⑦共用部廊下       | ⑪湯沸し室         |
| ④空調機械室    | ⑧A 階段室       | ⑫専用部(テナントエリア) |

基本的に壁によって仕切られた空間ごとに、部屋を設置する。PS、EPS などの設備スペース、EV ホール、廊下等は分ける、といった考え方である。

### 3.1.5.4 サンプル建物での BIM モデルの作成

#### (1) サンプルモデルの概要

前章で作成したファミリーを用いて、設備機器を入れ込んだ BIM モデルをサンプル建物で作成する。サンプル建物は、空気調和・衛生工学会編「オフィスビルの設備設計ガイド」[52]を参考に、中小規模の事務所建築物を題材にした。サンプル建物の概要を表 3.1.5.4-1 に示す。また、主な設備の機器表を表 3.1.5.4-2 に示す。次に基準階の平面図を図 3.1.5.4-1 に示す。

表 3.1.5.4-1 サンプル建物概要

延床面積	4,944.3 m <sup>2</sup>
階数	地下 1 階、地上 7 階、塔屋 1 階
構造	RC 造
用途	事務所
空調方式	中央熱源方式

表 3.1.5.4-2 主な設備の機器表

分類	機器名	LOD	台数	設置場所
熱源機器	ガスだき冷温水発生機	200	1	B1F 熱源機械室
	水冷チラーユニット (スクリー型)	200	1	B1F 熱源機械室
	冷却塔	200	2	屋上
	冷温水ポンプ	200	1	B1F 熱源機械室
	冷却水ポンプ	200	1	B1F 熱源機械室
空調機器	水平床置ユニット (冷温水兼用コイル)	200	7	1F~7F 空調機械室
	床置型ファンコイルユニット	200	12*6	2F~7F 事務室ペリメータ部分
	天井カセット型ファンコイルユニット	200	3*7	1F~7F 会議室、リフレッシュコーナー、EV ホール
	全熱交換器	200	2*7	1F~7F 会議室、EV ホール
	排気ファン	200	3*7	1F~7F トイレ、空調機械室
給排水・衛	受水槽	200	1	地下 1 階設備機械室

生機器	高置水槽	200	1	塔屋屋上
	揚水ポンプ	200	2	地下1階設備機械室
	排水ポンプ	200	2	地下1階設備機械室
	湧水ポンプ	200	2	地下1階設備機械室
	消火栓ポンプ	200	1	地下1階設備機械室
	消火用高置水槽	200	1	塔屋屋上
搬送設備	エレベーター	300	2	B1F~7F



図 3.1.5.4-1 サンプル建物基準階平面図

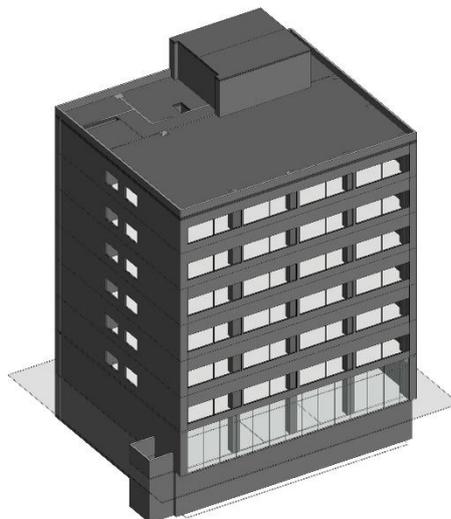


図 3.1.5.4-2 サンプル建物パース

(2) 設備を入れ込んだ BIM モデルの作成

設備を入れ込んだ BIM モデルの全体像を図 3.1.5.4-3,4,5 に示す。

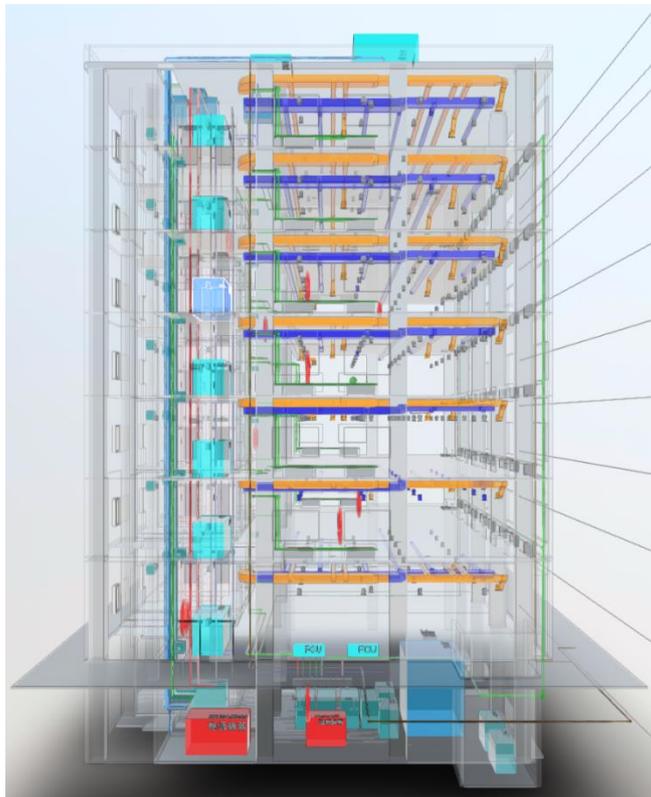


図 3.1.5.4-3 サンプル建物西側パース

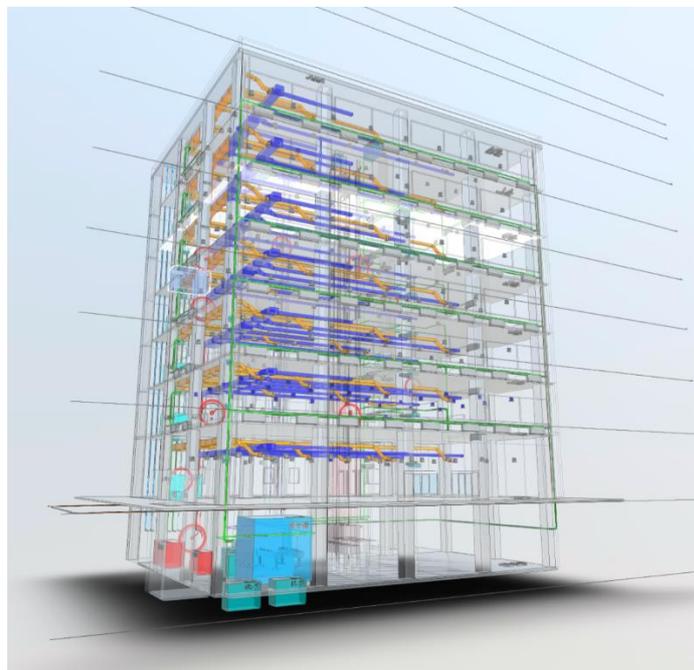


図 3.1.5.4-4 南西側パース

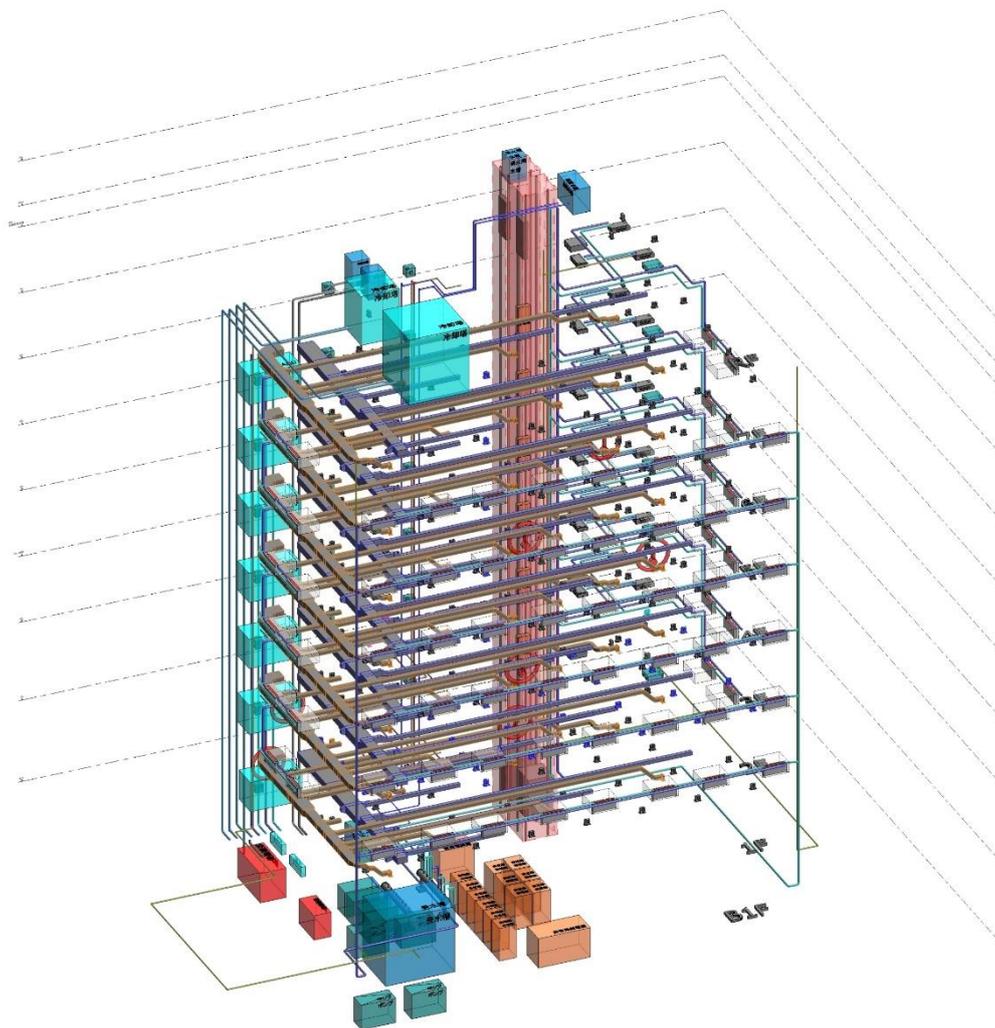


図 3.1.5.4-5 設備のみのパース

### ①給排水・衛生設備

給排水衛生設備を表現したものを図 3.1.5.4-6 に示す。受水槽やポンプなどは、作成したファミリーを設備機器の設置される場所に配置した。受水槽やポンプのある地下一階から PS を通って、屋上の水槽とつながっている様子を読み取れる。配管は大まかなルートを表示している。黄色の配管が排水管を表しているが、排水ピットや屋外ますへの経路を表示している。

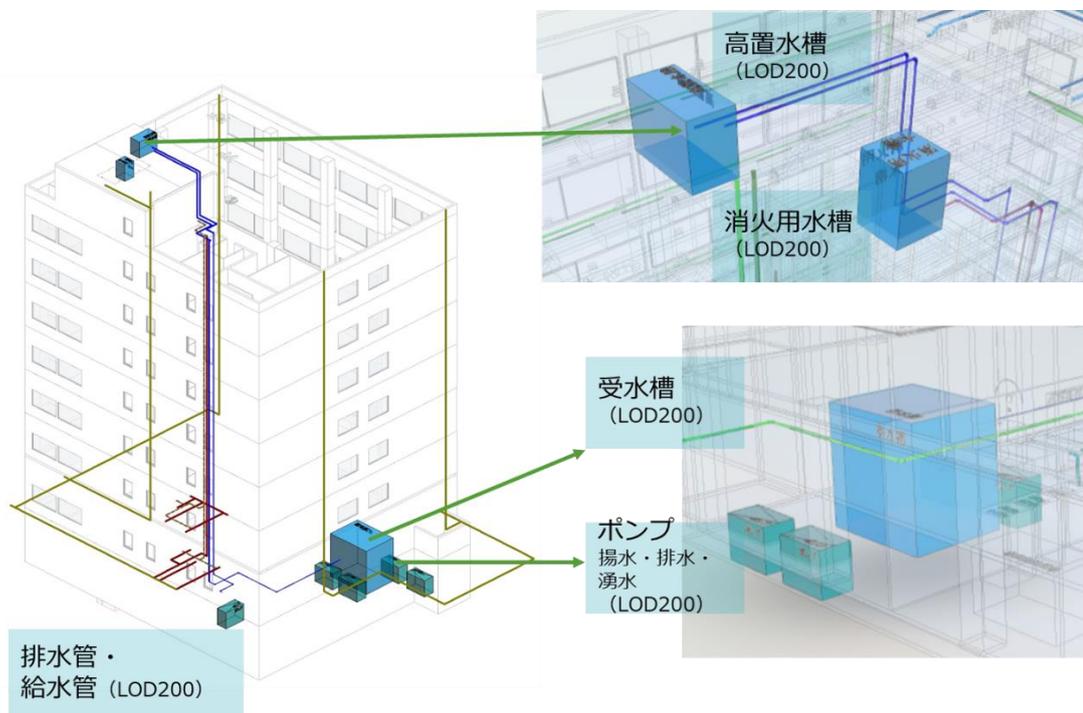


図 3.1.5.4-6 給排水・衛生設備 BIM モデルの様子

## ②空調・換気設備

空調・換気設備の BIM のモデル化の様子を図 3.1.5.4-7,8 に示す。設備機器はそれぞれ作成したファミリーを配置した。熱源機器と空調機が縦管でつながり、屋上の冷却塔まで伸びていることがわかる。FCU と配管が横引き管でつながっている様子もわかる。また、各階に設置した空調機からダクトが伸びている様子もわかる。配管は縦配管をモデル化し、横引き配管は大まかなルートを示した。エルボや弁、継ぎ手等は表現しない、あるいは簡略化した。ダクトの配管と同様であるが、視認性を考慮して、すべてのダクトのルートを表示するわけではなく、主管となるダクトを表示し、吹込口や吹出口といった制気口までの枝管は表現しないこととした。また、会議室やリフレッシュコーナー、EV ホール等の全熱交換器に接続したダクトは長さが短いため表現せず、制気口の場所でルートを確認することとした。

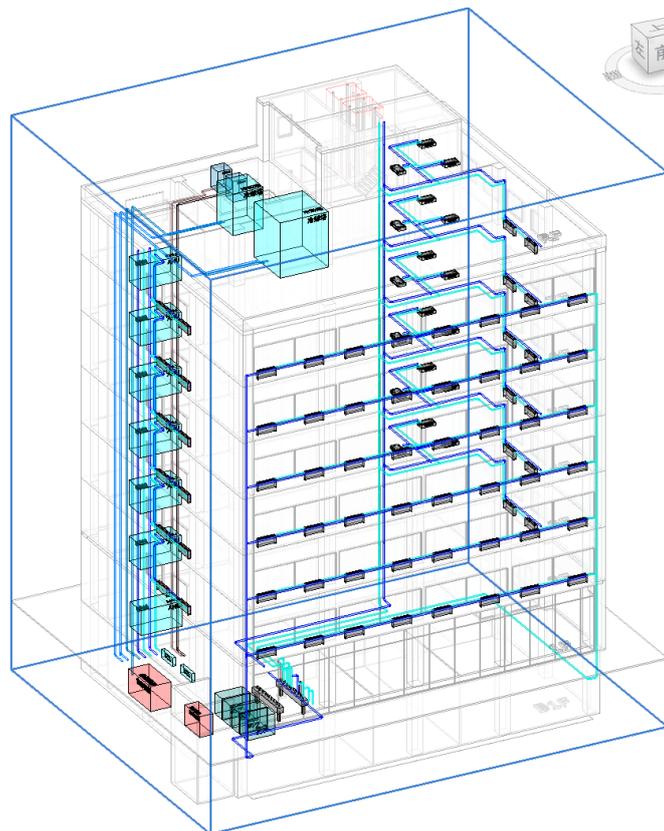


図 3.1.5.4-7 空調・換気設備 BIM モデルの様子

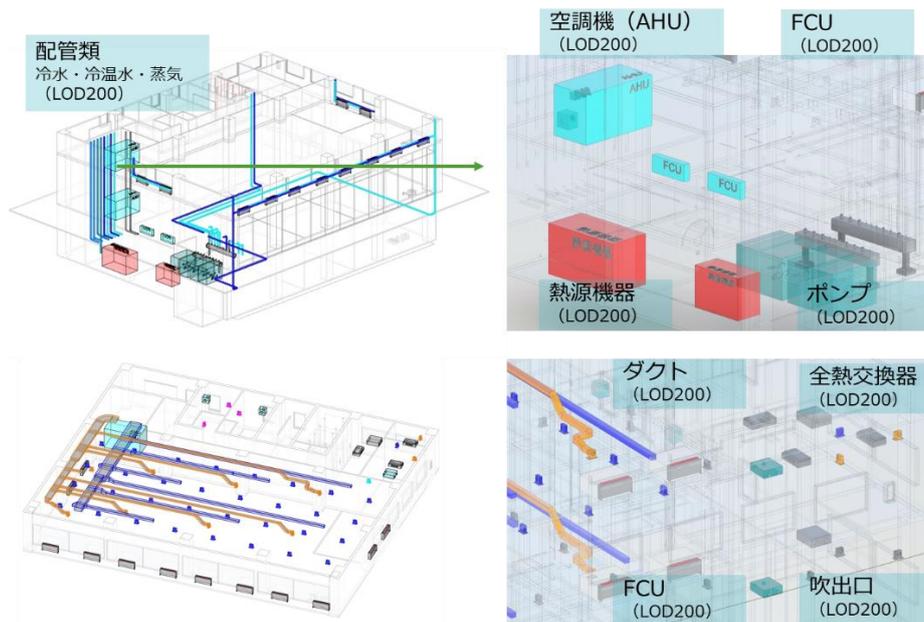


図 3.1.5.4-8 空調・換気設備 BIM モデルの様子

③電気設備、搬送設備、メーター・計器類

図 3.1.5.4-9 に電気設備と搬送設備、メーター・計器類を BIM モデルに配置した様子を示す。電気設備は地下 1 階と分電盤をつなぐケーブルラックは、日常の維持管理において作業することは少ないとして、表現しないこととした。

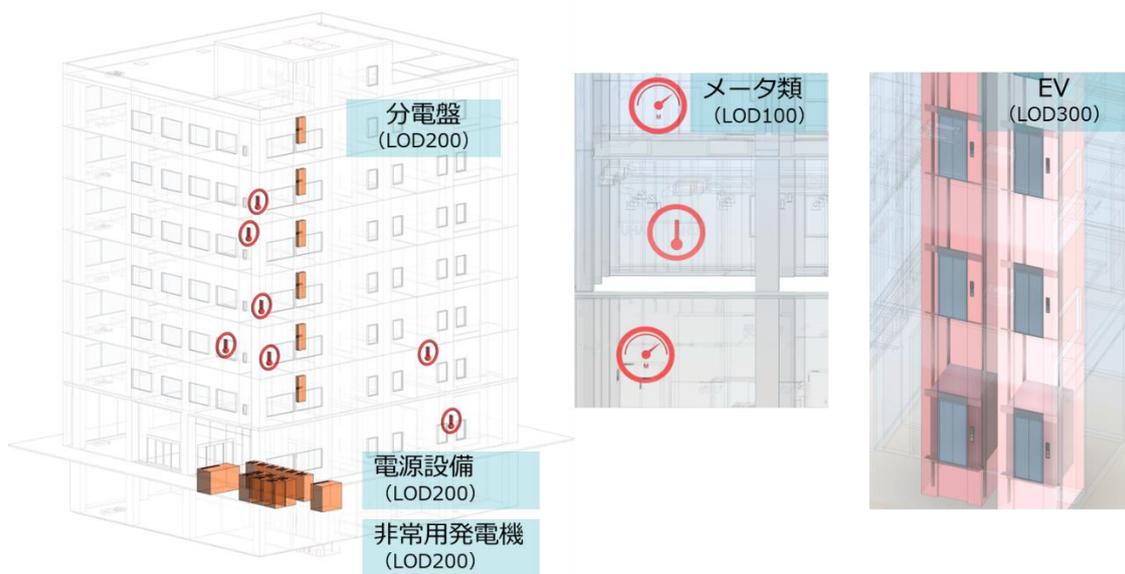


図 3.1.5.4-9 電気設備、搬送設備、メーター・計器類 BIM モデルの様子

### 3.1.6 作成した BIM モデルの評価

前章の作成したモデルを管理会社の方に、モデリングの LOD が適切であるか評価していただいた。以下その知見を示す。

#### (1) 設備区分に限らず、配管、ダクトに関して、

配管、ダクトのルートはわかるほうが良い（特に天井裏、床下等）。天井裏覗いたら、なんのダクトか判別つかないときもある。弁類は見に行けばわかるので、必要ないが、配管、ダクトは図面を見なければわからない。それが表現されるとよい。実際の作業を行う際は、かなり細かい情報がわかったほうが良い（場所やルート）。粗いモデルだと結局、図面を見返す必要がある。資産管理上（機器登録）ではそこまで細かいモデルは必要ない。なので、ズームすると細かいところが映るような機能ができればよい。

#### (2) 更新済み箇所、未更新箇所の表示

更新済みのところ、未更新のところの色分け機能があると良い。そのような入力項目があってもよい。

### 各論

#### (3) 排水管に関して

高層部は横引き管は殆どないが、低層部は排水ピットに落ちるまでのルートが表現されていると良い。

#### (4) 電気設備に関して

電源設備（コンデンサ、変圧器等）は表現されてると良い。部屋においてある感じがわかるとよい。（熱源設備も同様）ケーブルはあまり、管理上いじることはない。分電盤程度あれば良い。

#### (5) 同一部屋内に複数あり、判別が難しい設備

照明設備について、不具合があったときどの器具だったか平面図で丸をつけて、添付するので、そこが登録できると設備管理上は便利である。しかし、それで見づらくなったり、モデル作成が煩雑になったりするなら、画像を添付するなどでも良い（照明配置図）。（自動火災報知、誘導灯、スプリンクラーのヘッドなども同様）

#### (6) 防災設備に関して

排煙機と排煙ダンパーはできればあるとよい。屋内消火栓はコアにあり、機器数も少ないので、LOD200 くらいあればよい。その他ポンプ類もシンボルがあれば。連結散水設備、連結送水管もあればわかりやすい。

情報設備に関しては、設備センターで取り扱っていないので、詳しいこと言えない。メーターと空調機だけが表現されたものでは、そんなに使いそうな感じがしなかった。今回の程度、BIM 上で表現されると使いやすそうな印象を受けたとのこと。

## 3.2 維持管理に必要な BIM モデルの作成“Information”

### 3.2.1 業務日報を用いた必要な情報の抽出

管理会社の FM ソフト (MOSS) から維持管理業務において、必要な情報を抽出する。以下に FM ソフトに入力される項目を示す。

10) の対応内容は、自由記述であるため、その記述の内容から項目を抽出した。これらの記述は、各設備や部屋に連携され、BIM モデル上に属性情報として表現されることを考える。

- 1). 日付
- 2). 時間
- 3). 対応者
- 4). 業務区分 (A)
  - (a) 設備管理業務
  - (b) 設備機器保守作業
  - (c) 設備機器修繕整備 管理実費甲作業
  - (d) 管理全般 乙作業 (契約/工事)
  - (e) 管球交換
  - (f) 特記連絡事項
  - (g) KYK\_危険予知
  - (h) TBM\_管理委託業務実施にて特に注意する項目
- 5). 業務区分 (B)
  - (a) 日常点検業務
  - (b) 定期点検業務
  - (c) テナント関係業務
  - (d) 各センター関係連携業務
- 6). 設備区分  
衛生、空調、電気等
- 7). 事案発生
  - (a) 事務所テナント関係
  - (b) 商業テナント関係
  - (c) 共用部関係
  - (d) エレベータ・エスカレーター関係
  - (e) 防災・火報関係
- 8). ロケーション No. (場所)
- 9). ロケーションまたは作業名
- 10). 対応内容 (自由記述)
  - (a) 作業内容

例：トイレ巡視点検、中間水槽外観点検、ゴンドラ定期点検、みずほ銀行様 FC  
フィルター清掃 等

(b) 場所

例：T棟 52～48・45・41～28F 2ゾーン、マニユライフ生命保険様

(c) 作業の結果

例：不具合 1 件、他異常なし

(d) 機器番号

例：A-2-AC-04, T-B1-AHU-07

(e) 不具合の内容

[2020-0212-02]のように事案に番号が振られている。また、過去の事案についての修理の場合、(2/12 日誌記載の件)と書く。異常が複数ある場合は①、②、と列挙する。

例：T棟 48F2 ゾーン男子トイレ洗面台（右側、3 台中 1 台）、トラップと排水管との接合部より漏れを確認

(f) 処置の内容

【確認】【処置】【依頼】【原因】【備考】に分かれる。【依頼】に協力会社とその来館時期が加えられる。【備考】には、前点検時の状態や部品を交換した時期、関係者への連携・周知・提案等の情報が書かれている。

例：

【確認】エラー表示 E6 点滅状態。熱湯、混合水栓のお湯がでないことを確認しました

【処置】過昇温検出（沸かし上げ異常）リセットボタンにて復旧し、お湯が出ることを確認

【依頼】協力会社（日本イトミック）に点検依頼しました[2020-0522-01]。5/23 来館予定

【備考】5/1 設備点検時異常なし。清掃センターへ連携しました。

【原因】消毒（除菌）作業で噴霧したことが原因。

(g) その他

「突発作業」、「継続作業」、「計画通り進行中」、「予定通り終了しました」、「甲分」、「乙分」

11). 協力会社人数

12). 消耗品管理

(a) 部品番号

(b) 現在庫

(c) 安全在庫

- 13). 関連機器
- 14). 作業進行  
完了 or 継続前回からの進展
- 15). コミュニケーションボード

### 3.2.2 BIM モデルと連携する入力フォーマットの作成

前章で抽出した項目は、全て入力フォーマットとして入れ込むこととする。これら入力フォームにおいて、10) 対応内容は自由記述であり、記入内容が記入者により若干揺らぐことが見られた。実務でも、記入内容が統一・標準化されることは、業務効率化につながり、また、蓄積されたデータを使う際にも、分析がしやすいということが考えられる。そのため、実際にした作業内容を統一するマスターを制作することを考える。もちろん、すべての作業を網羅したマスターを作成することは難しいので、できない部分はコミュニケーションボードで補完することを考える。

ここでは、空調機と FCU を例に、作業内容のマスターを作成する。

#### 3.2.2.1 作業内容マスターの作成

##### (1) 空調機 (AHU)

まず、業務日報の履歴 (2013~2020 年) から、「AHU の機器番号が特定できる記述」を抽出した。件数は 7,052 件であった。次に、対応内容の記述を部位や作業内容により簡素化する。以下に例を示す。実務上は、簡素化する際に、省略された情報は、前章の抽出した項目で保管できるものは対応し、それでもできないものは、コミュニケーションボードに追記するかたちとなる。

元の記述	簡素化した記述
空調機ベアリング交換(A-4-AHU-1-1・2 文化財団様区分)。 予定通り終了しました。	→ ベアリング交換
ビルコン監視中に T-B1-AHU-07(防災センター控室)暖房の効きが悪い事を確認しました。 【確認】 蒸気還り管の詰りが原因と考えられます。 【業者手配】 協力会社(空調保全工業)へ修理依頼しました。[TH27-0130-01]	→ 蒸気配管詰まり
空調機(T-17-AHU-01)蒸気加熱配管漏水補修作業(突発修理 3/9 日誌記載の件)[2020-0309-03]。 予定通り終了しました。	→ 蒸気配管漏水修理

ビルコンにて T-8-AHU-02 漏水警報発報しました。

【確認】 T-8-AHU-02 インテリア側 蒸気加熱配管 二方弁一次側エルボ部よりピンホールを確認しました。

【処置】 協力会社(エアアンドウォーター) → 蒸気配管ピンホールにて応急処置実施。現在運転に支障無し。配管交換作業は 3/5 に実施予定。

【依頼】 協力会社(エアアンドウォーター)へ修理依頼[2020-0304-01]。

【備考】 2/11 設備点検時異常無し。

空調自動制御点検(T-B1-AC-04,T-B4-AHU-01・02)。異常無し。 → 自動制御点検

8年分の履歴において、簡素化する作業を行った結果を表 3.2.2.1-1 に示す。全 324 個の記述に簡素化することができた。表 3.2.2.1-2 に件数が多いものを抽出した。自動制御点検、空調内部漏水対策保温材補修、ベアリング交換、内部洗浄、インバータ交換、フィルター交換、電磁接触器交換等が上位に上がった。

表 3.2.2.1-1 AHU 簡素化した記述と件数

	簡素化した記述内容	件数
1	CO2 センサー不良	5
2	CO2 センサ校正	2
3	CO2 濃度高い(1000ppm 超)	4
4	CO2 濃度発信器更新	1
5	CO2 濃度発信器取付器具交換	2
6	CO2 発信器調整	195
7	COS 故障警報発報	2
8	OA ダクト劣化	1
9	RA・VD 調整	1
10	RA ダクト清掃	3
11	VAV 修理	12
12	V ベルト亀裂	10
13	V ベルト交換	17
14	V ベルト劣化	10
15	Y ストレーナピンホール	1
16	Y ストレーナ漏れ	2
17	アクチュエータ不良	4
18	インバータから異音	1
19	インバータ故障警報	11
20	インバータ交換	298
21	インバータ電流表示不良	1
22	ウォーターベスト弁交換	165
23	ウォーターベスト弁不良	12
24	ケーシング・ベアリング交換	2
25	ケーシングより異音	1
26	ケーシングより結露	110

27	ケーシングより漏れ	25
28	ケーシング漏水修理	1
29	コイルピンホール	8
30	コイル洗浄	1
31	コマンド不一致警報発報	1
32	サーマルリレートリップ	1
33	シャフトより異音	2
34	シャフト交換	1
35	シロッコファン更新	1
36	シロッコファン破損	1
37	センサー交換	1
38	センサー不良	3
39	ダクトより異音	2
40	ダクト交換	1
41	ダクト清掃	28
42	ダンパー固着	1
43	ダンパー操作器交換	22
44	チャッキ弁交換	1
45	トラップ・チャッキ不良	1
46	トラップ詰まり	1
47	トラップ動作不良	2
48	ドレンパンより結露	2
49	ドレンパン詰まり	1
50	ドレンパン修理	1
51	ドレン管の位置調整	3
52	ドレン排水管漏れ	2
53	ドレン排水口目皿汚れ	15
54	ドレン配管詰まり	13
55	ドレン配管交換	2
56	ドレン配管取付作業	1
57	ドレン配管修理	2
58	ドレン配管清掃	3
59	ドレン配管洗浄	21
60	ドレン配管脱落	1
61	ドレン配管排水不良	2
62	ドレン配管保温材補修	1
63	ドレン配管劣化	1
64	ファン・ケーシング交換	1
65	ファンインバータ交換	3
66	ファンケーシング破損	1
67	ファンプーリー交換	1
68	ファンベアリング異音	1
69	ファンランナー・シャフト交換	11
70	ファンローター交換	1
71	フィルター交換	223
72	フィルター清掃	6
73	フィルター設置枠が破損	2
74	プーリー・Vベルト交換、ファンランナー洗浄・塗装	1
75	プーリーの摩耗	1
76	プーリー交換	1
77	ベアリングより異音	6
78	ベアリング交換	430
79	ポテンションメータ交換	4
80	マグネットスイッチ交換	23
81	マグネットスイッチ動作不良	43
82	モーター交換	1
83	レタンダクト吸込み口網詰まり	1

84	異音	3
85	異臭	41
86	運転状況確認	1
87	運転停止	1
88	温水制御弁交換	1
89	温水二方弁より異音	1
90	温水二方弁リークを発見	2
91	温水弁交換	1
92	温水弁漏れ	1
93	温度スイッチ不良	1
94	温度計動作不良	1
95	温度上限警報	2
96	温度設定変更	15
97	加湿アクチュエータ動作不良	1
98	加湿ノズル・トラップ・Yストレーナ等清掃	19
99	加湿ノズルピンホール	1
100	加湿ノズル詰まり	13
101	加湿ノズル及びYストレーナ清掃	95
102	加湿ノズル清掃	63
103	加湿ノズル漏れ	3
104	加湿器シリンダー交換	12
105	加湿器温度スイッチ交換	9
106	加湿器整備	8
107	加湿器用ユニオンエルボ交換	1
108	加湿遮断弁ピンホール	12
109	加湿遮断弁詰まり	4
110	加湿遮断弁固着	12
111	加湿遮断弁交換	9
112	加湿遮断弁動作不良	8
113	加湿遮断弁劣化	1
114	加湿遮断弁漏れ	51
115	加湿遮断弁漏れ修理	1
116	加湿制御弁詰まり	3
117	加湿制御弁交換	6
118	加湿制御弁漏れ	1
119	加湿二方弁ピンホール	5
120	加湿二方弁詰まり	22
121	加湿二方弁詰まり修理	1
122	加湿二方弁固着	2
123	加湿二方弁交換	10
124	加湿二方弁洗浄	1
125	加湿二方弁劣化	9
126	加湿二方弁漏れ	28
127	加湿弁動作不良	1
128	加熱コイルピンホール	20
129	加熱コイルピンホール修理	8
130	加熱コイル詰まり	2
131	加熱コイル交換	2
132	加熱コイル漏れ	4
133	加熱制御弁詰まり	2
134	加熱制御弁固着	1
135	加熱制御弁漏れ	6
136	加熱二方弁ピンホール	29
137	加熱二方弁詰まり	73
138	加熱二方弁交換	1
139	加熱二方弁動作不良	5
140	加熱二方弁配管修理	1

141	加熱二方弁劣化	1
142	加熱二方弁漏れ	72
143	加熱二方弁漏水修理	1
144	加熱配管トラップ交換	2
145	加熱弁交換	1
146	加熱弁洗浄	1
147	加熱弁漏れ	1
148	外気ダクト清掃	1
149	外気ダンパー固着	10
150	外気ダンパー修理	2
151	外気ダンパー整備	43
152	外気ダンパー操作器交換	6
153	外気ダンパー動作不良	4
154	給気ダクト結露	6
155	給気ダクト清掃	1
156	給気ダクト断熱材取付	1
157	給気ダクト漏れ	1
158	給気ファントリップ	1
159	給気ファンより異音	2
160	給気ファン電流計交換	1
161	給気ファン電流計不良	1
162	給水電磁弁交換	2
163	強風	1
164	空気環境測定	95
165	空調機械室部品交換	2
166	空調機内部配管補強作業箇所漏水修理	2
167	空調機内部漏水対策保温材補修	472
168	空調機内部漏水保温材補修	17
169	空調機配管調査	3
170	空調機保温材修理作業	11
171	空調制御機器(IRC)動作不良	1
172	計装機器整備	1
173	結露	7
174	検知器故障による誤検知	1
175	元バルブ固着	1
176	効いていない	1
177	自動制御コントローラ交換	72
178	自動制御コントローラ動作不良	1
179	自動制御リモートユニットバッテリー交換	1
180	自動制御機器(IDC)動作不良	26
181	自動制御機器(IRCM)動作不良	1
182	自動制御機器交換	1
183	自動制御機器更新	4
184	自動制御点検	995
185	自動制御弁アクチュエータ交換	68
186	自動制御弁交換	4
187	湿度センサー交換	2
188	湿度センサー不良	2
189	湿度下限警報	1
190	湿度上限警報	1
191	遮断弁交換	3
192	蒸気コイルピンホール	1
193	蒸気コイルピンホール修理	10
194	蒸気コイル交換	3
195	蒸気サイホン管交換	1
196	蒸気サイホン管劣化	1
197	蒸気トラップピンホール	1

198	蒸気トラップ詰まり	3
199	蒸気トラップ固着	12
200	蒸気トラップ固着修理	1
201	蒸気トラップ交換	36
202	蒸気トラップ動作不良	7
203	蒸気トラップ漏れ	3
204	蒸気メータ漏れ	2
205	蒸気圧力計サイホン管ピンホール	5
206	蒸気圧力計サイホン管詰まり	7
207	蒸気圧力計サイホン管交換	3
208	蒸気圧力計サイホン管漏れ	1
209	蒸気圧力計ピンホール	2
210	蒸気圧力計交換	2
211	蒸気圧力計動作不良	37
212	蒸気圧力計劣化	2
213	蒸気圧力計漏れ	23
214	蒸気遮断弁固着	1
215	蒸気遮断弁設置	12
216	蒸気制御弁交換	189
217	蒸気二方弁詰まり	2
218	蒸気二方弁交換	1
219	蒸気二方弁漏れ	1
220	蒸気配管ピンホール	92
221	蒸気配管より異音	1
222	蒸気配管より漏れ	2
223	蒸気配管緩み	1
224	蒸気配管詰まり	116
225	蒸気配管詰まり修理	124
226	蒸気配管交換	86
227	蒸気配管交換作業	2
228	蒸気配管工事	2
229	蒸気配管修理	139
230	蒸気配管洗浄	14
231	蒸気配管動作不良	1
232	蒸気配管劣化	2
233	蒸気配管漏れ	143
234	蒸気配管漏水修理	131
235	蒸気発生器シリンダー劣化	3
236	蒸気発生器動作不良	1
237	蒸気弁ピンホール	2
238	蒸気弁詰まり	1
239	蒸気弁固着	1
240	蒸気弁交換	28
241	蒸気弁動作不良	1
242	蒸気弁漏れ	13
243	蒸気流量計漏れ	3
244	蒸気漏水修理	1
245	制御機器動作不良	2
246	制御系(24V)ヒューズ切れている	1
247	制御弁アクチュエータ交換	77
248	制御弁詰まり	2
249	制御弁交換	40
250	制御弁洗浄	2
251	制御用リアクトル交換	1
252	全熱交換器ギアモーター交換	2
253	全熱交換器整備	12
254	全熱交換器部品交換	6

255	中央監視盤にて COS 故障が発報	1
256	通気管接続部が腐食	1
257	通気管腐食箇所より結露水が少量漏れ	1
258	停止ランプ動作不良	1
259	停止作業	1
260	電磁開閉器現場調査	1
261	電磁開閉器交換	1
262	電磁接触器交換	219
263	電磁接触器動作不良	2
264	電流計交換	10
265	電流計不良	8
266	内部蒸気配管補強作業	112
267	内部洗浄	366
268	内部塗装	189
269	内部配管補強作業	123
270	内部保温材修理	1
271	内部保温材劣化	1
272	内部漏水対策保温材補修	4
273	二方弁ピンホール	1
274	二方弁詰まり	1
275	二方弁修理	1
276	排気 COS 交換	1
277	排気ダンパー整備	1
278	排気ファンインバータ動作不良	3
279	排気ファンより異音	1
280	排気ファン手元スイッチの不良	1
281	排気ファン電流計動作不良	3
282	排気ファン動作不良	1
283	排気ファン配線調査	1
284	配管詰まり修理	1
285	配管修理	4
286	扉ドアハンドル不良	1
287	風量測定口取り付け	1
288	分解洗浄	18
289	弁より異音	1
290	弁交換	5
291	保温材の劣化	2
292	保温材補修	1
293	保温材劣化	3
294	保温材漏れ	1
295	補助リレー不良	1
296	防火ダンパー閉鎖警報	1
297	流量計交換	5
298	流量計配管劣化	1
299	冷却コイルのフィンの汚れ	4
300	冷水・温水・加湿制御がエラー表示	1
301	冷水圧力計動作不良	1
302	冷水温度計不良	3
303	冷水温度計劣化	2
304	冷水制御弁交換	3
305	冷水二方弁動作不良	4
306	冷水二方弁補修	2
307	冷水二方弁漏れ	1
308	冷水配管温度計劣化	1
309	冷水配管結露	3
310	冷水配管保温材交換	17
311	冷水配管保温材修理	5

312	冷水配管保温材補修	6
313	冷水配管保温材劣化	12
314	冷水配管漏れ	2
315	冷水弁アクチュエータ動作不良	2
316	冷水弁固着	5
317	冷水弁交換	1
318	冷水弁動作不良	1
319	冷水弁漏れ	1
320	漏水警報	10
321	漏水検知器・検知帯交換	5
322	漏水検知器・漏水帯交換	25
323	漏水検知器劣化	2
324	埃っぽい	1

表 3.2.2.1-2 頻度上位の AHU 簡素化した記述

作業内容	件数
自動制御点検	995
空調機内部漏水対策保温材補修	472
ベアリング交換	430
内部洗浄	366
インバータ交換	298
フィルター交換	223
電磁接触器交換	219
CO2 発信器調整	195
蒸気制御弁交換	189
内部塗装	189
ウォーターベスト弁交換	165
蒸気配管漏れ	143
蒸気配管修理	139
蒸気配管漏水修理	131
蒸気配管詰まり修理	124
内部配管補強作業	123
蒸気配管詰まり	116
内部蒸気配管補強作業	112
ケーシングより結露	110
加湿ノズル及びYストレーナ清掃	95
空気環境測定	95
蒸気配管ピンホール	92
蒸気配管交換	86

次に、簡素化した記述をさらに部位と作業内容と故障モードに分解する。それぞれの結果を表 3.2.2.1-3 に示す。これらの部位を社団法人日本冷凍空調工業会の「空気調和器（エアハンドリングユニット ファンコイルユニット）を長く安心してお使いいただくために」[53]の空気調和機の主な部品の保守・点検ガイドラインを参考に、ガイドライン記載部位と合わせる。その結果を表 3.2.2.1-4 に示す。これらの部品は、予め入力フォーマットのプルダウンとして用意しておくことを提案する。

表 3.2.2.1-3 AHU 分解した簡素化した記述の結果

部位	作業内容	故障モード
CO2 センサ	修理	劣化
CO2 濃度発信器	洗浄	漏れ
OA ダクト	清掃	詰まり
RA ダクト	交換	固着
VAV	更新	異音
V ベルト	温度設定変更	異臭
Y ストレーナ	点検	警報発報
インバータ		ピンホール
ウォーターベスト弁		動作不良
ケーシング		汚れ
ベアリング		破損
コイル		結露
シャフト		効かない
シロッコファン		
センサー		
ダクト		
トラップ		
ダンパー		
ドレン配管		
ドレンパン		
プーリー		
フィルター		
電磁開閉器		
ポテンションメータ		
温水二方弁		
温度スイッチ		

加湿ノズル		
加湿アクチュエータ		
加湿二方弁		
加湿遮断弁		
加熱コイル		
加熱制御弁		
加熱二方弁		
蒸気配管		
給気ダクト		
内部配管		
保温材		
自動制御機器		
蒸気コイル		
蒸気圧力計		
蒸気弁		
全熱交換器		
排気ダンパー		
流量計		
冷水配管		
冷水弁		
漏水検知器・検知帯		

表 3.2.2.1-4 AHU 部位マスター

部品区分	部品	
送風機	ファンロータ	
	ファンケーシング	
	シャフト	
	カップリング	
	プーリ	
	Vベルト	
	ベルトガード	
	ベアリング	
	風量調節機構	VAV
	防振装置およびキャンバスダクト	

熱交換器	コイル	
	電気ヒータ	
	凍結防止ヒータ	
ケーシング	外装板	
	ドレンパン	ドレン配管
	防振装置	吸振体
		キャンバスダクト
電気電子部品	動力制御盤、インバータ盤	冷却ファン
		開閉器類
		ヒューズ
		制御箱
		操作盤
		温度スイッチ
		インバータ
	自動制御盤	自動制御コントローラ 自動制御機器 (IDC、 IRCM)
	電動式ダンパー	排気ダンパー 外気ダンパー
	センサー類	CO2 センサ 温度センサー 湿度センサー 漏水検知器・検知帯
	差圧計	
	差圧 SW	
	温度計	
	流量計	
	電流計	
マリンランプ		
機内配線		
配管弁類	機内配管	
	手動操作弁等	
	電動弁等	ウォーターベスト弁 温水二方弁 加湿遮断弁

		加湿二方弁 加熱制御弁 加熱二方弁
加湿器	加圧ポンプ式	電動ポンプ
		電磁弁
		ノズル
		圧力計
		ストレーナ
	気化式	加湿エレメント
		電磁弁
		給水ノズル
		ストレーナ
	蒸気加湿器	
電極式蒸気発生器、電熱式蒸気発生器		
空気ろ過器	パネル型フィルタ	
	中性能、高性能フィルタ	
	自動巻き取り式フィルタ	
	電気集塵機	
表示ラベル	銘板・銘板シール	
	注意ラベル	
ダクト	OA	
	RA	
	SA	
配管	蒸気配管	
	冷水配管	保温材 冷水弁

## (2) FCU

まず、業務日報の履歴（2013～2020年）から、「FCUの文字が含まれるもの」を抽出する。件数は1,594件である。以降のプロセスは空調機（AHU）と同様に行う。

表 3.2.2.1-5 に簡素化した記述とその件数を示す。全 116 件の記述に統一することができた。また、表 3.2.2.1-6 に件数の多い作業内容を抽出した。FCU フィルター清掃、FCU 点検、FCU フィルター交換、FCU 洗浄整備、ドレンパン排水不良等が上位に上がった。

表 3.2.2.1-5 FCU 簡素化した記述と件数

	簡素化した作業内容	件数
1	FCU フィルター詰まり	2
2	FCU フィルター交換	80
3	FCU フィルター清掃	459
4	FCU ボックス・計装機器交換	8
5	FCU より異音	5
6	FCU 工事	1
7	FCU 更新工事打ち合わせ	1
8	FCU 修理	1
9	FCU 制御機器交換	20
10	FCU 整備	7
11	FCU 清掃	3
12	FCU 設定器動作不良	4
13	FCU 設定器劣化	14
14	FCU 洗浄整備	66
15	FCU 操作ボタン劣化	3
16	FCU 点検	332
17	FCU 動作不良	1
18	FCU 風量不足	1
19	FCU 分解整備	4
20	FCU 分解洗浄整備	15
21	FCU 本体結露	1
22	FCU 本体漏れ	10
23	FCU 劣化調査	2
24	V ベルト亀裂	13
25	V ベルト交換	8
26	V ベルト劣化	9
27	Y ストレーナ清掃	1
28	クロスコネクション発生	1
29	シリンダー交換	8
30	ダクト緩み	1
31	ドレンパンより漏れ	3
32	ドレンパン清掃	4
33	ドレンパン排水不良	48
34	ドレンパン劣化	4
35	ドレン配管詰まり	18
36	ドレン配管修理	18
37	ドレン配管清掃	16
38	ドレン配管劣化	1
39	ドレン配管漏れ	2
40	ファン交換	1
41	プーリー交換	3
42	プーリー摩耗	5
43	ベアリングより異音	6

44	ベアリング異音	2
45	ベアリング交換	26
46	モーターより異音	10
47	モーター交換	14
48	モーター修理	1
49	モーター動作不良	5
50	圧縮機経年劣化	1
51	異臭	4
52	運転開始	3
53	運転停止	1
54	温水配管より異音	2
55	温水弁固着	4
56	温水弁交換	1
57	温水弁動作不良	7
58	温度設定変更	2
59	加湿ノズル詰まり	8
60	加湿ノズル清掃	4
61	加湿配管より異音	1
62	加湿配管詰まり	12
63	加湿配管清掃	1
64	加湿配管漏れ	1
65	加湿弁詰まり	5
66	加湿弁固着	4
67	加熱弁固着	1
68	加熱弁動作不良	2
69	加熱弁漏れ	1
70	詰まり	1
71	給気ダクト交換	2
72	給排気ファン整備	2
73	空調機加湿ノズル・Y ストレーナ・トラップ等清掃	12
74	空調機更新	1
75	空調機配管調査	1
76	空調制御機器（IDC）経年劣化	1
77	計量業務	1
78	結露	18
79	効きが悪い	8
80	蒸気トラップ詰まり	1
81	蒸気トラップ固着	9
82	蒸気トラップ交換	3
83	蒸気配管ピンホール	8
84	蒸気配管改修工事	1
85	蒸気配管詰まり	18
86	蒸気配管交換	1
87	蒸気配管修理	26
88	蒸気配管修理漏れ	1
89	蒸気配管洗浄	1
90	蒸気配管漏れ	11
91	蒸気弁詰まり	2
92	蒸気弁交換	10
93	蒸気弁動作不良	2
94	蒸気弁漏れ	3
95	調査	1
96	点検口動作不良	1
97	弁固着	1
98	保温材交換	4

99	保温材修理	25
100	保温材劣化	15
101	本体結露	1
102	本体交換	2
103	本体劣化	1
104	流量計交換	10
105	冷水配管結露	1
106	冷水配管修理	1
107	冷水配管動作不良	1
108	冷水配管漏れ	2
109	冷水弁固着	13
110	冷水弁交換	9
111	冷水弁修理	2
112	冷水弁動作不良	15
113	冷水弁漏れ	5
114	漏れ	1
115	漏れ試験	1
116	漏水検知帯・検知器設置	5

表 3.2.2.1-6 頻度上位の FCU 簡素化した記述

作業内容	件数
FCU フィルター清掃	459
FCU 点検	332
FCU フィルター交換	80
FCU 洗浄整備	66
ドレンパン排水不良	48
ベアリング交換	26
蒸気配管修理	26
保温材修理	25
FCU 制御機器交換	20
ドレン配管詰まり	18
ドレン配管修理	18
結露	18
蒸気配管詰まり	18

次に、簡素化した記述をさらに部位と作業内容と故障モードに分解する。それぞれの結果を表 3.2.2.1-7 に示す。これらの部位を社団法人日本冷凍空調工業会の「空気調和器（エアハンドリングユニット ファンコイルユニット）を長く安心してお使いいただくために」[53]のファンコイルユニットの主な部品の保守・点検ガイドラインを参考に、ガイドライン記載部位と合わせる。その結果を表 3.2.2.1-8 に示す。これらの部品は、予め入力フォーマットのプルダウンとして用意しておくことを提案する。

表 3.2.2.1-7 FCU 分解した簡素化した記述の結果

部位	作業内容	故障モード
フィルター	清掃	詰まり
ボックス	更新	異音
計装機器	工事	動作不良
制御機器	修理	劣化
設定器	整備	効かない
動作ボタン	洗浄	排水不良
V ベルト	調査	漏れ
ドレンパン	運転開始・停止	異臭
ドレン配管	計量業務	固着
ファン	点検	結露
プーリー		
ベアリング		
モータ		
温水配管		
温水弁		
加湿ノズル		
加湿配管		
加湿弁		
加熱弁		
給気ダクト		
給排気ファン		
Y ストレーナ		
空調制御機器 (IDC)		
蒸気トラップ		
蒸気配管		
蒸気弁		

保温材		
冷水配管		
冷水弁		
流量計		
点検口		

表 3.2.2.1-8 FCU 部位マスター

部品区分	部品	
送風機	モータ	
	ベアリング	
	プーリー	
	Vベルト	
	ファンロータ	
	ファンケーシング	
	電動機	
	コンデンサ	
熱交換器	コイル	
ケーシング類	外装板	
	ドレンパン	ドレン排水管
	吹き出しグリル	
操作スイッチ	自動制御機器	制御機器 設定器
	操作スイッチ	動作ボタン
	機内配線	
配管弁類	機内配管	
	手動操作弁、手動エア抜き弁等	
	電動弁等	温水弁 加湿弁 加熱弁
	ドレンポンプ	
空気ろ過器	サランネットフィルタ	
	パネル型フィルタ	
	中性能、高性能フィルタ	
表示ラベル	銘板・銘板シール	

	注意ラベル	
配管	蒸気配管	蒸気トラップ
	冷水配管	保温材 冷水弁
	温水配管	
加湿器	加湿ノズル	
	Y ストレーナ	
ダクト		

### 3.2.2.2 BIM 連携 Information と入力フォーマット

図 3.2.2.2-1 に BIM 連携する維持管理情報の項目を示す。これらは、既存の FM ソフトの項目に加え、対応内容の自由記述項目の内容を抽出し、作業内容マスター、部位マスター、故障区分マスターを加えた。これらは、設備機器ごとにマスターを用意しておくことが望ましい。また、次章の信頼性解析等の高度な分析をするのに必要な項目として、故障レベルと消耗品交換、前交換履歴、前作業コード等も加えた。前作業コードとは、故障作業では、経過観察や後日修理することが多いが、そのような作業同士を紐付けるためのコードである。このようにすることで、半自動的に設備機器の寿命予測が可能になる。信頼性解析の手法については、次章にて説明する。

日付	2022/10/22		
時間	12:00-15:30		
対応者	空調太郎		
場所	階 52F	ゾーン 7	空調機械室7
業務区分	事後		
設備区分	空調・換気設備		
事案発生有無	あり	故障レベル	A
故障モード	漏れ		
作業内容	点検 調査 修理		
機器番号	T-52-AHU-07	更新	未更新
部位名	配管弁類	電動弁等	加湿遮断弁
協力会社	〇〇株式会社2名		
消耗品・交換	加湿ノズル	前交換時期	2016/9/2
作業進行状況	継続	前作業コード	20221015ab
コミュニケーションボード	【確認】 T棟53F ACS3 蒸気還り配管より漏水した水が、下階へ滴下したものの。 【処置】 拭き取り実施し、漏水警報復旧。吸水シートを設置しました。		
関係者連携	清掃センターに連携		

図 3.2.2.2-1 入力フォーマットのイメージ

### 3.3 まとめ

本章では、建物 3D モデル (“Building”) の検討を行った。まず AIA の資料をもとに、建築設備の LOD の定義や解釈を整理し、それをもとに維持管理 LOD の定義を決定した。また、テキスト情報から BIM モデルを立ち上げた場合の LOD を検討し、日報 LOD の分析を行い、維持管理に求められる、設備の LOD を把握した。この日報 LOD や管理会社ヒアリングの知見を盛り込み、維持管理 LOD 策定ルールを作成した。また、そのルールを適用し、BIM 設備ファミリーおよび、サンプル建物での BIM モデルを作成した。作成した BIM モデルについて、管理会社の方に評価していただいた。

次に、属性情報 (“Information”) の検討を行った。既存の FM ソフトに存在する項目を抽出した。また、そのなかで「対応内容」は自由記述であったので、新たに作業内容マスターを作成し、入力項目の標準化をおこなった。

- ① LOD100 は、「空間モデル（部屋）の中にあるというテキストでの表現（属性情報）。空間モデル（部屋）の中に点やシンボルが存在する表現。幾何学的な表現はなされない。」  
LOD200 は「機器の大きさや数量、位置が大まかにわかる。機器個別のスペースの存在がわかる。」  
LOD300 は「機器の大きさや数量、位置が正確にわかる。その機器における部位が分かる。」  
LOD400 は「部位の詳細まで形状が分かり、配線や配管などより詳細な部位の情報を含む。」と整理した。

#### 日報 LOD の分析

- ② トラブル対応はほとんどの設備、BIM スペースで平均値 LOD300 近傍であった。トラブル比率が 50% 超えの給湯、水(熱)搬送、照明、通信・情報、発見・通報、建築内部であった。
- ③ 点検・予防で平均値 LOD300 近傍、かつ、トラブルの頻度が週 1 以上の設備は、水(熱)搬送、照明、搬送であった。
- ④ 点検・予防で平均値 LOD100 近傍、かつ、トラブルの頻度が週 1 以下の設備は、熱源、電源、消火であった。
- ⑤ BIM スペースで平均値 LOD300 近傍、かつ、トラブルの頻度が週 1 以上のスペースは縦シャフト、床下、天井裏であった。

維持管理 LOD ルール適用結果に関して、

- ⑥ 給排水・衛生設備は、受水槽やポンプ、配管に関しては、LOD200 という結果だった。一方、トイレ、トラップ等の衛生器具は LOD100 という結果となった。
- ⑦ 空調・換気設備では、空調機、FCU、配管、ダクト等ほとんどの設備で、LOD200 という結果になった。一方、熱源設備は、LOD100 という結果になった。
- ⑧ 電気設備では、ほとんどの設備が LOD100 であった。幹線設備、動力設備、避雷針 エスカレーターが LOD200 となり、エレベーターは唯一の LOD300 であった。
- ⑨ 防災設備では、ほとんどの設備で LOD100 であった。一方、自動火災報知、誘導灯、排煙設備は LOD200 であった。

BIM ファミリー、BIM モデルの作成

- ⑩ LOD200 は設備の概形や設備のスペースホルダーとして解釈する。したがって、LOD200 は設備に必要なスペースの大きさの四角い箱として表現する。配管、ダクト等は、継ぎ手や吊り部材、弁などは表現せず、シンプルな作りとする。
- ⑪ 熱源機器および電気機械室に置かれる主要な電源設備は LOD100 という結果であったが、大型であり、場所を把握することが重要であると考えられるため、LOD200 でモデル化した。
- ⑫ 搬送設備のエレベーターは LOD300 なので、ロープや操作スイッチ、かご等も表現してある。
- ⑬ メーターや計器類の場所はテナントに請求する料金やエネルギー管理と関係するため、不動産管理上、非常に重要である。そこで、LOD100 でシンボルとして表現することにした。

作成した BIM モデルの評価

- ⑭ 平面図等確認せずとも、設備の位置や配管・ダクトのルートがわかるのがよい。
- ⑮ 資産管理上は部位レベル（LOD300 以上）で情報を登録することは不必要で、LOD200 程度でよい

- ⑩ 更新済み、未更新部分が色分けされると良い。

#### Information の検討

- ⑪ FM ソフトにある項目を抽出した結果、15 項目抽出できた。これらは BIM に連携する情報とする。
- ⑫ 8 年分の履歴において、簡素化する作業を行った結果、全 324 個の記述に簡素化することができた。自動制御点検、保温材補修、ベアリング交換、内部洗浄等が上位に上がった。
- ⑬ 空調機を例に、作業内容マスターを作成した。その結果、部位は 47 部位、作業内容は 8 件、故障モードは 13 件に集約できた。
- ⑭ 入力フォーマットでは、既存の項目に加え、対応内容の自由記述項目の内容を抽出し、作業内容マスター、部位マスター、故障区分マスターを加えた。また、信頼性解析等の高度な分析をするのに必要な項目として、故障レベルと消耗品交換、前交換履歴、前作業コード等も加えた。



## 第4章 信頼性解析（蓄積されたデータの可視化・活用）

---

- 4.1 設備ごとの寿命曲線算出・研究背景
  - 4.1.1 信頼性解析手法
    - 4.1.1.1 打ち切りデータを考慮した最尤法（MLE）
    - 4.1.1.2 Kaplan-Meier 法
  - 4.1.2 業務日報から故障情報の集計
  - 4.1.3 分析条件
  - 4.1.4 信頼度・故障率の算出
    - 4.1.4.1 信頼性解析（故障モードを考慮しない）
    - 4.1.4.2 故障モードごとの信頼性解析
  - 4.1.5 考察
- 4.2 中長期保全計画への適用
  - 4.2.1 信頼性解析の結果を活用した立案方法の検討
  - 4.2.2 最適更新周期の推計結果
  - 4.2.3 考察
- 4.3 予知保全への展開
  - 4.3.1 部位（消耗品）の事案件数の経年分布
  - 4.3.2 故障モードごとの事案件数の経年分布
- 4.4 まとめ

## 第4章 信頼性解析（蓄積されたデータの可視化・活用）

### 4.1 設備ごとの寿命曲線算出・研究背景

日本では、建物の老朽化・長寿命化に加え、人口減少・少子高齢化により、優秀な管理技術者の確保が困難な状況にある。このような背景から、設備投資の最適化や維持管理業務の効率化が求められており、蓄積された工事・修繕履歴の分析・活用が期待されている。このような背景から、設備投資の最適化や維持管理業務の効率化が求められており、蓄積された建設・修繕の履歴を分析し、ファシリティマネジメントの意思決定に活用することが期待されている。そのため、設備に関わるあらゆる情報を一元的に管理する必要があり、そのための手法として BIM の活用が期待されている。

建物の劣化情報や工事情報などのメンテナンス記録を用いた解析として、設備の耐用年数や信頼性の推定、メンテナンス計画の最適化に関する研究が多くある[13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,38,39,40,41,42,49]。しかし、これらの解析の多くは、複数の建物で収集したデータを合算してサンプル数を確保し、故障モード等による詳細な解析ができないものである。1つの建物で大きなサンプル数を確保できた信頼性解析の事例は類をみない。大型施設であれば、同じ建物で、環境条件・保全条件がそろい、かつ、サンプル数を確保できるので、より正確な分析ができると思われる。

そこで、本研究では、1棟の既存の大型施設における空調機の故障モード毎の信頼性・故障率の推定方法を示すことを目的とする。

#### 4.1.1 信頼性解析手法

本研究では、空調機を対象に、部位・機器ごとの信頼性と故障率の推定を行った。信頼性の推定には、故障寿命分布を仮定し、そのパラメータを部位・機器ごとに推定するパラメトリック法と、確率分布を仮定せず信頼性を計算するノンパラメトリック法がある。一般に、分布がある程度特定できる場合、パラメトリック法は推定結果の検出力が強いと言われている。パラメトリック法には最尤法、ノンパラメトリック法には累積ハザード法、Kaplan-Meier 法などがある。本研究では、ランダム打ち切りデータを扱うため、最尤法と Kaplan-Meier 法を用いて分析・比較することにする。

#### 4.1.1.1 打ち切りデータを考慮した最尤法 (MLE)

$(t_1, t_2, \dots, t_n)$  は故障時間データとする。 $(u_{n+1}, u_{n+2}, \dots, u_{n+r})$  は打ち切りデータである。 $(t_{n+1}, t_{n+2}, \dots, t_{n+r})$  は観測されない完全データであり、 $j = 1, 2, \dots, r$  のとき  $u_{n+j} < t_{n+j}$  となる。以後、 $u_{n+j}$  を  $u_j$  と表記する。打ち切りデータを考慮した最尤法における尤度関数は(1)式に示す通りである。故障分布はワイブル分布、正規分布、対数正規分布とし、モデル選択はAIC (Akaike's Information Criterion)で行う。また、故障率の算出には式(2)を用いる。以下、MLE という。(Maximum Likelihood Estimator)という。

$$L(t, u) = \frac{(n+r)!}{r!} \prod_{i=1}^n f(t_i) \prod_{j=1}^r R(u_j) \quad (1)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2)$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (3)$$

$$\left( \begin{array}{l} f(t) : \text{probability density function} \\ R(t) : \text{Reliability function} \\ \lambda(t) : \text{failure rate} \end{array} \right)$$

*Weibull distribution :*

$$f(t) = \frac{m}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{m-1} \exp\left\{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m\right\}$$

$$(t > 0, m > 0, \eta > 0)$$

$$\left( \begin{array}{l} m : \text{shape parameter} \\ \eta : \text{scale parameter} \end{array} \right)$$

*Normal distribution :*

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\}$$

*Lognormal distribution :*

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma t} \exp\left\{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\}$$

#### 4.1.1.2 Kaplan-Meier 法

Kaplan-Meier 法は、 $j$ 回目の故障時刻  $t_j$  と  $j+1$  回目の故障時刻  $t_{j+1}$  の直前までの区間  $[t_j, t_{j+1}]$  で推定量を与える。故障時刻  $t_j$  での信頼性は、次式で与えられる。

$$R(t_j) = \prod_{i=1}^j \left(1 - \frac{d_i}{N_i}\right) \quad (4)$$

$$N_i = N_{i-1} - d_{i-1} - u_{i-1} \quad (5)$$

$$\left( \begin{array}{l} N_i: \text{Number of remaining units immediately before } t_i \\ t_i: \text{Individual failure and ascending order} \\ \quad \text{at the time of termination} \\ u_i: \text{Censored number at } t_i - t_{i-1} \\ d_i: \text{Number of failures at } t_i \end{array} \right)$$

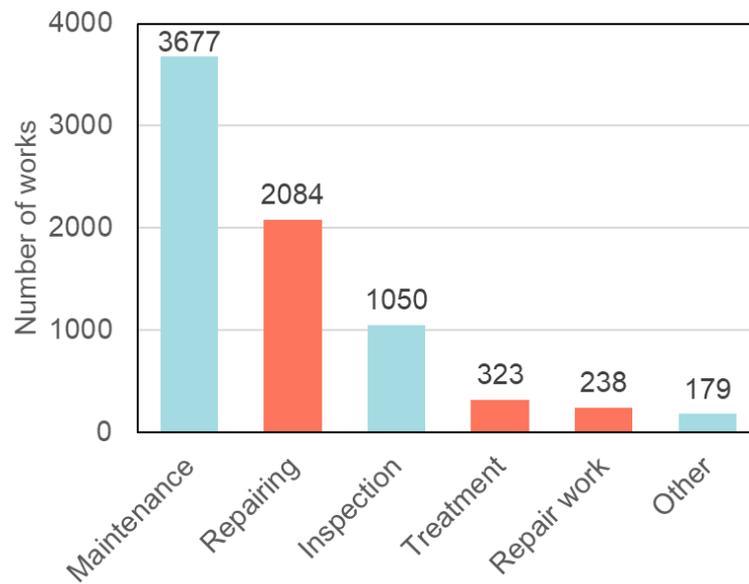
算出された信頼度に対して、ワイブル分布、正規分布、対数正規分布を最小二乗法でフィッティングすることで、パラメータを推定する。最尤法と同様、モデル選択は AIC で行う。フィットした各分布のパラメータは故障率の算出に使用される。

#### 4.1.2 業務日報から故障情報の集計

管理会社が日常保全作業を記録する FM ソフトの業務日報の 8 年分(2013 年～2020 年)を用いて、故障情報を集計していった。まず全記述を表 4.1.2.1-1 のように、5 分類の作業分類を行った。本研究では、処置 (Treatment)、修理 (Repairing)、工事 (Repair work) を故障と扱うこととする。また、図 4.1.2.1-1 に空調機 (AHU) の作業分類の集計結果を示す。ただし、これらの記述は、空調機に紐付いた機器番号が判別できる記述に限定している。

表 4.1.2.1-1 日常保全作業の作業分類

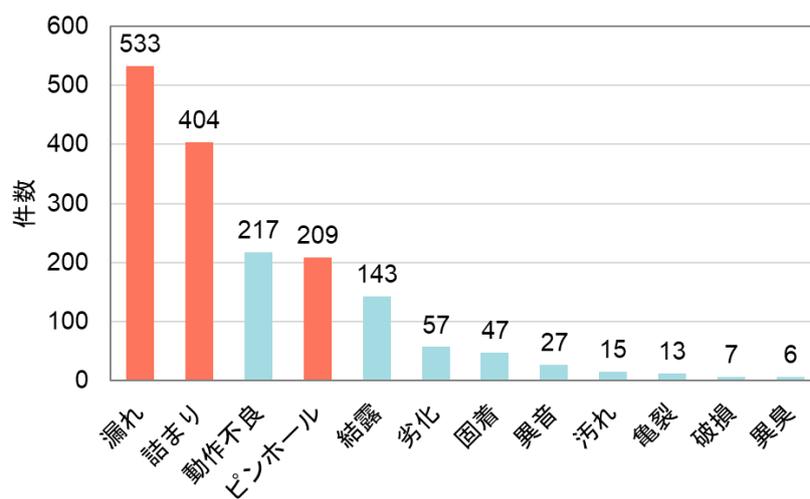
点検 Inspection	日常点検、定期点検
整備 Maintenance	分解整備、予防保全、 補修作業
処置 Treatment	事案に対し、事後的に軽対応すること。トラブル対応でその場でできる軽作業。
修理 Repairing	事案に対し、事後的に修繕すること。問題発生時にその場で対応することが困難な重要度の高い仕事。
工事 Repair work	比較的大規模な修繕工事をする。劣化の兆候などから大規模な交換工事を計画



日報データの作業分類

図 4.1.2.1-1 日常保全作業の作業分類別件数

続いて、図 4.1.2.1-2 に空調機の故障モードごとの作業件数を示す。漏れや詰まり、ピンホール、結露等が上位にランクすることがわかった。また、図 4.1.2.1-3 に空調機の累積作業件数の箱ひげ図を示している。各空調機は 8 年間で平均 17 回の予防保全作業とトラブル対応作業をしていることがわかった。



故障モード

図 4.1.2.1-2 日常保全作業の故障モード別件数

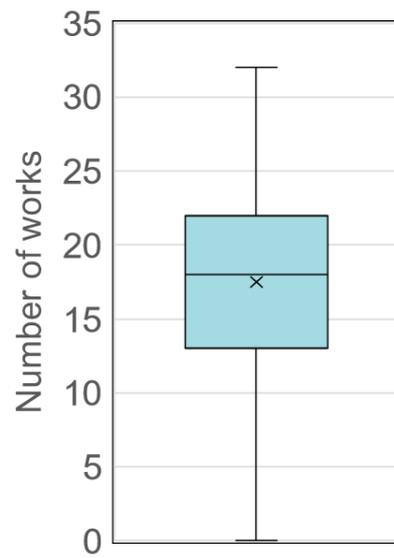


図 4.1.2.1-3 累積作業件数の箱ひげ図 (AHU / 8years)

#### 4.1.3 分析条件

本研究における解析の前提条件は以下の通りである。

- ① メンテナンス履歴の作業内容は表に示すように分類し、修理・工事は故障と見なす。
- ② 各設備では、故障や修理が複数回発生する場合がある。その場合、修理した時期の最も若い年を故障時期とし、その時点で設備を打ち切る。
- ③ 故障していない部品や設備は、記録期間終了時に打ち切るものとする。
- ④ 記録開始前は、故障がないものとする。記録開始は2013年1月1日とする。また、機器の使用開始は、1996年7月とする。
- ⑤ 対象機器は、空調機（エアハンドリングユニット）とFCUでそれぞれ、総台数は395台、159台とする。空調機は大小様々な付属部品で構成されているため、配管、バルブ、保温材等の部品に分割することが困難である。そのため、配管等は空調機に付属する各機器番号をその空調機1台につき1系統として扱っている。
- ⑥ 故障モードを「漏れ」「結露」「動作不良」とし、それぞれを個別に分析した。故障モードが異なる複数の故障時期がある場合、その解析のための故障モードの最も若い年のみを故障時期として考慮するものとする。これは、建物の部位が異なる場合も同様である。

#### 4.1.4 信頼度・故障率の算出

##### 4.1.4.1 信頼性解析（故障モードを考慮しない）

###### (1) 蒸気配管

蒸気配管は各空調機につき1系統もつと考え、その一部が故障したとき、一番若いものを故障年数とする。まず処置と修理、工事を故障とみなして、分析を行った。図4.1.4.1-1に蒸気配管の信頼度、図4.1.4.1-2に故障率の推定結果を示す。緑色の線が最尤法の推定結果、グレースケールの線が Kaplan-Meier 法による推定結果を示す。また、実線がワイブル分布、点線が正規分布、一点破線が対数正規分布を表している。図より平均寿命は、19年～22年ということがわかり、故障率は15年を超えたあたりから急上昇することから、摩耗故障期であることがわかった。

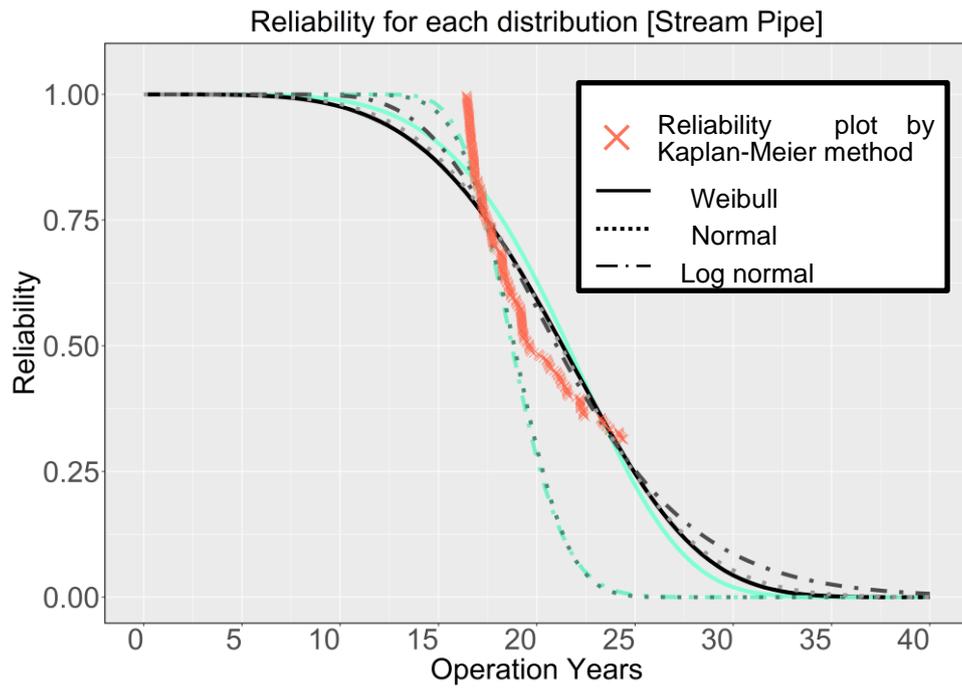


図 4.1.4.1-1 信頼度算定結果（蒸気配管処置あり）

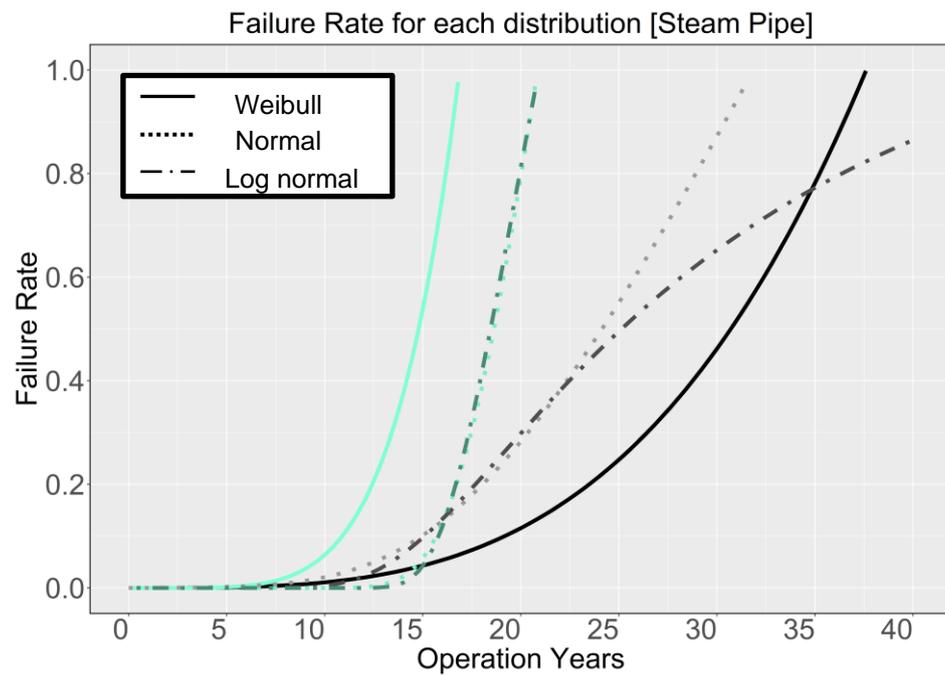


図 4.1.4.1-2 故障率算定結果（蒸気配管処置あり）

処置を含めて、分析を行った結果、平均寿命がやや短くなったので、処置を省いて、修理と工事のみを故障とみなして分析を行った。図 4.1.4.1-3 に蒸気配管の信頼度、図 4.1.4.1-4 に故障率の算定結果を示す。処置を含めた分析に比べて、平均寿命が 24、25 年と伸びることがわかった。

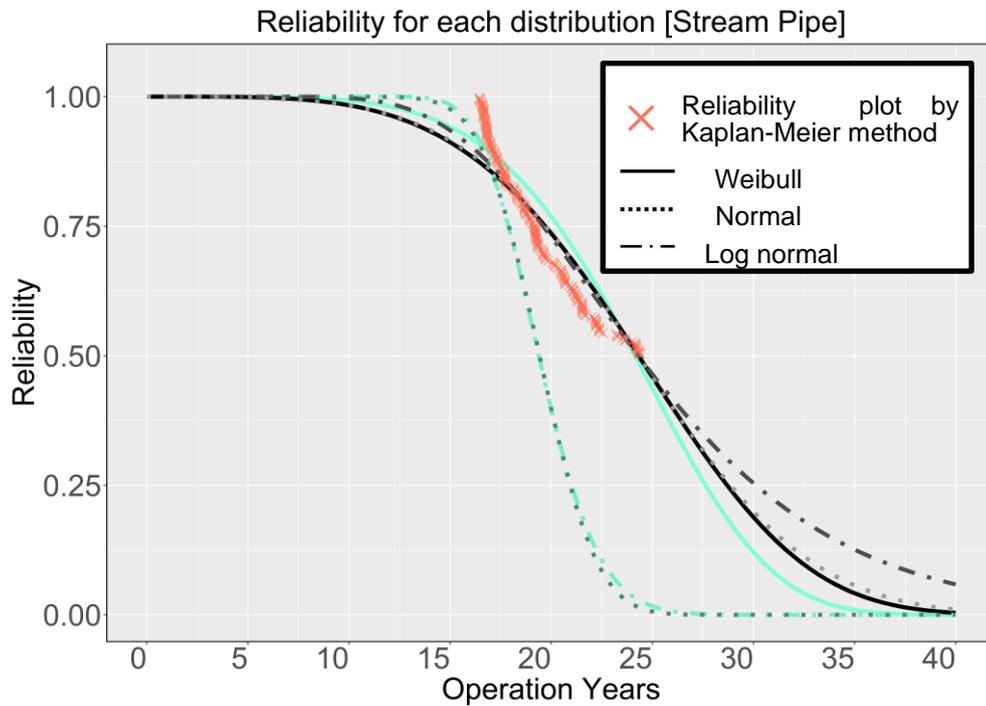


図 4.1.4.1-3 信頼度算定結果 (蒸気配管)

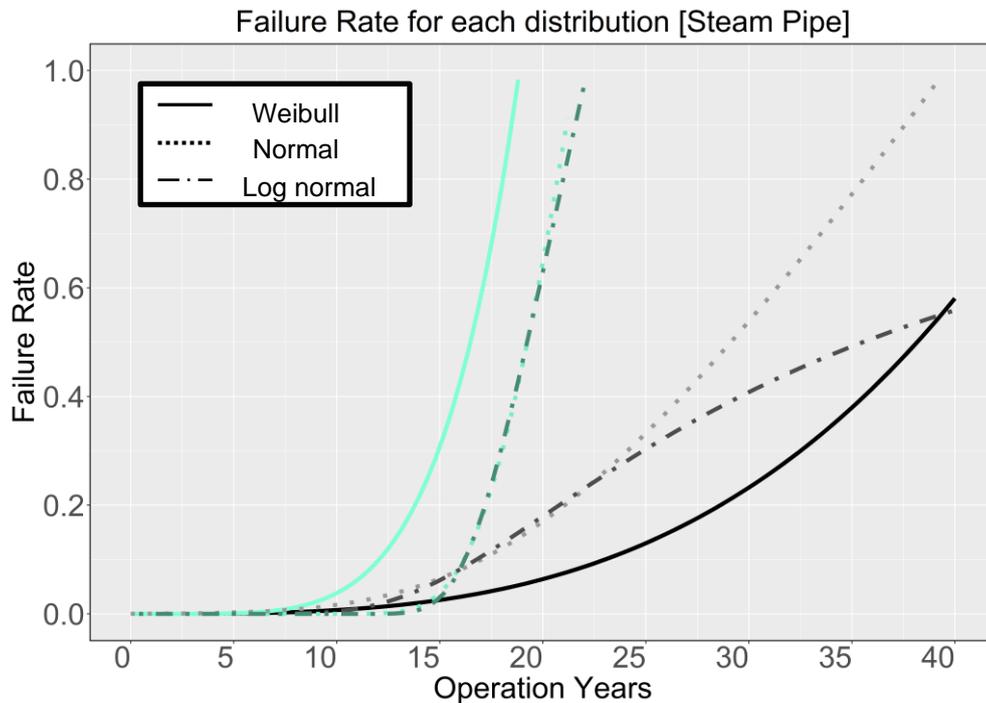


図 4.1.4.1-4 故障率算定結果 (蒸気配管)

## (2) AHU 本体

AHU は、非常に多くの部位からなる機械であるため、機器自体がいきなり壊れることはなく、部位の不具合から故障が始まる。本研究対象施設では、比較的予防保全をしっかりと施す建物であるため、空調機が壊れることは殆どない、そこで、本分析では、空調機のファンユニット部分とコイルユニット部分の故障を AHU 本体の故障とみなす。修理と工事のみを故障とみなす。図 4.1.4.1-5 に AHU 本体の信頼度、図 4.1.4.1-6 に故障率の算定結果を示す。平均寿命は、25 年～30 年と算定できた。故障率は分布により形が大きく違うが、故障率が経過年数によらず、あまり上昇しないことから、偶発故障期にあるとみなすこともできる。

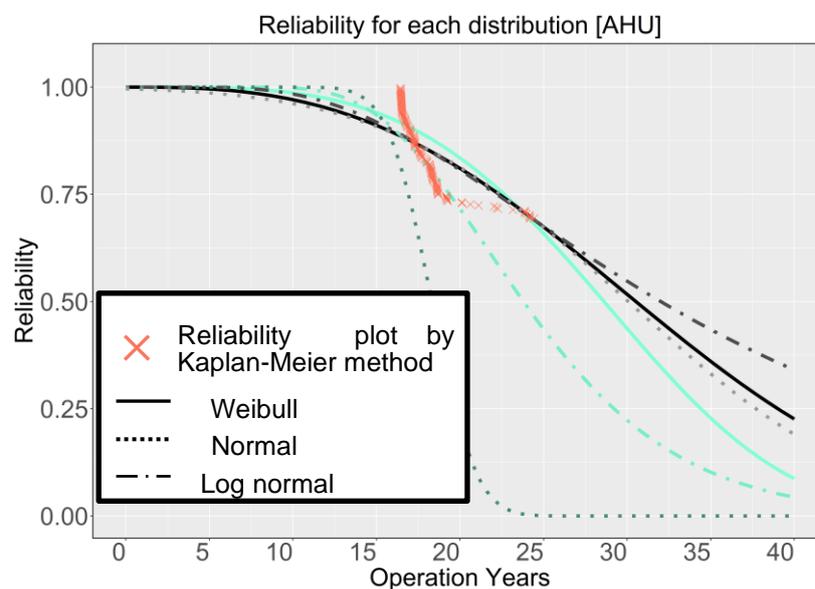


図 4.1.4.1-5 信頼度算定結果 (AHU 本体)

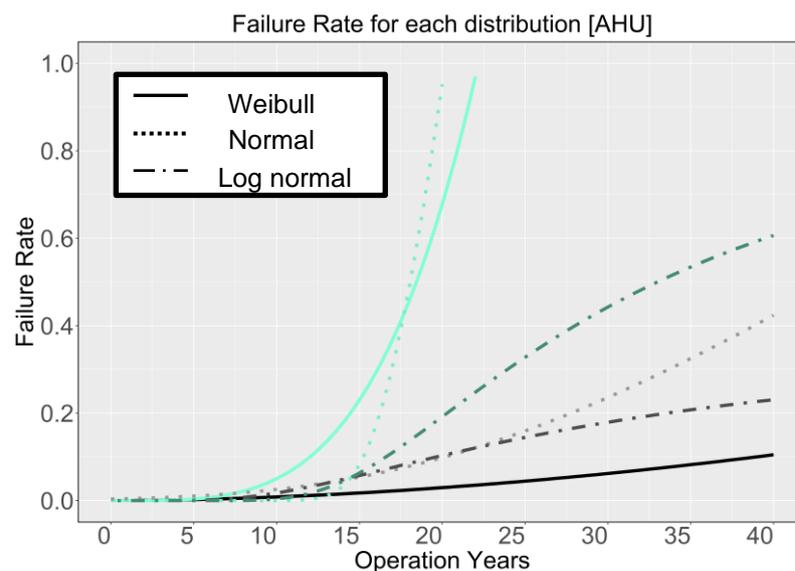


図 4.1.4.1-6 故障率算定結果 (AHU 本体)

## (3) FCU 本体

FCU も空調機 (AHU) と同様の考え方で、部位の故障が先発する。本分析では、FCU のコイル部分とインバータ部分の故障を FCU 本体の故障とみなす。図 4.1.4.1-7 に FCU 本体の信頼度、図 4.1.4.1-8 に故障率を示す。平均寿命は、30~33 年程度であるとわかり、故障率のかたちから偶発故障期であると考えられる。やや寿命が長く推定されたとも考えられる。これは予防保全をしっかりとる建物の特性が出たのではないかと考えられる。

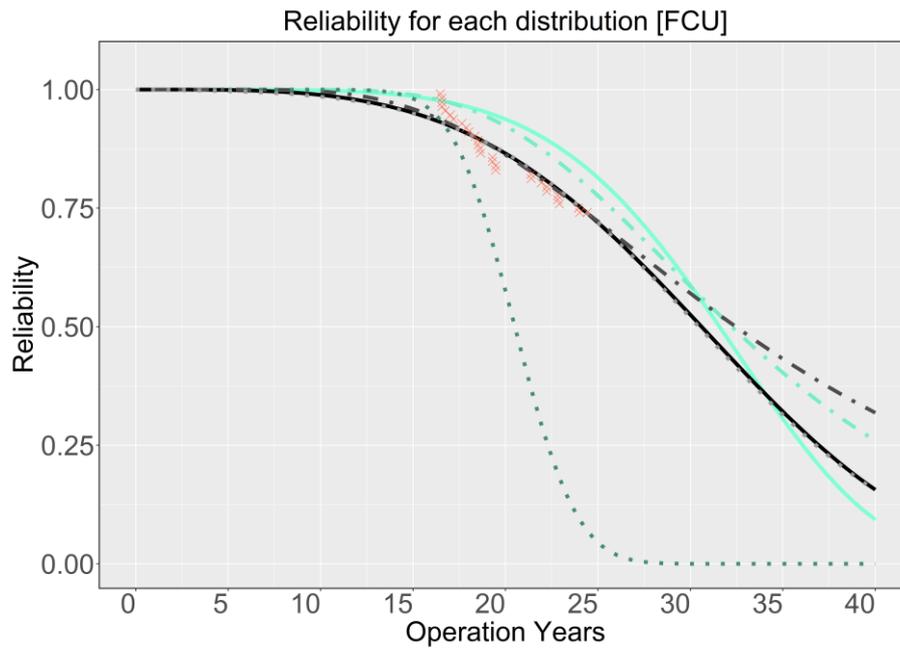


図 4.1.4.1-7 信頼度算定結果 (FCU 本体)

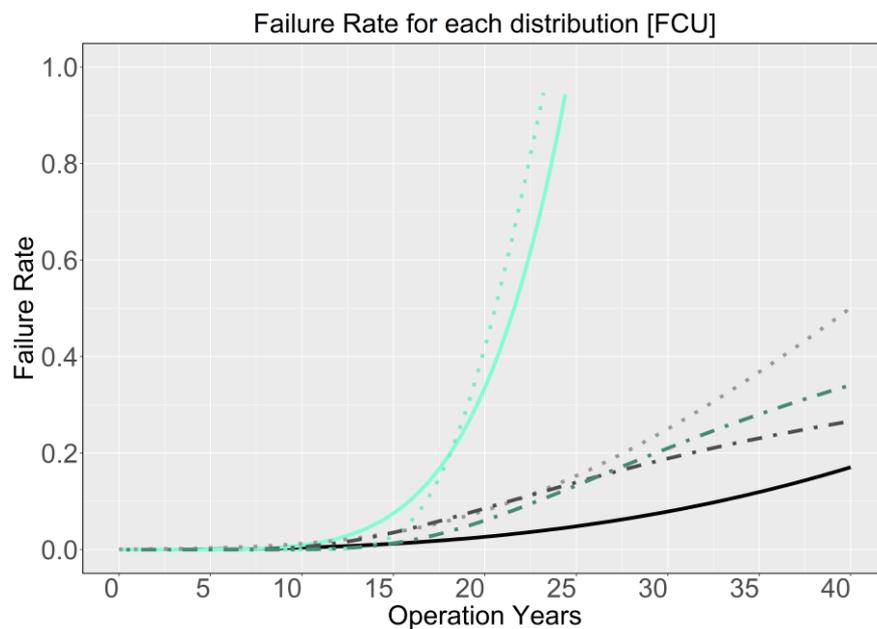


図 4.1.4.1-8 故障率算定結果 (FCU 本体)

#### 4.1.4.2 故障モードごとの信頼性解析

##### (1) 漏れ

空調機の故障モードを漏れとピンホールにして分析を行った。故障は処置と修理、工事を含めている。漏れでは、蒸気配管や弁類、コイル等の部位の故障であった。図 4.1.4.2-1 に空調機の漏れの信頼度、図 4.1.4.2-2 に故障率を示している。平均寿命は、18～21 年であった。故障率は 15 年あたりで急速に上昇する。

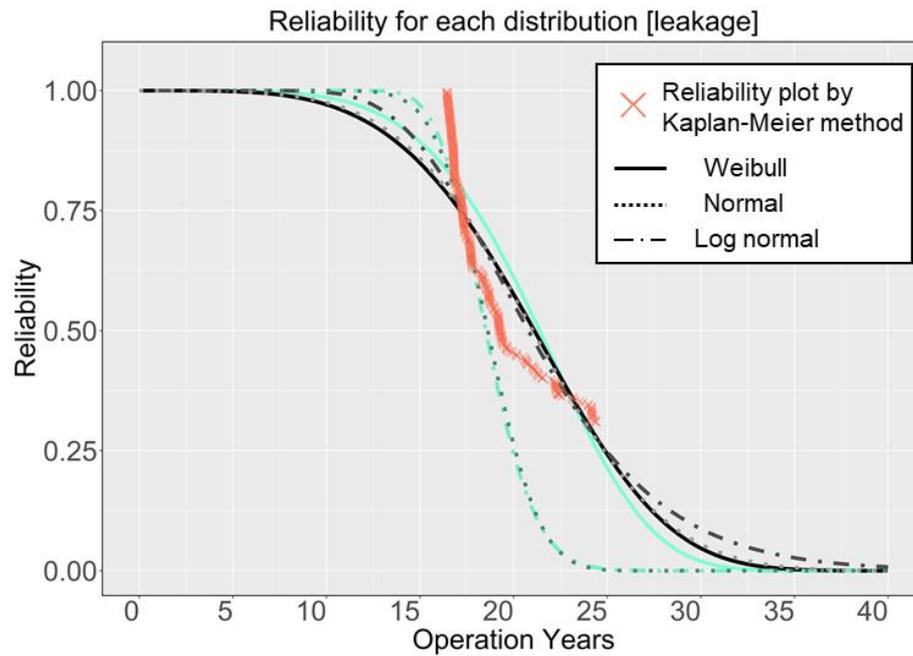


図 4.1.4.2-1 信頼度算定結果（漏れ）

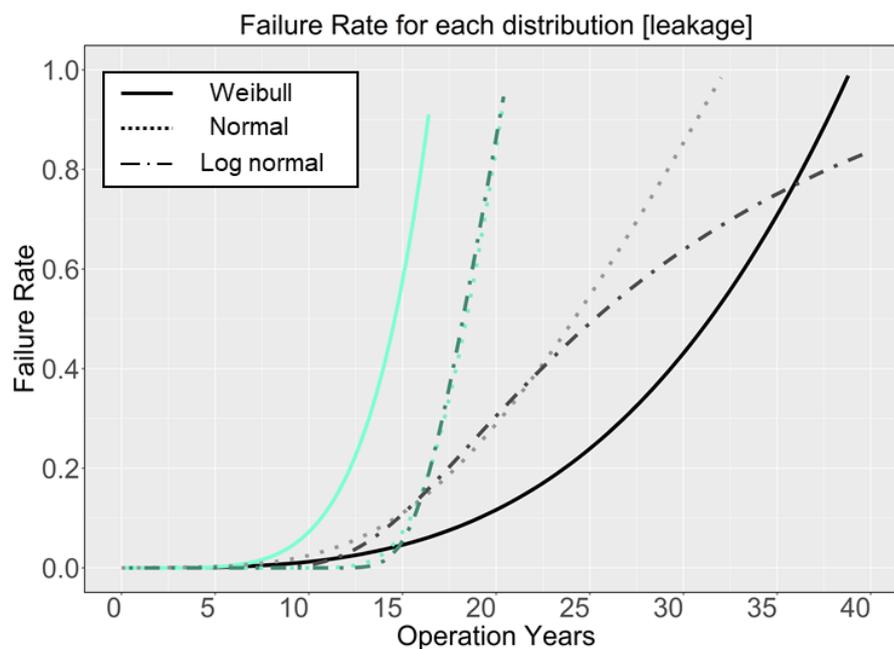


図 4.1.4.2-2 故障率算定結果（漏れ）

## (2) 結露

空調機の故障モードを結露として、分析を行った。故障は処置と修理、工事を含めている。この故障モードでは、冷水配管などの保温材の劣化によるものが多かった。図 4.1.4.2-3 に結露の信頼度、図 4.1.4.2-4 に故障率を示す。平均寿命は、19～24 年であった。故障率は 15 年あたりで急速に上昇する。

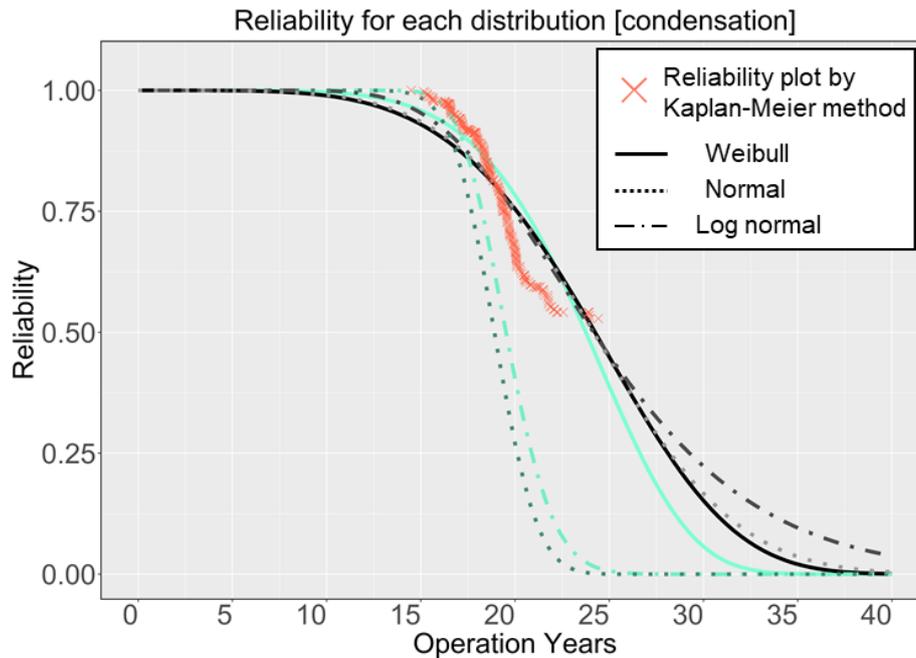


図 4.1.4.2-3 信頼度算定結果（結露）

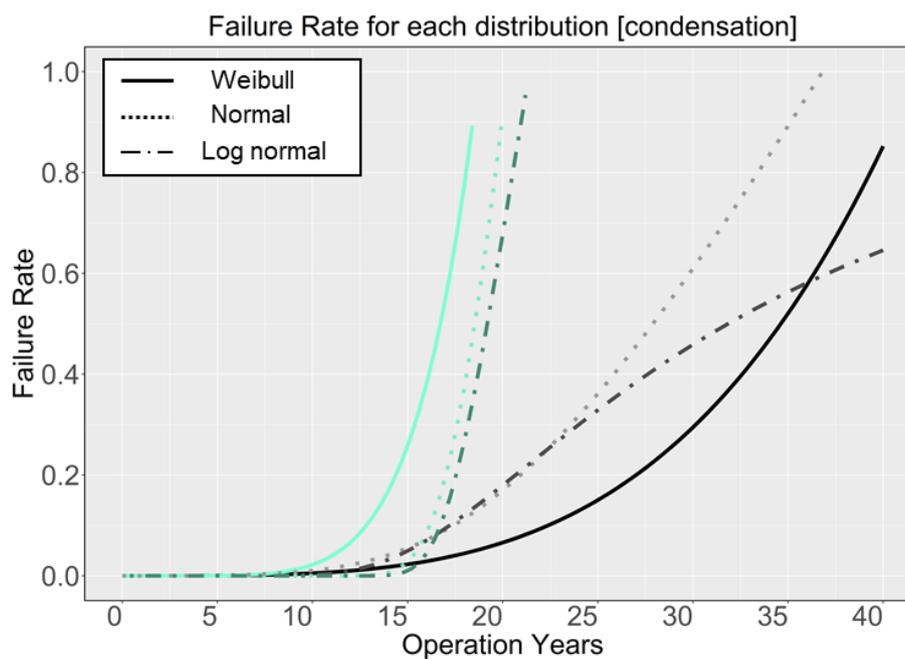


図 4.1.4.2-4 故障率算定結果（結露）

## (3) 動作不良（弁類）

空調機の動作不良の分析を行った。動作不良では、この部位ごとに分析を行うのが望ましいと考えたため、ここでは弁類を扱った。故障は処置と修理、工事を含めている。図 4.1.4.2-5 に弁類の信頼度、図 4.1.4.2-6 に故障率を示す。平均寿命は、18～22 年であった。故障率は 15 年あたりで急速に上昇する。

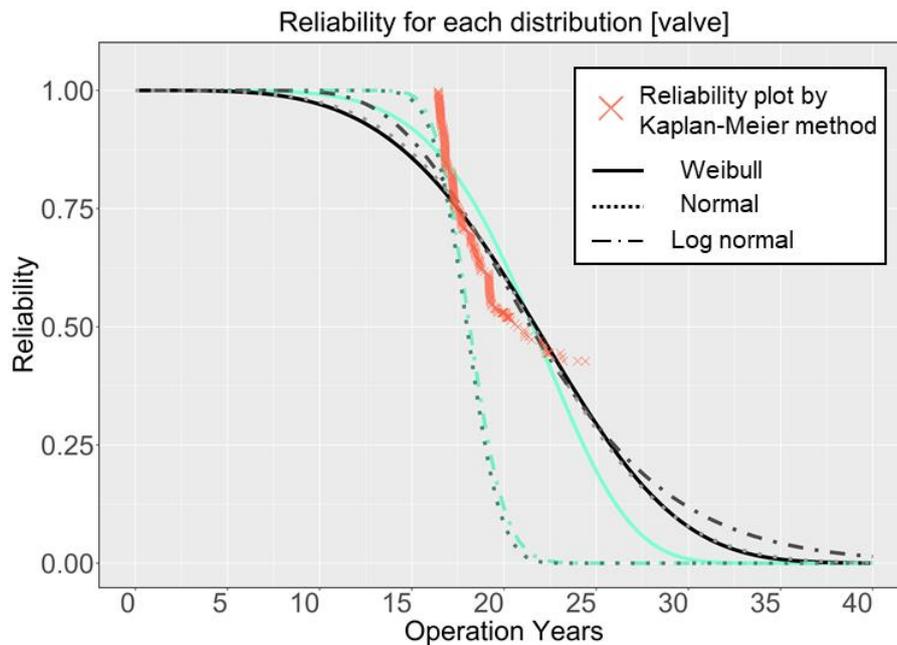


図 4.1.4.2-5 信頼度算定結果（動作不良（弁類））

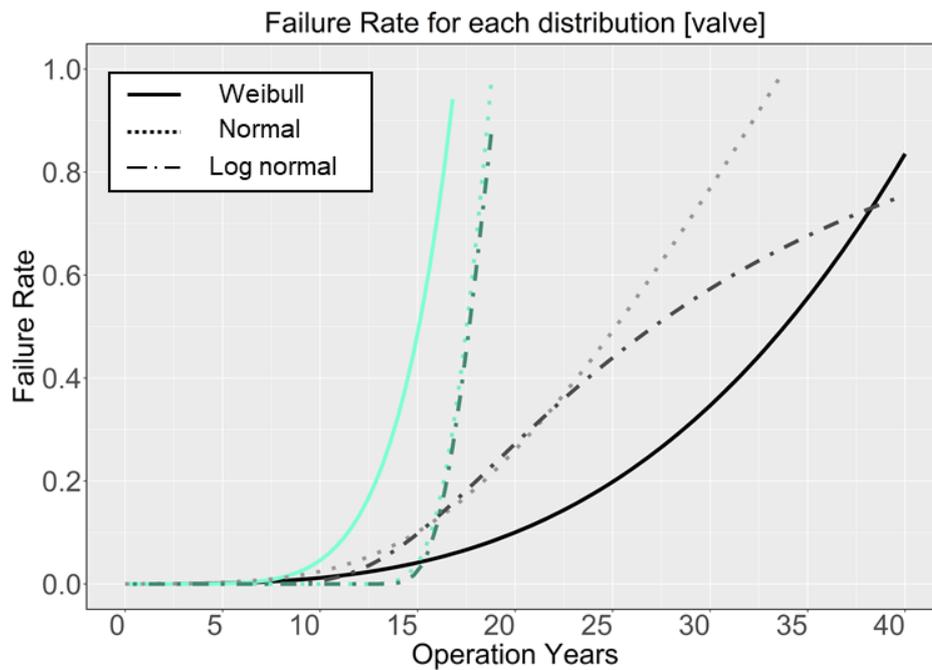


図 4.1.4.2-6 故障率算定結果（動作不良（弁類））

#### 4.1.5 考察

本研究では、1棟の大規模施設において空調機の部位や故障モードごとに信頼性解析を行った。信頼度の算出には最尤法と Kaplan-Meier 法を用いた。蒸気配管では、平均寿命が 25 年程度であり、実際当建物では、築 20 年から順次蒸気配管の更新工事を行っていることから、妥当性があると考えられる。故障率からも摩耗故障期にあることがわかった。

AHU 本体では、平均寿命が 30 年程度となり、今後のこの建物の更新計画とも一致する結果となった。故障率の概形から、偶発故障期にある可能性が高いことが読み取れた。

一方 FCU は平均寿命が 30 年を超えとなり、やや一般的な寿命より長い推定結果となった。これは、この建物が予防保全を積極的にしていく方針であるという建物の特性が現れたと考えられ、建物一棟で同一条件でのサンプルが多いことによる結果ではないかと考えられる。

また、故障モードごとの分析では、様々な部位が混じった分析となっているため、部位別に分析することが今後の展望となるが、故障モードに対し、それぞれ部位の弱さを認識し、リスクを評価できる可能性を見出した。

さらに、部位ごとの分析を弁類で行ったが、これは消耗品の要素もあるため、非修理系でなく、修理系として分析を行い、故障間隔の分析をすることが展望としてあげられる。

他には、全体的な傾向として、Kaplan-Meier 法よりも最尤法のほうが平均寿命が短くなるという算定結果となり、厳しい結果が出る傾向がある。特に正規分布や対数正規分布では、最初の方の故障の分布に強く引き寄せられていることが Kaplan-Meier 法によるプロットと合わせてみるとよくわかる。このことから、分布の選択や手法の選択には、身長になる必要がある。

## 4.2 中長期保全計画への適用

### 4.2.1 信頼性解析の結果を活用した立案方法の検討

前章で算出した信頼度や故障率を中長期保全計画等に活用していくことを検討する。まず、単純な方法として、各設備に目標となる信頼度を設定し（信頼度 0.5 など）、そこでの経過年数を寿命として、その年数を更新時期の目安とする方法が考えられる。本研究の結果では、蒸気配管で 25 年程度、AHU 本体や FCU では 30 年程度となった。また、故障率が急上昇するタイミングを更新時期とすることもできる。こちらは、仮定した分布形によって違うが、15 年程度で上昇する傾向が見られるので、その時期に更新することが考えられる。一方で、上昇の度合いが緩やかで時間によりあまり変化しない場合もあるので、その際は故障率を目安として使用することは難しい。

そこで本研究では、板谷らの研究[40]を参考に、保全コストと故障のリスクを考慮した機器の更新周期を算出する。更新周期を $T_A$ としたときの、ライフサイクルコスト（全保全コストとイニシャルコスト（設置費））を示す。この式の構成は、総コスト（設置費、予防保全コスト、事後保全コスト）を総稼働時間で割ったものである。信頼度関数は、前章で算出したものを用いる。更新周期を短くすると、予防保全の対象となる機器が多くなり、更新周期を長くすると、事後保全の対象となる機器が多くなる。事後保全コストは一般的に、予防保全コストより高く、これには故障が起きたときの損害回復に対するコスト等も勘案されるからである。予防保全コストと事後保全コストは設備機器や事故の程度にもよるが、既往研究を参考にし、3 倍、5 倍、10 倍として設定した。

$$A(T_A) = \frac{K + C_f F(T_A) + C_a R(T_A)}{\int_0^{T_A} R(t) dt} \quad \text{式}$$

$$\left( \begin{array}{l} A(T_A): \text{更新周期 } T_A \text{ における総保全コスト} \\ K: \text{設置費 (イニシャルコスト)} \\ C_a: \text{予防保全コスト} \\ C_f: \text{事後保全コスト} \\ R: \text{信頼度} \\ F: \text{不信頼度} \\ T_A: \text{定期更新の周期} \end{array} \right)$$

#### 4.2.2 最適更新周期の推計結果

ここでは、前章で信頼度を算出した蒸気配管、AHU 本体、FCU 本体の更新周期の推定結果を示す。信頼度関数はカプランマイヤー法で求めた信頼度にワイブル分布を適合したものを用いる。図の左側は設置費 $K$ を前章の式から省いた推定結果、右側は設置費 $K$ を入れた推定結果を示す。縦軸は一年あたりのコストで、大小を見やすくするよう、単位は無次元で0～100に収まるようにしている。緑色の実線が、事後保全コストであり、経過年数が増えるにつれて、増大していることがわかる。一方、赤い点線は予防保全コストを示しており、経過年数が増えるにつれて減少していくことがわかる。これらの先を足し合わせたのが総コストであり、青色の破線で示す。この青線の最小値が最適更新周期になると考えれば良い。図は上から事後保全が予防保全の3倍のケース、5倍のケース、10倍のケースを示している。また、設置費と保全コストの比率は国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「平成31年度版建築物のライフサイクルコスト」[54]を用いており、設置費に対し、予防保全のコストは約1.3倍になるように設定している。

##### (1) 蒸気配管

図 4.2.2-1 に蒸気配管の更新周期と経過年数の関係を示す。3倍のケースでは、16～18年で1年あたりの更新コストが一番低くなることがわかる。5倍のケースでは、14～15年、10倍のケースでは、11～13年となり、事後保全コストが高くなるにつれて、コストが最安となる更新周期は短くなることが確認できる。3倍のケースでは、15年目以降は、1年あたりの更新コストはほぼ一定となることがわかる。一方、10倍のケースでは、15年以降、1年あたりのコストが跳ね上がっていく事がわかる。

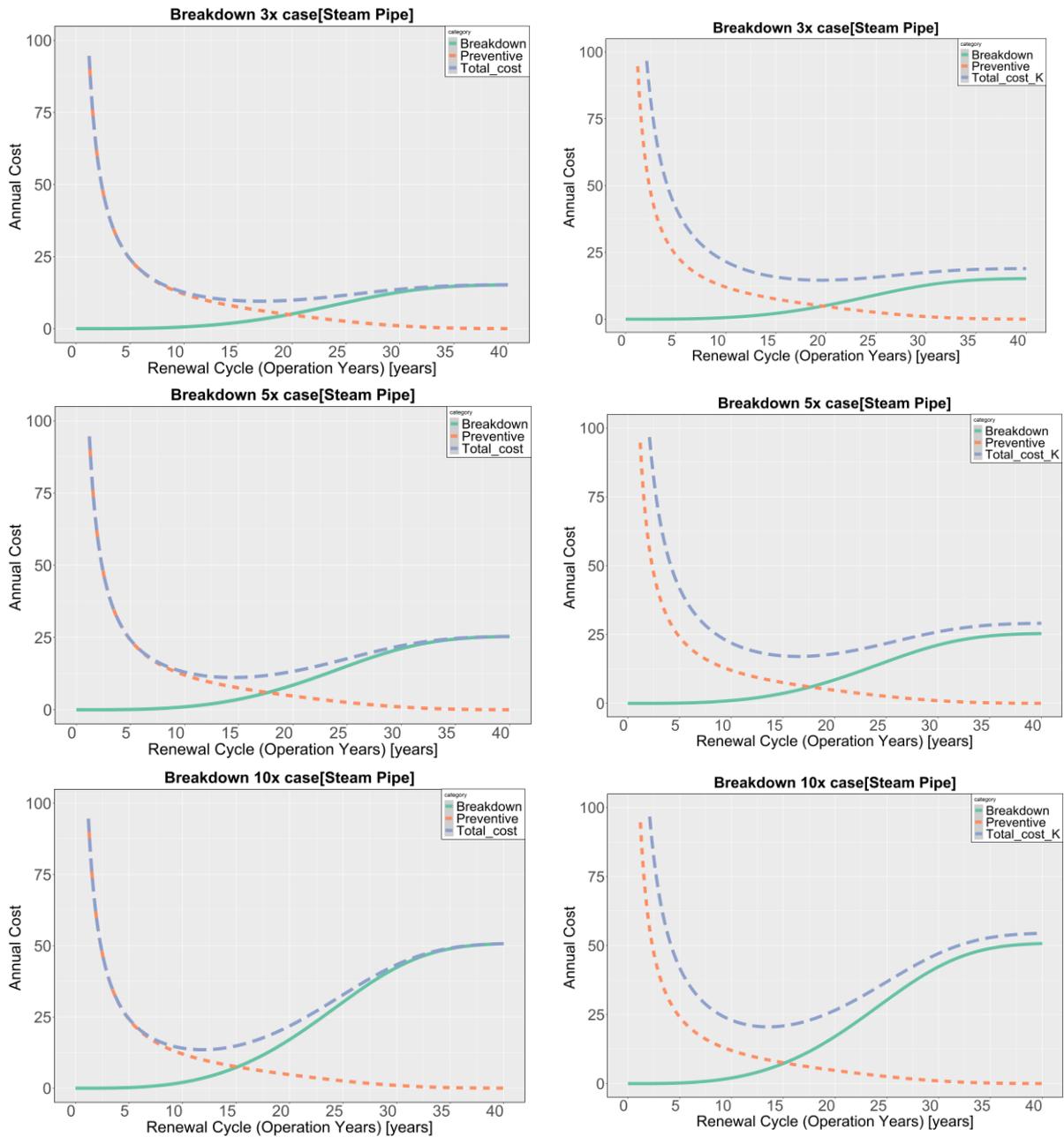


図 4.2.2-1 蒸気配管更新周期とコストの関係（上から事後保全3倍、5倍、10倍の順）

## (2) 空調機 (AHU) 本体

図 4.2.2-2 に空調機 (AHU 本体) の更新周期と経過年数の関係を示す。3 倍のケースでは、20~22 年で 1 年あたりの更新コストが一番低くなることがわかるが、明確な最小値は見られなかった。5 倍のケースでは、16~20 年、10 倍のケースでは、13~15 年となった。3 倍のケースでは、20 年目以降は、1 年あたりの更新コストはほぼ一定となり、5 倍のケースでも緩やかに上昇していることがわかる。一方、10 倍のケースでは、20 年以降、1 年あたりのコストが跳ね上がっていく事がわかる。

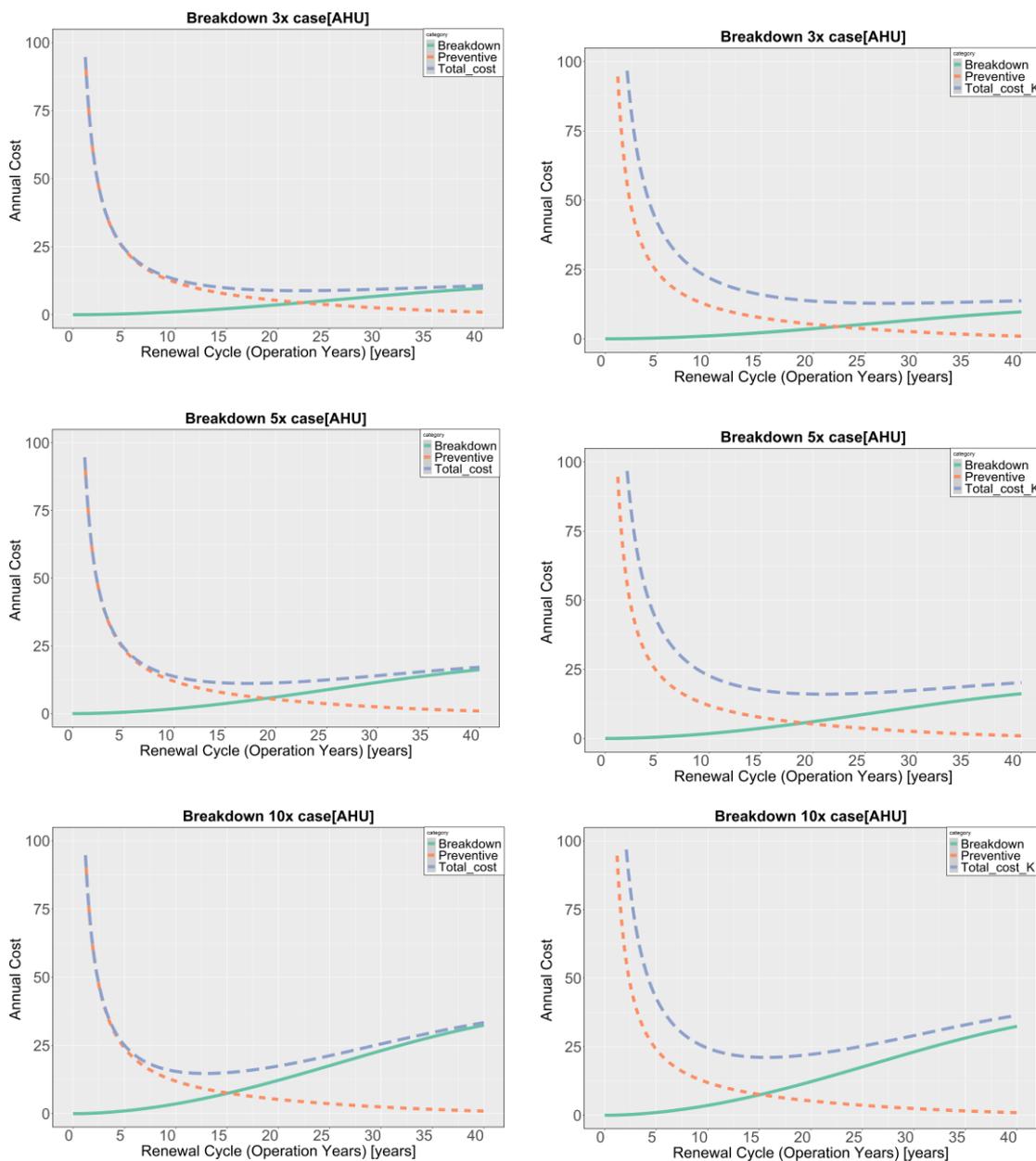


図 4.2.2-2 AHU 本体更新周期とコストの関係 (上から事後保全 3 倍、5 倍、10 倍の順)

## (3) FCU 本体

図 4.2.2-3 に FCU の更新周期と経過年数の関係を示す。3 倍のケースでは、22～24 年で 1 年あたりの更新コストが一番低くなることがわかるが、明確な最小値は見られなかった。5 倍のケースでは、17～18 年、10 倍のケースでは、14～15 年となった。3 倍のケースでは、20 年目以降は、1 年あたりの更新コストはほぼ一定となり、5 倍のケースでも緩やかに上昇していることがわかる。一方、10 倍のケースでは、20 年以降、1 年あたりのコストが跳ね上がっていく事がわかる。

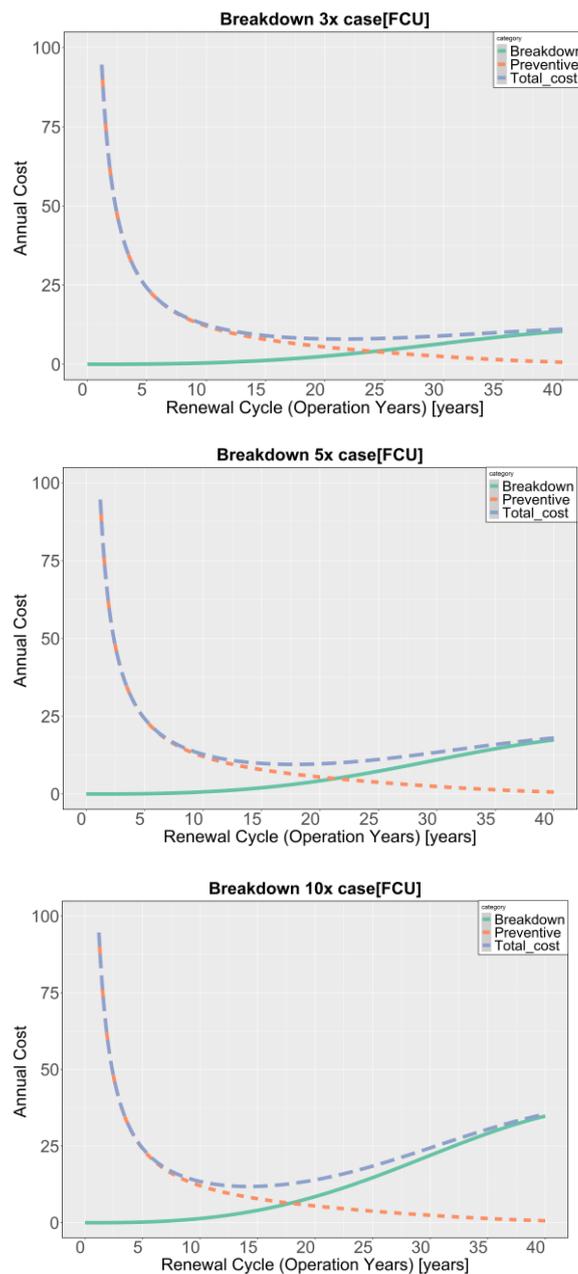


図 4.2.2-3 FCU 本体更新周期とコストの関係（上から事後保全 3 倍、5 倍、10 倍の順）

#### 4.2.3 考察

蒸気配管、AHU 本体、FCU 本体で最適更新周期を推定した。各設備がもつ、信頼度関数によって、最適更新周期は違いが見られることがわかり、設備ごとの方針が立てられることがわかった。また、信頼度関数の形が変わると更新コストのグラフの形も変わることから、選択する確率密度分布によって大きく結果が変わることが予想され、故障密度分布の選択は慎重に行うべきであると考えられる。

また、予防保全コストと事後保全コストの比率を 3 倍、5 倍、10 倍と変化させた結果、最適更新周期は 3 倍のケースが一番長く、10 倍のケースと比べて、5 年から 10 年程度短くなることがわかり、ケースによって大きく変化することがわかった。これは設備機器に特性に応じて、この比率を設定させることが望ましい。例えば、FCU の故障による運転停止では、予防保全の 10 倍もの損害が毎回発生するとは考えにくい。一方 AHU の故障に関しては、FCU と比べて、真夏、真冬では室内環境に大きな影響を与え、テナントからクレームが届くことが考えられる。蒸気配管に関しては、蒸気配管が破裂する事故が起こる可能性があり、そのような事故が起きた場合は、人命に関わることも考えられるため、比率を高く設定することが安全だと考えられる。

したがって、設備の特徴や事故のリスクを考慮して、予防保全と事後保全のコストの比率を設定することが望ましい。また、データが整備され、運用期間が長くなること、予防保全および事後保全のコストに実績値を使うことも考えられ、設備の使用環境や設備種類を考慮してより正確な更新時期の意思決定ができるようになると考えられる。

### 4.3 予知保全への展開

一般にすべて事後保全で対応するより適宜予防保全を施すほうが、総コストが低くなると言われている。一方ですべてを予防保全にするのは、コストが高くなりすぎる可能性があり、まだ使えるものを更新してしまうのは、環境負荷を大きくするとも考えられる。一番ふさわしい保全とは、故障する少し前に更新・予防保全を行うことである。故障する少し前を予測して保全を行うことを予知保全という。現状、予知保全はビル管理者の経験知によってなされている。保全履歴を分析していると、ある部位の故障が増えているので、保全・交換を実施している様子が散見された。このような故障の前触れを可視化することは重要であると考えられる。本章では、予知保全へ展開・活用の材料となりうる、部位の故障の分布や故障モードごとの分析を示す。

#### 4.3.1 部位（消耗品）の事案件数の経年分布

図 4.3.1-1 に空調機の部位別の事案件数の経年分布を示す。ここでは、空調機の自動制御機器 (IDC、IRCM)、ベアリング、V ベルト、蒸気圧力計、ケーシングの結露、マグネットスイッチ (電磁開閉器) をピックアップした。コンスタントに事案が発生している部位やある時期に事案が集中している部位など様々な特徴が見られた。これらの経年分布の増減の傾きを見ることで、故障が急激に増えていることをいち早く察知できる可能性がある。

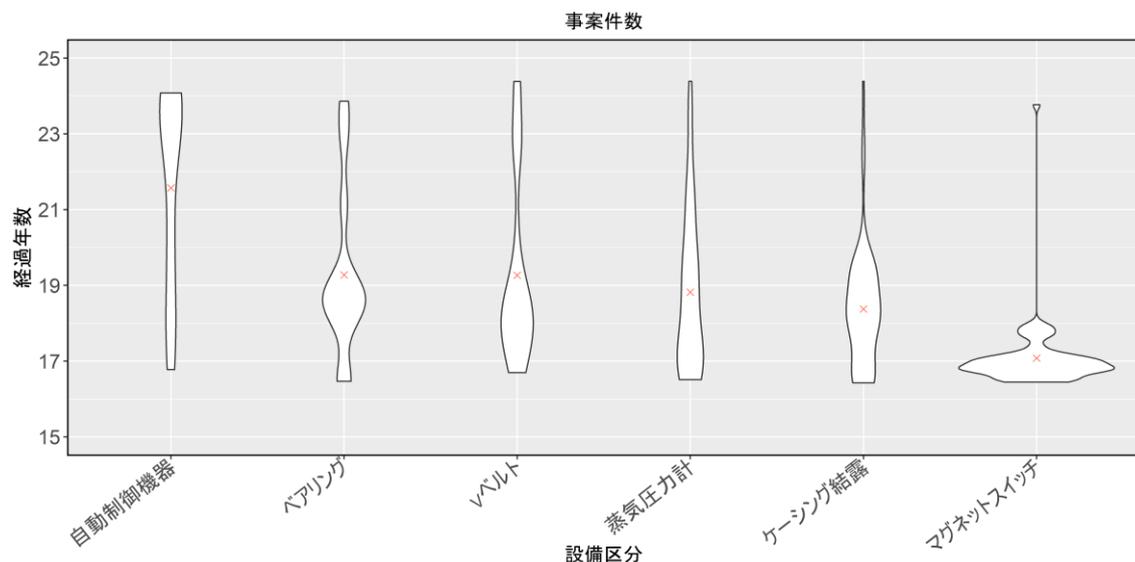


図 4.3.1-1 空調機部品の事案経年分布

また、図 4.3.1-2 に自動制御機器の作業区分ごとの件数の経年分布を示す。これらを見ると処置と修理が最初に現れ、整備、処置をしながら保全作業をするが、経過年数 22 年の後半辺りから、故障が相次ぎ、交換修理をしていることが読み取れる。

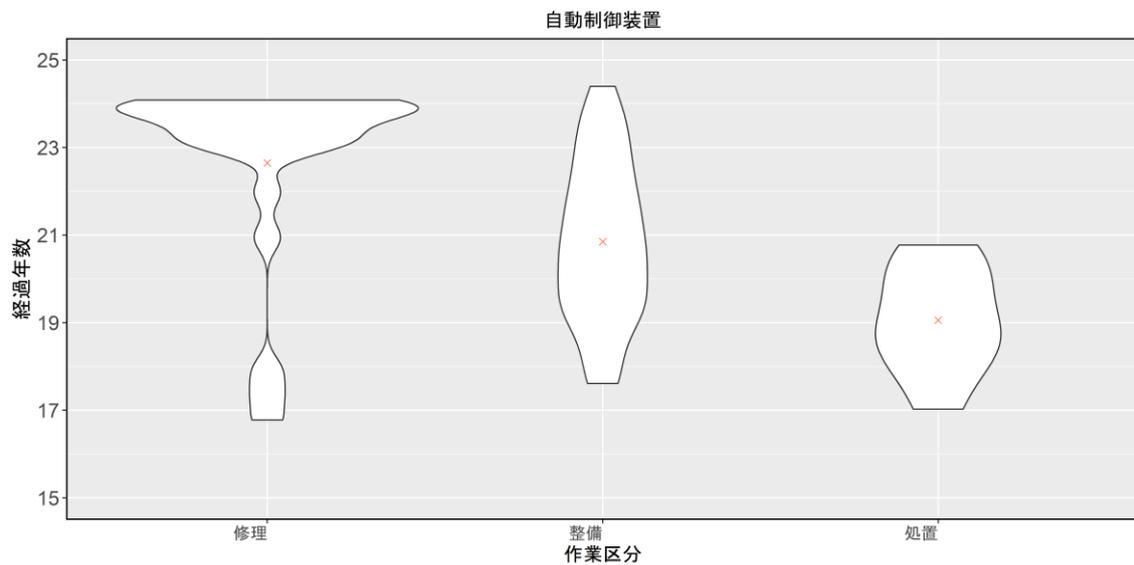


図 4.3.1-2 空調機部品(自動制御機器)の作業分類別経年分布

こちらは、図 4.3.1-3 に蒸気圧力計の作業区分ごとの件数の経年分布を示す。こちらでは、処置が最初急激に増え、処置、修理を施していく様子が見え、急激に事案が増える波が 2 つあることが読み取れる。

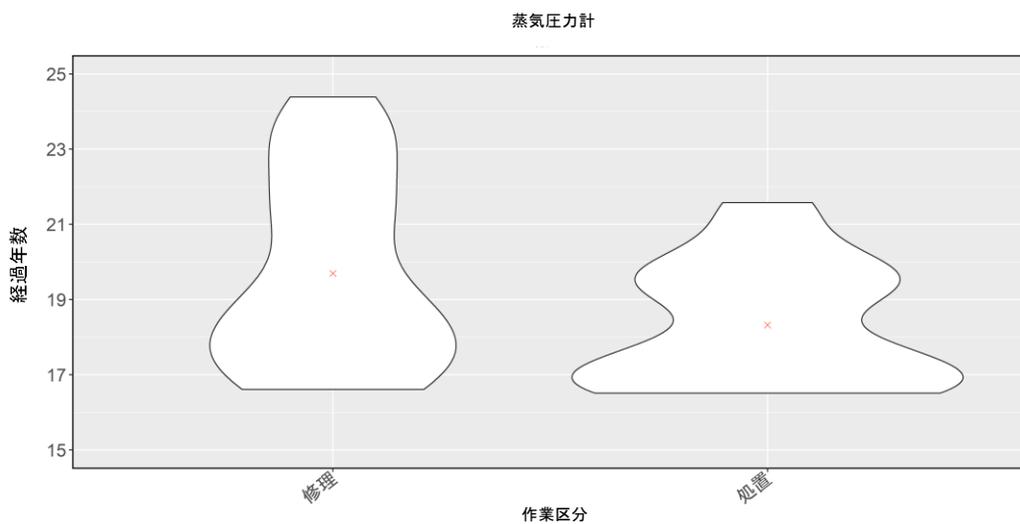


図 4.3.1-3 空調機部品(蒸気圧力計)の作業分類別経年分布

### 4.3.2 故障モードごとの事案件数の経年分布

図 4.3.2-1 に蒸気配管の故障モード別事案件数経年分布を示す。故障モードでは、詰まりとピンホールが補完的な出現となり、詰まりが減るとピンホールが増えるような分布になった。これは、詰まりが生じると、やがて配管にピンホールができるのではないかと考えられる。漏れは、コンスタントに発生しているが、減少傾向にあることがわかる。

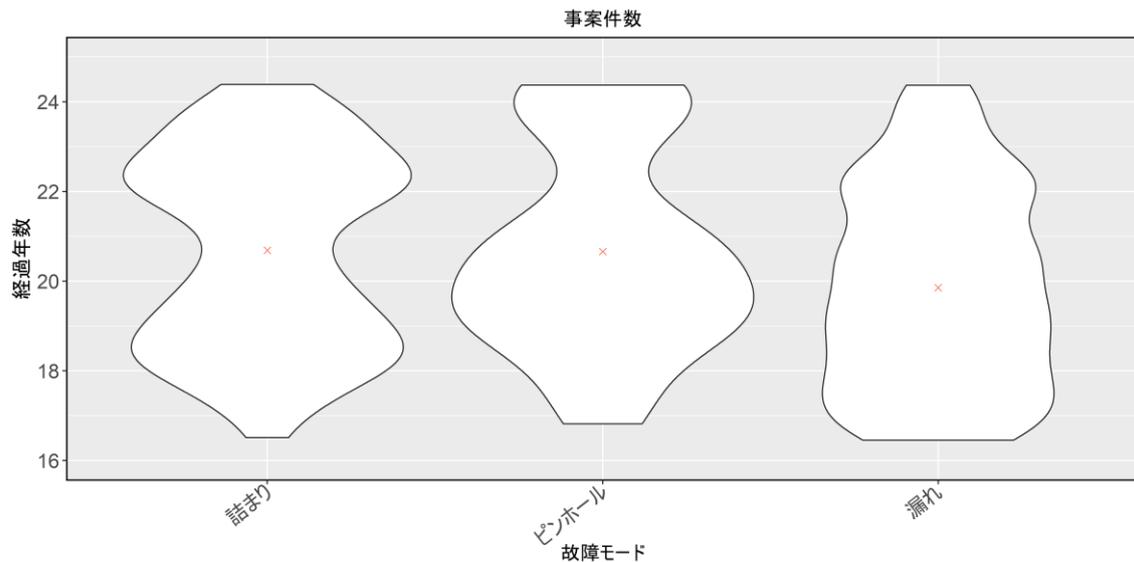


図 4.3.2-1 蒸気配管の故障モード別事案経年分布

また、図 4.3.2-2 に空調機の故障モード別事案件数経年分布を示す。故障モードには、様々なものが見られたが、各故障モードによって、分布のかたちが大きく異なることがわかり、故障モードによって、対策を変えることなども検討することができる。

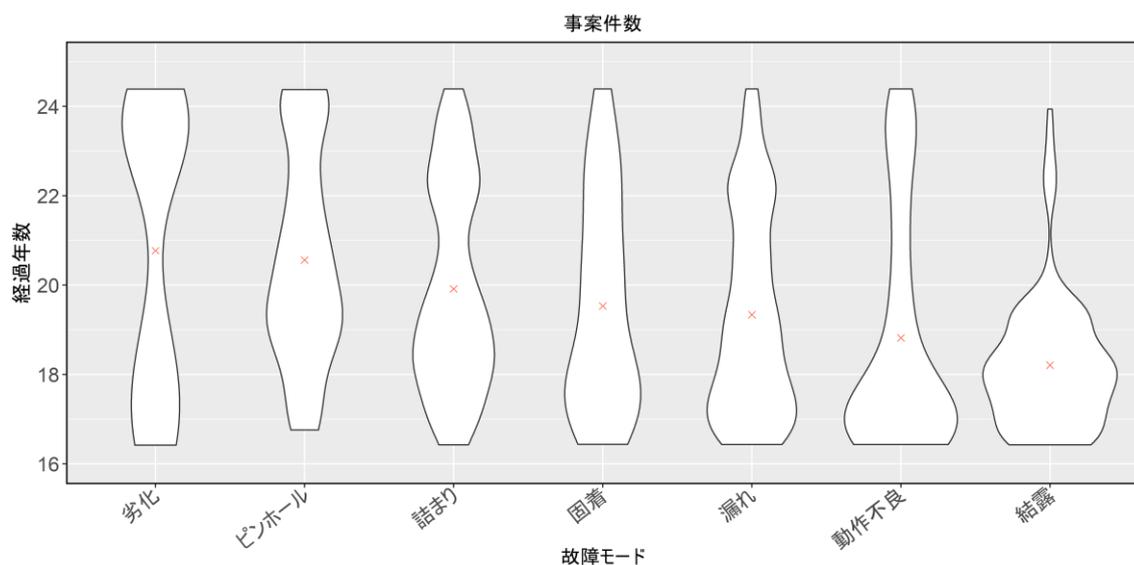


図 4.3.2-2 空調機の故障モード別事案経年分布

#### 4.4 まとめ

本章では、空調機や FCU、蒸気配管を例に、信頼性解析など様々なデータの可視化、分析を行った。

- ① 故障データを分類し、点検・整備・処置・修理・工事に分類した結果、整備が一番多く、修理、点検と続いた。
- ② 空調機の故障モードごとの事案件数では、漏れ、詰まりが多く、動作不良、ピンホール、結露と続いた。
- ③ 空調機の部位や故障モード別に、故障傾向を可視化した。部位や故障モードによって、出現時期が異なり、ある程度集中して現れることがわかった。
- ④ 最尤法と Kaplan-Meier 法を用いて、蒸気配管、AHU 本体、FCU 本体の信頼度、故障率を算出した。蒸気配管では、平均寿命 25 年程度であることがわかり、AHU 本体では 30 年程度であることがわかった。
- ⑤ 既往研究をもとに、算出した信頼度を用いて、最適更新周期を算出した。事後保全 3 倍ケースは 16~18 年、事後保全 10 倍ケースでは、14.5 年が最適という結果になった。



## 第 5 章 維持管理システムの構築と利用方法の提案

---

- 5.1 “Building”と“Information”の連携
- 5.2 維持管理システムの運用方法の提案
  - 5.2.1 作業履歴の BIM モデル上への表示
  - 5.2.2 未更新箇所の可視化
  - 5.2.3 アラート機能
  - 5.2.4 管理会社への導入
  - 5.2.5 まとめ

## 第5章 維持管理システムの構築と利用方法の提案

### 5.1 “Building”と“Information”の連携

前章から検討してきた BIM の建物 3D モデル (“Building”) の部分と、属性情報や維持管理に必要な情報 (“Information”) の部分を連携する方法を考える。基本的な考え方は、維持管理業務において、3次元で把握する必要のある情報は必ずしも多くなく、必要な情報は FM ソフトなどの業務管理ソフトの作業履歴としてインプットすることにする。BIM モデル (建物モデル) は、それらの情報の場所を示すビューアーとして活用する。図 5.1-1 に BIM モデルと FM ソフトの連携方法のイメージを示す。

具体的には、BIM モデルに登録された部屋名と FM ソフト上の場所を示す部屋名マスターを紐付け、部屋名コードをキーとして、FM ソフトで入力したものが、BIM モデル上で表示されることとなる。機器登録、メーター登録に関しても同様である。これらの登録の細かさは、これまでのヒアリングや既存の FM ソフトを参考にし、「部屋単位」とするのが妥当と考える。部屋名とは、「テナント A」、「空調機械室 1」、「男子トイレ」、「女子トイレ」、「給湯室」、「PS」、「EPS」、「階段室」、「会議室」、といった程度である。機器登録に関しては、機器につけられている機器番号等 (T-AHU-1(空調機)) で紐付けするのが妥当と考える。ここで、すべての機器が BIM モデル上に表現されるわけではなく、LOD200 程度で表現されるもの、シンボル化されるもの、幾何学的な表現はされず、テキストのみで表現されるものなどに分けられる。この線引きは、2章で検討した維持管理 LOD を用い、BIM モデルでの表現方法はその LOD に準拠する。幾何学的な表現はされず、テキストのみで表現されるものは、部屋名に紐付けし、その部屋空間にある設備として履歴が蓄積される。

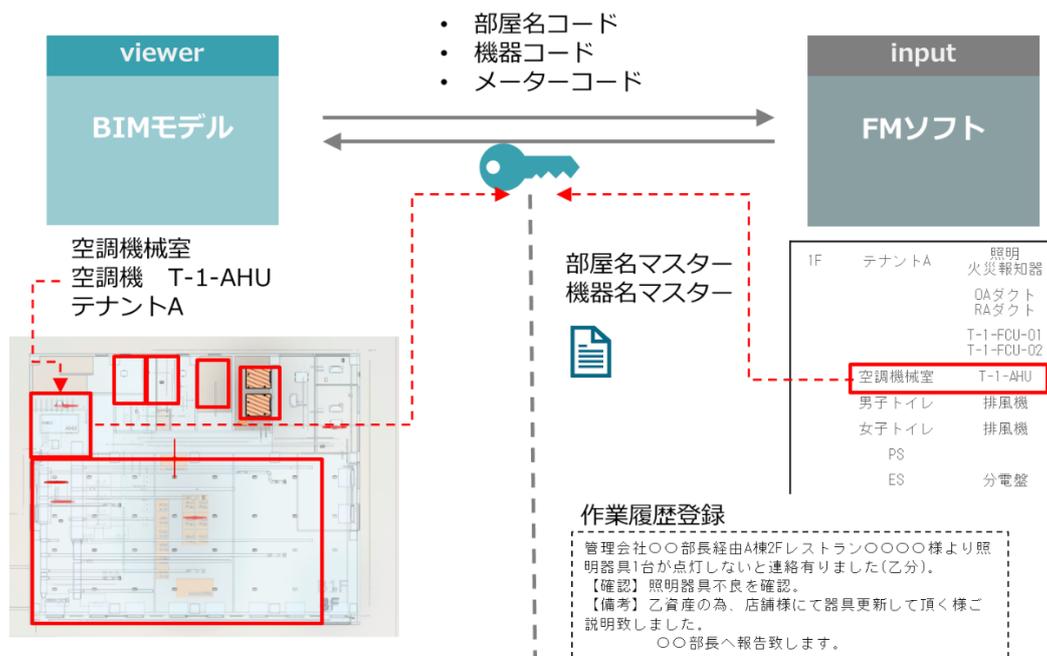


図 5.1-1 BIM モデルと FM ソフトの連携の仕組み

過去の経費的支出（小規模修繕やメンテナンス）について、本研究での修繕工事の発端となる依頼事項やクレームの実態調査から、対応した日常修繕などの内容や範囲あるいは対象となる空間や部屋の粒度や単位などを整理した。調査結果を活用して不動産管理システムの依頼・クレーム事項のマスターや対象となる空間や室の（空間マスター）として活用するとともに、その設定された空間マスターの単位で BIM 連携をする。

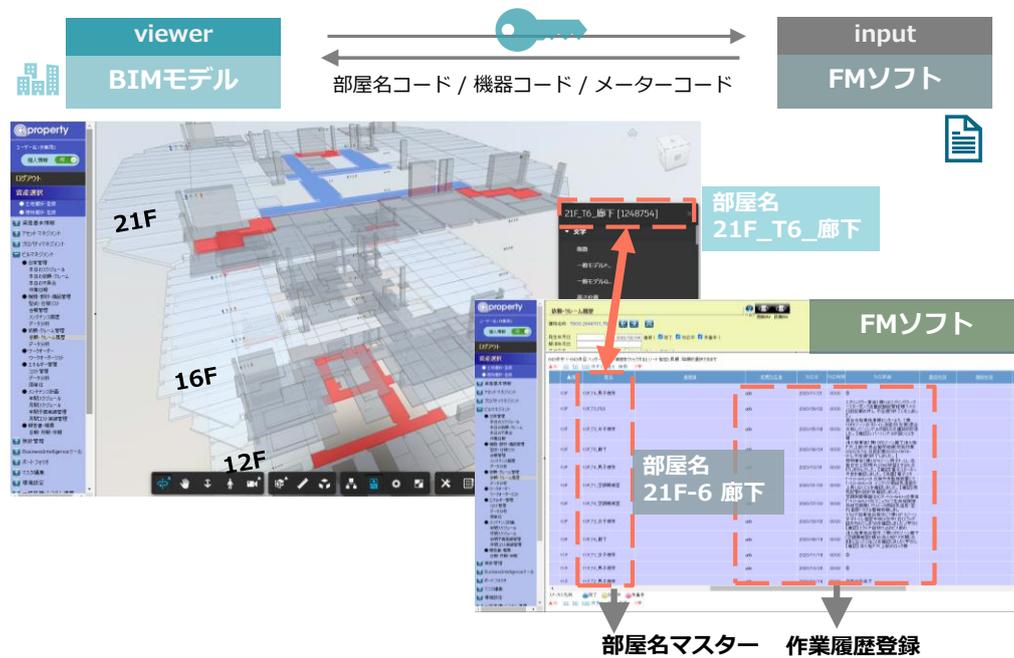
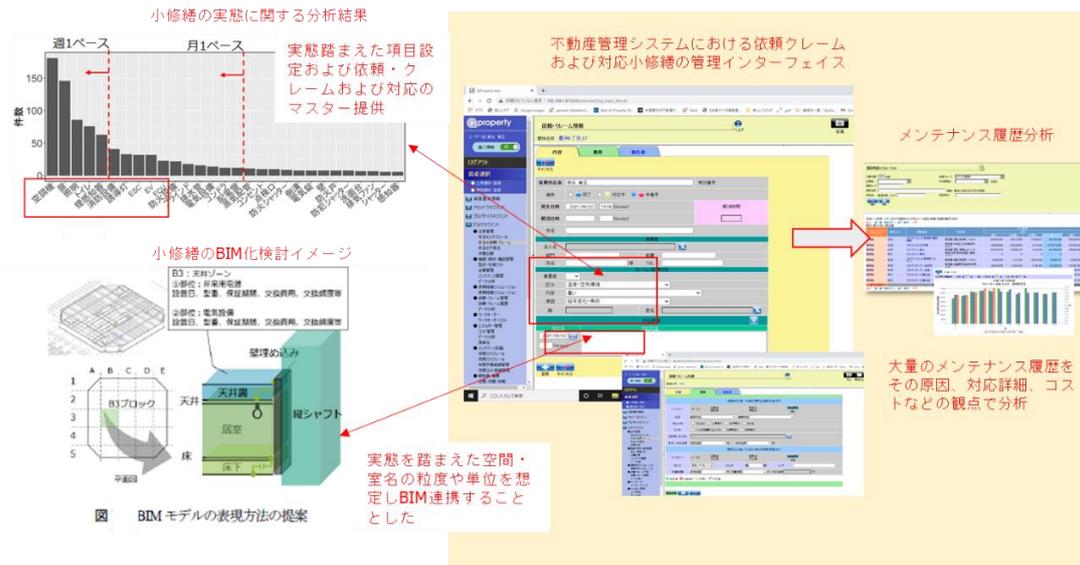


図 5.1-2 BIM モデルと FM ソフトの連携の様子

## 5.2 維持管理システムの運用方法の提案

ここでは、実際に維持管理システムがどのように活用されるかの運用方法を提案する。

### 5.2.1 作業履歴の BIM モデル上への表示

図 5.2.1-1,2 に FM ソフト等で入力した作業履歴を BIM モデル上で表示したイメージを示す。BIM モデル上に、作業履歴が表示され、場所が空間的に把握する事ができ、設備の位置関係がわかりやすい。また、図の右側に示されたように事案件数や故障件数を合わせて表示することで、統計情報を空間的に把握することができ、なんらかの「気付き」が生まれる可能性がある。

図には、空調機の事案件数を階数ごとに集計したグラフと、空調機の故障モードごとの事案件数を示している。直近の増えている事案の場所やその内容を日々見ることができる。グラフだけでは、わかりづらい情報を、BIM モデルと合わせて把握することで、直感的な情報の把握が可能になると思われ、維持管理体制が高度になったと言える。

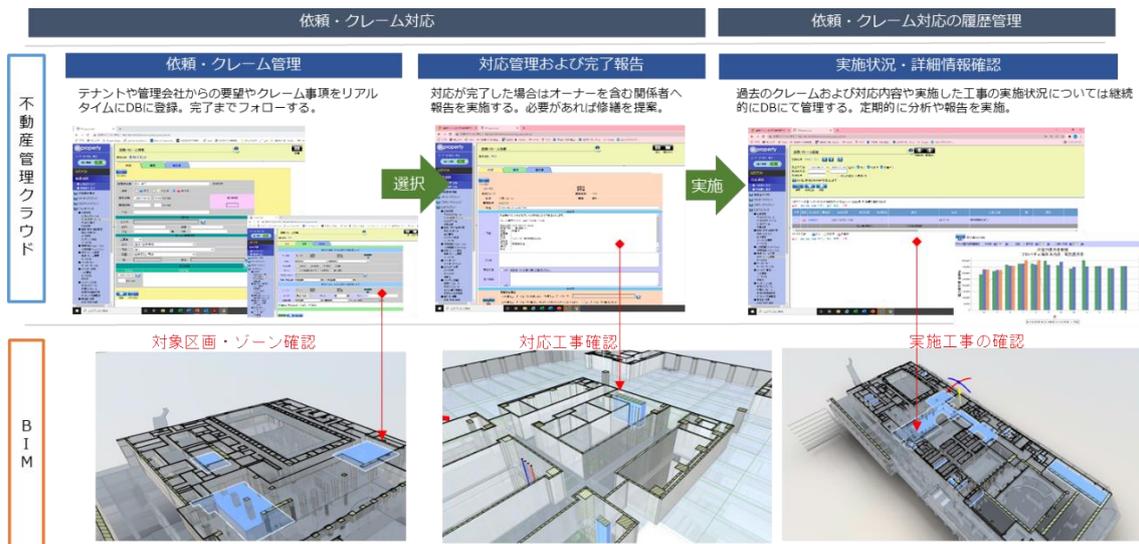


図 5.2.1-1 BIM モデルと FM ソフトの連携の様子(小規模修繕・日常修繕)

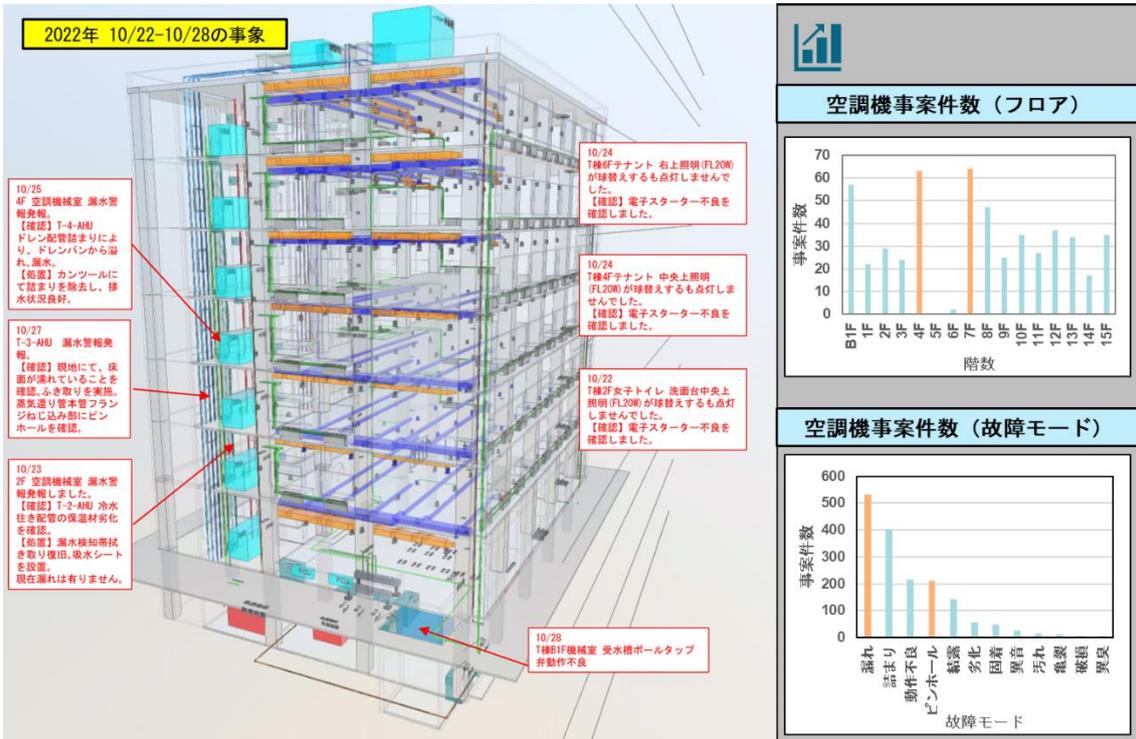


図 5.2.1-2 BIM モデルと FM ソフトの連携の様子(小規模修繕・日常修繕)

また、図 5.2.1-3 にビューアー上で設備機器（空調機）を選択した様子を示す。BIM モデルのビューアー上で設備機器を選択することで、その設備機器のメーカー名や協力会社の情報、更新有無など属性情報や作業履歴等が確認できるようにする。実際の点検や調査、修繕作業等で現地に向かう際、タブレット端末で過去の履歴等を確認しながら、簡単な入力も可能なインターフェースになっていることを想定している。

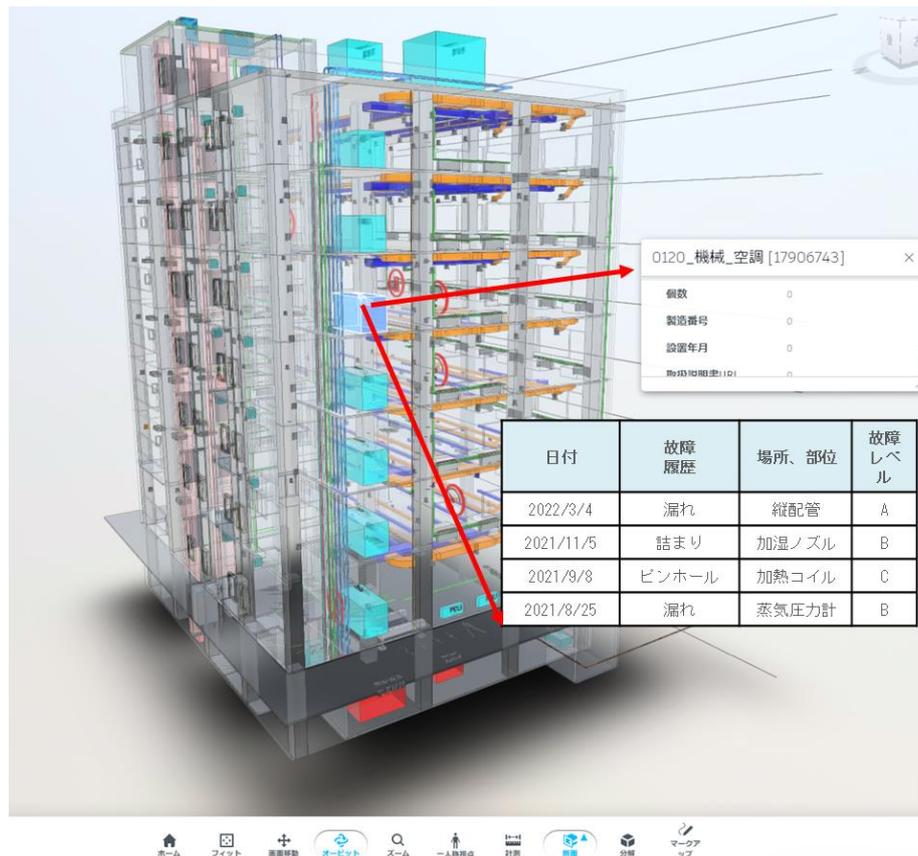


図 5.2.1-3 BIM モデル上でのインターフェースのイメージ

## 5.2.2 未更新箇所の可視化

図 5.2.2-1 に、BIM モデル上に未更新箇所の表示したイメージを示す。管理会社へのヒアリングの際、何度も配管などの設備において、「更新済み」か「未更新」かどうかを把握するのが非常に手間であり、都度図面や履歴を採るのが手間であるという意見があった。BIM モデル上で未更新箇所を色分けされていると一目瞭然なので、便利であるということ了指摘していただいた。そのような意見を反映し、「更新済み」、「未更新」ということを BIM モデル上で、色分けされ表示させる機能を提案する。図の配管でオレンジと黒で塗られている部分が未更新であることを示している。右側に、未更新箇所の故障履歴や予測寿命をあわせて表示している。これらによって、いつ更新すべきかなどの中長期保全計画を立案する際の意味決定を支援すると考えている。このような投資的工事との連携の様子や実施状況の表示の様子を図に示す。予測寿命は、FM ソフト上の作業履歴を 3 章で述べたような処理を自動で行い、カプランマイヤー法等を用いて、信頼度を推定した結果である。今全機器のうち、どの程度まで故障しており（更新しており）、どの程度残存しているか、あとどの程度経過すると平均寿命かなどの情報を日々みながら、業務に従事することができる。このような機能は、大規模施設であるほど、設備数やデータ数が多く、煩雑になるので、真価を発揮すると思われる。

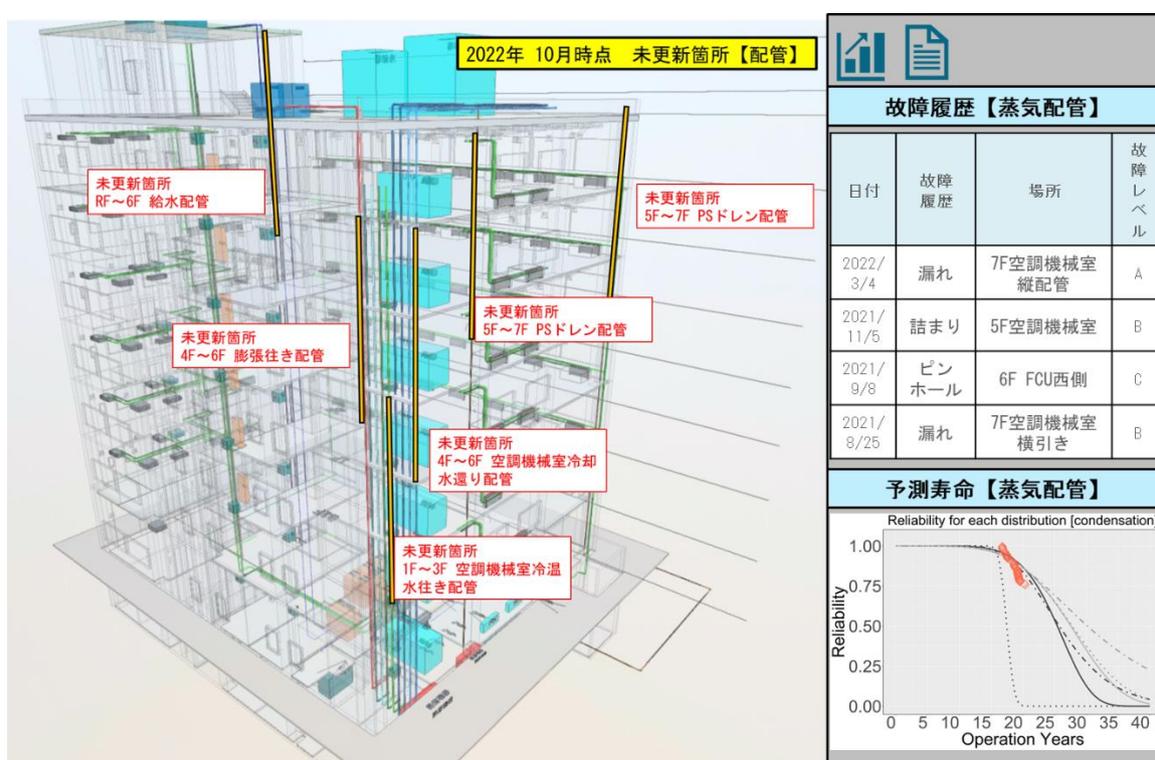


図 5.2.2-1 未更新箇所の可視化のイメージ

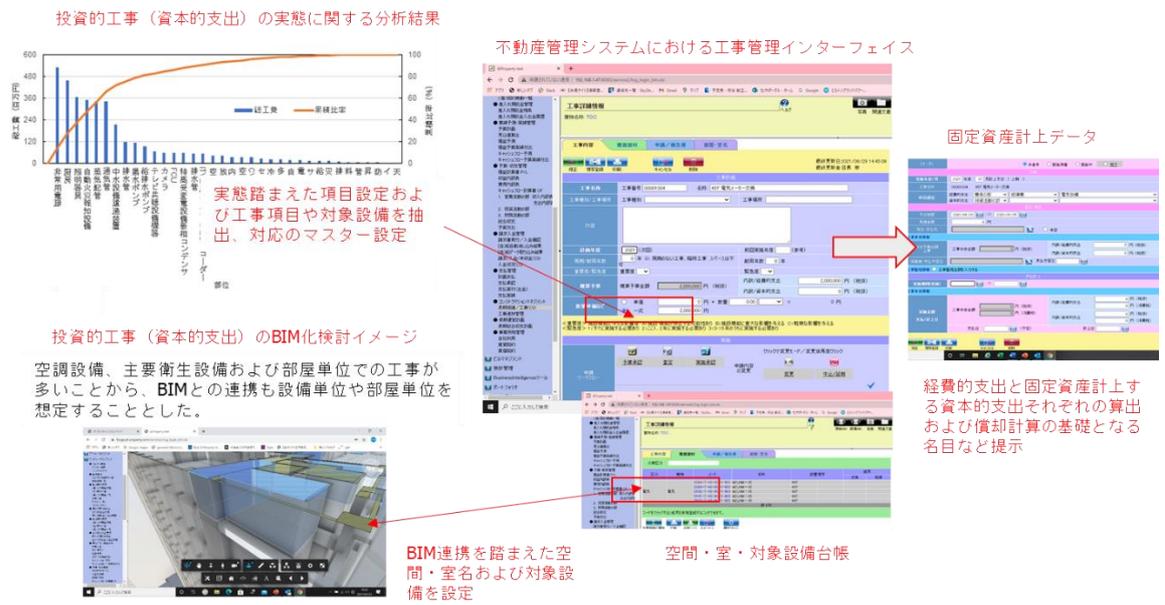


図 5.2.2-2 投資的工事的 BIM 連携の仕組みのイメージ



図 5.2.2-3 投資的工事的 BIM 連携の様子のイメージ

### 5.2.3 アラート機能

作業履歴の分析をしていると、一つある設備の部位に故障が見つかり、同時多発的に、近くの設備や同種の設備に故障が見つかるということが散見された。現状ではこのような現象を技術者が経験的に把握し、予防保全や更新を計画するが、技術者を確保できない将来や熟練の者でなくてもそのような業務ができることを目指し、それを支援する機能を考えた。図 5.2.3-1 には、ある設備部位（空調制御機器（IDC））で故障が相次いでいることを受け、アラートを表示している様子を示している。設備部位の故障が通常より多いことをアラートすることで、管理者の気づきを支援する。

図の右側には、空調機の部位別の故障時期分布を示している。これらのデータ分析の結果も合わせて確認することで、合理的、理論的に意思決定することができるようになる。その他 FM ソフトの消耗品の在庫管理と合わせて、消耗品の安全在庫を切ったことをアラートしたり、ある部屋での作業が非常に多いことをアラートしたりなど、様々なアラート機能が考えられる。これらのデータ分析を組み合わせる業務支援は、信頼性解析といった古典的な手法でも十分真価を発揮するが、AI 等の技術革新により、より発展していくと思われる。

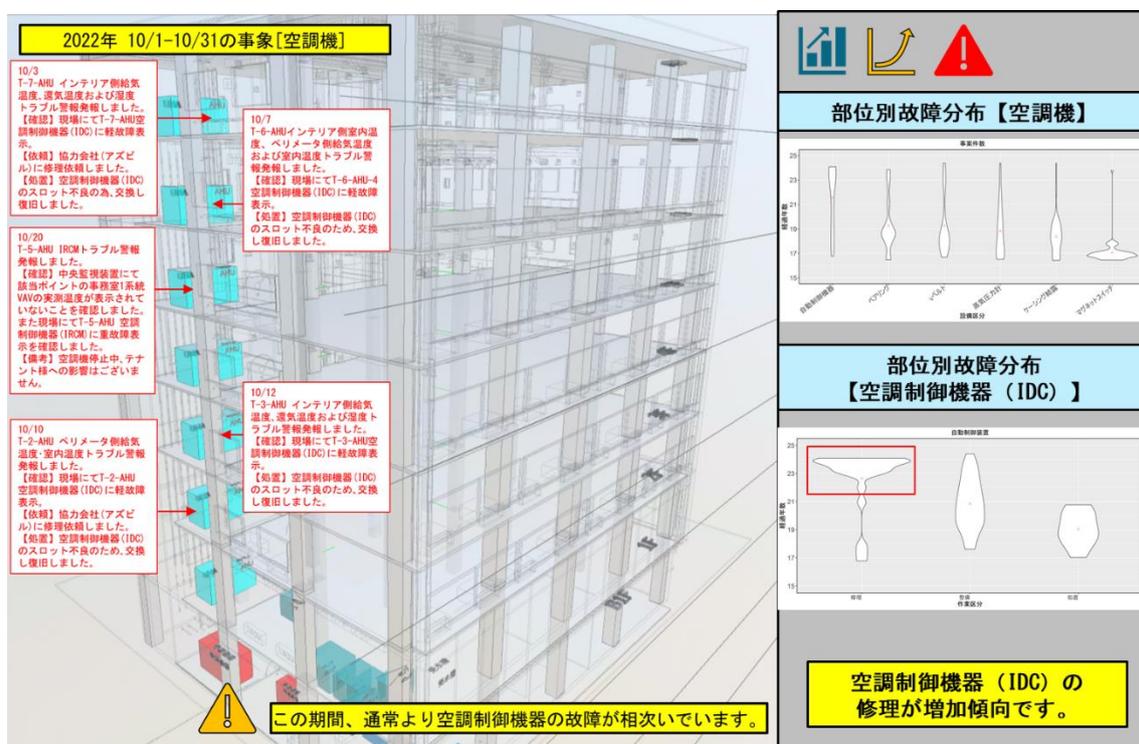


図 5.2.3-1 AI 等を活用したアラート機能のイメージ

## 5.2.4 管理会社への導入

前章では設備の維持管理、いわゆるビル管理、ファシリティマネジメントでの活用方法であった。ここからは、オーナー側の管理、プロパティマネジメントの観点からの活用方法を述べる。ここでも BIM は FM ソフトのビューアーとして捉えることで十分である。一方ファシリティマネジメントと比べると、設備のモデルの必要性は低くなり、部屋単位での管理が前提となる。不動産オーナーの業務として、テナント管理のうち、変動費の請求や区画の変更など契約に関わる項目と BEMS といったエネルギー、メーター管理システムと紐付けることで、空間的に位置・区画の把握、面積情報の利用、契約更新時期のテナントの周知など、業務効率化を手助けすることができる。図 5.2.4-1 にエネルギー管理業務における BIM 活用確認の様子を示す。また、図 5.2.4-2 にテナント管理業務における BIM 活用確認の様子を示す。

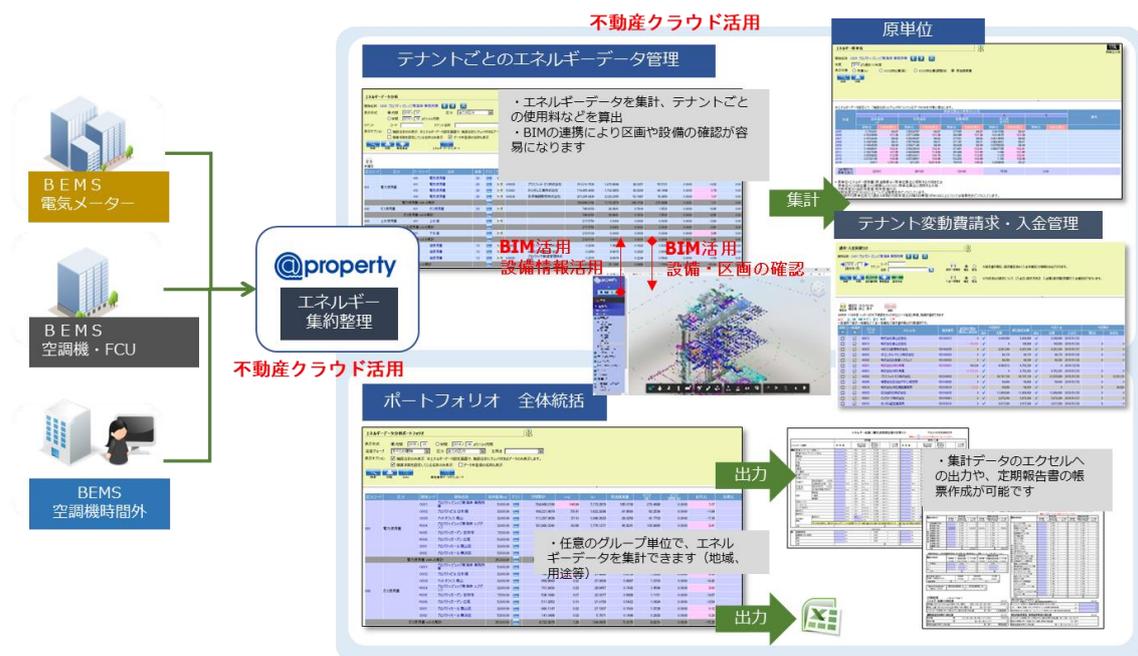


図 5.2.4-1 プロパティマネジメントでの FM ソフトでの業務のイメージ



図 5.2.4-2 プロパティマネジメントでの BIM を活用した業務のイメージ

### 5.2.5 まとめ

図 5.2.5 は今まで文字や紙（2次元）の情報のみで、把握していたものに、3次元による情報の把握をあわせてみた様子である。2次元の図面では、フロアの数だけ図面が必要になり、それぞれの情報が分散してしまう。BIM はこれらの情報を集約するプラットフォームであり、より直感的で、わかりやすく、かつ高度な管理へとつなげることができる。

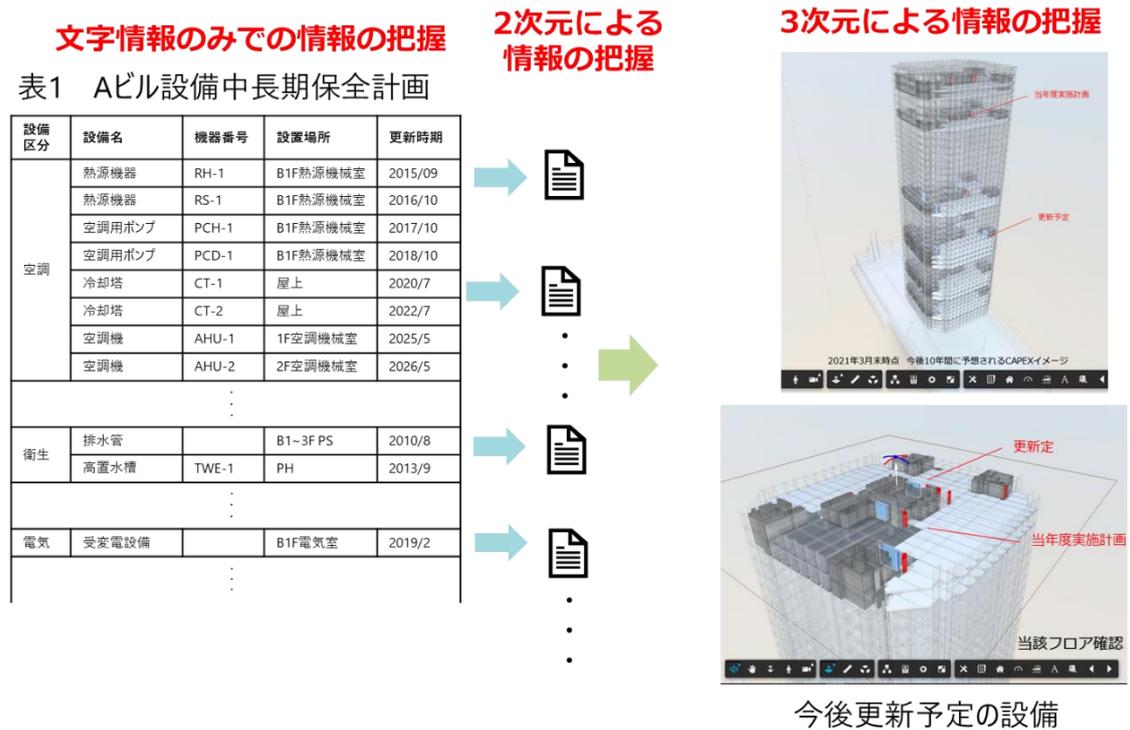


図 5.2.5 空間的な情報の把握

## 第6章 研究総括・今後の展望

---

## 第6章 研究総括・今後の展望

本研究における知見・今後の展望を以下に示す。

- ① 既存大型施設において、業務日報や管理会社へのヒアリングを通して、維持管理の実態を把握した。管理会社ヒアリングから、維持管理における、資産管理情報入力 of 最小単位は「部屋」であり、ほとんどの作業において、テキスト情報にて、場所を特定できるということがわかった。
- ② 日報 LOD の分析により、維持管理に必要な設備の LOD を把握した。点検・予防保全では、平均値 LOD200 近傍が多く、トラブル対応ではほとんどの設備で、LOD300 近傍であることがわかった。多くの設備が LOD200 程度で十分であるとわかった。
- ③ 維持管理 LOD 策定ルールを作成し、適応した結果、LOD100 の設備が 38 区分、LOD200 の設備が 31 個、LOD300 の設備が 1 区分（エレベーター）という結果となった。ほとんどの設備が LOD100～200 であった。適用結果をもとに、設備ファミリー、サンプル建物の BIM を作成した。設備の位置や配管やダクトのルートがわかるようなモデルとした。

BIM モデルを管理会社の方に評価していただいた結果、配管やダクトのルートは正確に把握できたほうが良いことがわかった。空調機等の LOD は LOD200 程度で十分で、非常にみやすいと意見を頂いた。

- ④ 日報データの高度な利用方法として蒸気配管、AHU、FCU にて、信頼性解析を行った。今後の展望として、さらなる設備種類への展開や、消耗品の交換頻度の分析、中長期保全計画の作成方法などの整備が上げられる。また、2013 年からのデータを用いたが、もっと古いデータを用いて分析することで、より正確な分析を行えると考えられる。
- ⑤ 維持管理システム運用方法の提案を行った。未更新箇所の表示やアラート機能の提案を行った。本研究では、現状の維持管理業務での求められる BIM モデルを提案した。今後は、BIM モデルがあって、新しく生み出せることを検討していきたい。
- ⑥ また、実際の建物で構築した維持管理システムを導入し、業務効率化などや実務における課題検証をしていきたい。



## 【参考文献】

- [1] 国立社会保障・人口問題研究所, “日本の将来人口推計 —平成 28 (2016)~77 (2065) 年— 附: 参考推計 平成 78 (2066) 年~127 (2115) 年 平成 29 年推計,” 人口問題研究資料第 336 号, Jul.2017.
- [2] 全国ビルメンテナンス協会, “ビルメンテナンス情報年鑑 2020 第 50 回実態調査報告書”, URL: <https://www.j-bma.or.jp/wp-content/uploads/2020/03/%E3%83%93%E3%83%AB%E3%83%A1%E3%83%B3%E3%83%86%E3%83%8A%E3%83%B3%E3%82%B9%E6%83%85%E5%A0%B1%E5%B9%B4%E9%91%912020.pdf>  
(2021 年 6 月 23 日最終閲覧)
- [3] 一般社団法人 日本ビルディング協会連合会, “不動産業における脱炭素社会実現に向けた長期ビジョン,” Apr.2021. <http://www.jboma.or.jp/wp/wp-content/uploads/2021/03/5c958f0e5034f14e03be4d1b5111e80b.pdf> (最終閲覧日: 2022 年 1 月 26 日).
- [4] 国土交通省, “令和 2 年度 B I Mモデル事業・連携事業 検証結果報告書,” [https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku\\_house\\_fr\\_000119.html](https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_fr_000119.html) (最終閲覧日: 2022 年 1 月 26 日).
- [5] 鳥生 ゆう子, 山本 大, 板谷 敏正, 高口 洋人, “大規模複合施設における BIM を活用した施設管理業務の効率化に関する研究”, 日本建築学会関東支部研究報告集, 第 91 巻, pp.225-228, Mar. 2021
- [6] 山本 大・高口 洋人・板谷 敏正・石田航星, “既存大型施設の日常保全業務における BIM 活用に関する研究-日常保全業務の業務分類と異常発見要因に関する分析,” 2021 年空気調和・衛生工学会大会学術講演論文
- [7] 織田村 嶺, 石田 航星, 板谷 敏正, 北村 奉徳, “BIM における維持管理・運営分野のデータ作成に関する基礎的研究 -維持管理・運営分野におけるデータ構成についての考察-”, 日本建築学会関東支部研究報告集, 第 91 巻, pp.393-396, Mar. 2021
- [8] 上田 紘暉, 山本 大, 高口 洋人, 石田 航星, 板谷 敏正, 大野 晃敬, “既存大型施設 BIM の維持管理情報利用に関する研究,” 2021 年度日本建築学会関東支部研究報告集, Mar. 2022
- [9] 前田 浩行, 井口 雅登, 久保井 大輔, 蜂巢 浩生, “巡視点検記録と不具合履歴を用いた機械学習向け学習用データの作成 保全記録を活用した空調設備の保全計画の最適化に関する研究 (その 1)”, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 2019.8(0), 141-144, 2019

- [10] 井口 雅登, 前田 浩行, 久保井 大輔, 蜂巢 浩生, “機械学習プログラムによる識別モデルの作成と評価 保全記録を活用した空調設備の保全計画の最適化に関する研究 (その2)”, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 2019.8(0), 145-148, 2019
- [11] 市橋 宏章, 田中 芳章, 光永 威彦, 坂上 恭助, “X線透過検査による建築設備配管劣化診断に関する研究 (第3報) IP法の活用事例”, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (福島), Vol.10, Sep., 2021
- [12] 井口 雅登, 久保井 大輔, 前田 浩行, 蜂巢 浩生, “熱源機用の簡易型アナログメーター読み取りシステムの開発 保全記録を活用した空調設備の保全計画の最適化に関する研究 (その5)”, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (福島), Vol.10, Sep., 2021
- [13] 久保井 大輔, 河野 匡志, 荒川 祥子, 吉澤 昭彦, 大橋 巧, 湯澤 秀樹, 井口 雅登, 蜂巢 浩生, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その1 研究概要, 点検データ分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州) 2016年8月
- [14] 河野 匡志, 久保井 大輔, 荒川 祥子, 吉澤 昭彦, 大橋 巧, 湯澤 秀樹, 井口 雅登, 蜂巢 浩生, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その2 熱源設備に関する更新判断基準の検討”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州) 2016年8月
- [15] 久保井 大輔, 西谷 早百合, 河野 匡志, 湯澤 秀樹, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その3 点検対象機器における故障傾向の概観”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国) 2017年8月
- [16] 西谷 早百合, 久保井 大輔, 河野 匡志, 湯澤 秀樹, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その4 設備機器の部位別故障傾向に関する詳細分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国) 2017年8月
- [17] 河野 匡志, 久保井 大輔, 西谷 早百合, 湯澤 秀樹, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その5 モデル建物における空調システムの更新周期の適正化に向けた提案”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国) 2017年8月
- [18] 西谷 早百合, 久保井 大輔, 小池 万里, 河野 匡志, 湯澤 秀樹, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その6 中央式および個別式の空調機器に関する故障傾向分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北) 2018年9月
- [19] 河野 匡志, 久保井 大輔, 西谷 早百合, 小池 万里, 湯澤 秀樹, “建築設備に係わる適正な更新判断基準に関する研究 その7 点検部位の故障発生比率の分析および最適更新周期の分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北) 2018年9月

- [20] 高草木 明, 大澤 昌志, 佐々木有生, “大規模事務所建物の保全現場における繁忙状況の故障・不具合修復に要する時間への影響に関する研究”, 日本建築学会計画系論文集, No.616, pp.145-151, Jun., 2007
- [21] 高草木 明, 大澤 昌志, 佐々木有生, “大規模事務所建物の保全現場における繁忙状況の故障・不具合修復に要する時間への影響に関する研究”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.81, No.720 ,pp.415-425, Feb., 2016
- [22] 丹羽 涼介, 須藤美音, 和田 晃, 高草木 明, “大規模研究所の保全業務を対象とした PDCA サイクルに基づく作業プロセス構造分析”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.84, No.757, pp.631-641, Mar., 2019
- [23] 堤 洋樹, 秋葉 芳, 恒川 淳基, “管理データを用いた経常修繕費の実態把握に関する分析”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.83, No.754, pp.2371-2378, Dec., 2018
- [24] 北岡 泰徳, 小松 幸夫, 板谷 敏正, 商崎 雅人, “企業不動産の維持・管理に関する研究その 1 維持保全工事の実施内容に関する基礎的研究”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸) , Sep., 2019
- [25] 板谷 敏正, 小松 幸夫, 商崎 雅人, 北岡 泰徳, “企業不動産の維持・管理に関する研究その 2 維持保全工事の実施周期に関する分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸) , Sep., 2019
- [26] 商崎 雅人, 小松 幸夫, 板谷 敏正, 北岡 泰徳, “企業不動産の維持・管理に関する研究その 3 維持保全工事の時空間モデルを活用した可視化”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸) , Sep., 2019
- [27] 仲間祐貴, 大西康伸, 位寄和久, “継続的利用と情報共有を可能にする建物維持管理支援のための BIM を活用したウェブシステムの開発”, 日本建築学会技術報告集, Vol.22, No.50, pp.359-364, Feb. 2016
- [28] 仲間祐貴, 大西康伸, 位寄和久, “施設維持管理における 3D ビュー活用の利点と問題点に関する研究”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.84, No.758, pp.1029-1037, Apr. 2019
- [29] 松岡 辰郎, 秋山 克己, 倉形 直樹, 森 雅之, “維持管理工程での利用を考慮した電気設備 BIM モデルの検討”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州) 2016 年 8 月
- [30] 曾根 巨充, “建物履歴管理システムと BIM が連携した建物管理”, 日本建築学会学術講演梗概集 (関東) , Sep. 2015
- [31] 松岡 辰郎, 藤沢 英軌, 阿久津好太, 森 元一, 山本 敦史, 志手 一哉, “建物ライフサイクルにおける BIM 活用の検討 (その 1 ファシリティマネジメントを考慮した BIM 実施計画の試行) ”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿) , Sep. 2014

- [32] 森 元一, 山本 敦史, 志手 一哉, 松岡 辰郎, 藤沢 英軌, 阿久津好太, “建物ライフサイクルにおける BIM 活用の検討 (その 2 BIM モデルの FM 利用のための作り込み考察)”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), Sep. 2014
- [33] 藤沢 英軌, 松岡 辰郎, 阿久津 好太, 森 元一, 山本 敦史, 志手 一哉, “建物ライフサイクルにおける BIM 活用の検討 (その 3 ライフサイクルコストの視点による効果と課題)”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), Sep. 2014
- [34] 志手 一哉, 牧野 能久, 青島 啓太, “BIM を用いた情報一元管理とその可視化に関する研究”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), Aug. 2016
- [35] 森谷靖彦, 江藤久美子, “FM 領域における BIM 活用の可能性”, NTT ファシリティーズ総研, 年報 NTT ファシリティーズ総研レポート, No.25, Jun. 2014
- [36] 船山 花穂, “駅設備管理における BIM 活用の提案”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), Sep. 2019
- [37] 松林 道雄, 渡辺 俊, “BIM モデル化された設計図書を用いた施設管理の効率化”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.82, No.734, pp.1125-1133, Apr., 2017
- [38] 中島章, 井口雅登, 久保井大輔, 古澤昭彦, 池田耕一, 蜂巢浩生: 建築設備の保全計画の最適化に関する研究事務所ビルの空調設備を対象とした故障履歴の分析例, 日本建築学会関東支部研究報告集, 第 86 巻, p.69-72, 2016.3
- [39] 久保井大輔, 西谷早百合, 小池万里, 河野匡志, 一ノ瀬雅之, 鈴木和幸, “ワイブルプロセスモデルによる空調設備機器の故障傾向に関する信頼性解析”, 日本建築学会環境系論文集, Vol.86, No.781, pp.301-310, Mar. 2021
- [40] 板谷敏正, 小松幸夫: 長期間の工事履歴に基づく部位・設備ごとの信頼度の算定及びこれを活用した最適な更新周期の推計, 日本建築学会計画系論文集, 第 82 巻, 第 741 号, p.2939-2948, 2017.11
- [41] 木本 昇一, 三浦 克弘, “保全・運用データに基づく建物維持管理の合理化に関する研究 (第 4 報) 空調用ポンプの保全履歴と信頼性解析”, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (福島), Vol.10, Sep., 2021
- [42] 高草木 明, “事務所ビルにおける故障・不具合発生と保全体制に関する一連の研究”, NTT ファシリティーズ総研, 年報 NTT ファシリティーズ総研レポート, No.26, Jun. 2015
- [43] 松林 道雄, 渡辺 俊, “BIM モデル化された設計図書を用いた施設管理の効率化”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.82, No.734, pp.1125-1133, Apr., 2017

- [44] 星野 竜一, 西片 一成, 渡辺 務, 工藤 正光, 阿部 琢哉, 佐藤 邦男, “設備総合管理からのアプローチによる LCC 削減 (第 3 報) IoT 技術導入による見える化推進事例”, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (福島), Vol.10, Sep., 2021
- [45] 倉田 成人, 小西 貴裕, 山岡 弘文, 近藤 伸一, “建築物の維持管理を目的とした BIM と IoT の連携”, 日本建築学会, 第 42 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.68-71, Dec., 2019
- [46] 松林 道雄, “既存建築物を題材とする BIM データを用いたトラブル発生箇所に類似する箇所の探索”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), Sep., 2018
- [47] 松林 道雄, “漏水発生の可能性を検討するための BIM データを用いた配管情報を収集するツール”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), Sep., 2020
- [48] 公益社団法人全国ビルメンテナンス協会 <<https://www.j-bma.or.jp/aboutbm>> (最終アクセス日: 2020/8/24)
- [49] 小泉 大城, “ワイブル分布によるハードディスクドライブ寿命時間の最尤推定について”, IPSJ Technical Report (Web) Vol. 2017-MPS-114, No.3, pp. 1-4
- [50] アメリカ建築協会 (AIA), “BIM FORUM 2021 Level of Development Specification”, <https://bimforum.org/lod/>, (最終閲覧日: 2022 年 1 月 26 日).
- [51] 平野陽, 川島範久, 安田幸一: 日本における BIM 活用プロジェクトでの Level of Development(LOD)策定の実態, 日本建築学会技術報告集, 第 24 巻, 第 56 号, pp.333-338, 2018 年 2 月
- [52] 空気調和・衛生工学会編, “オフィスビルの設備設計ガイド”, オーム社, Vol 1, Sep. 1997
- [53] 社団法人 日本冷凍空調工業会 空調器委員会・空調器技術専門委員, “空気調和器 (エアハンドリングユニット ファンコイルユニット) を長く安心してお使いいただくために”, <https://www.jraia.or.jp/download/e-book/tenken-air/tenken-air.pdf> (最終閲覧日: 2022 年 1 月 26 日).
- [54] 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修, “平成 31 年度版建築物のライフサイクルコスト”, 一般社団法人 建築保全センター, Vol 2, May. 2019

