

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：82113

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14328

研究課題名（和文）BIM中要素の空間・属性情報と要素間の関係を用いた施設技術者の知識・経験の表現

研究課題名（英文）Representation of facility engineers' knowledge and experiences using building information models that have information of building components and networks between building components

研究代表者

松林 道雄（Matsubayashi, Michio）

国立研究開発法人建築研究所・建築生産研究グループ・主任研究員

研究者番号：50804671

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題ではBIM（Building Information Modeling）が持つデータ構造を踏まえ、要素の空間・属性情報と要素間の関係性を用いて施設技術者の知識・経験をルール化し、施設管理業務に活用するための手法として開発することを目指した。屋根スラブまたは外壁が起点となり外部から水が建物内に侵入するといった建物故障に焦点を当てた。最初に対象の部屋と起点となる要素との重なりを調べる。そして、この結果のジオメトリに接触する他部位の有無を調べる。思考で捉える部位間の関係性を、要素の形状操作や移動を扱うプログラムとして記述することにより、BIMソフトウェア上で実行される操作として表現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義としては、BIMモデル中の個々の要素の空間・属性情報や要素間の関係性といったBIMが持つデータの性質を用いて、施設技術者の知識・経験を表現するという情報活用の新しい一面を提示した点に新規性を捉えている。

社会的意義としては、既存の媒体である紙またはCADによる設計図面と比較した際に、思考における建物部位の操作をBIMソフトウェア上で表現するといった、既存媒体では実現できない情報活用のあり方を提示した点に意義を持つ。かつ建物の維持管理場面において、設計・施工時に構築されたBIMモデルを活用する際の参考になり得る知見と考える。

研究成果の概要（英文）：Based on the data structure of a building information model, this research project aimed to develop a method to rule the knowledge and experience of facility engineers using spatial and attribute information of elements and relationships among elements, and to use it in facility management operations. Focused on failures such as rainwater entering buildings from outside starting at rooftop slabs or exterior walls. The first step is to examine the overlap between the target room and the starting element. The presence or absence of other parts in contact with this resulting geometry is then examined. The relationships between building components captured in the thinking were expressed as operations performed on BIM software by describing them as programs that handle shape manipulation and movement of elements.

研究分野：情報システム技術、建築計画

キーワード：BIM 漏水 ジオメトリ操作 屋根スラブ 外壁 視覚化 想定範囲の描画

### 1. 研究開始当初の背景

BIM (Building Information Modeling) とは、コンピュータ上に設計情報を集約させ、仮想の建築物を実寸で構築する発想・手法を指す。その特徴として、オブジェクト 3D-CAD を用いること、線や四角などの幾何ではなく建築・設備要素 (壁や床、天井、建具など) を組み合わせさせて配置し作図していくことが挙げられる。2019 年には「建築 BIM 推進会議」が設置され、官民が一体となった情報基盤の整備が進行している。しかし、現状は企画設計、施工部門へ展開されるものの維持管理へのそれはまだ少なく、建物のライフサイクルを通じた活用には至っていない。理由として維持管理を意識した情報基盤整備を進めるにも、これらの活用像・メリットが確立されていないことが挙げられる。そして、このことから既存手段と比較しても、設計初期段階の BIM データ作成の手間の価値が見出せないと捉えられてしまう。

ところで、BIM に関連する学術的研究は情報処理技術の発展との均衡の中で展開されてきた。そのため、形状に関する要素間干渉の評価、属性情報の項目整備など、個々の要素の性能を充実させ、また要素単体の活用に重点が置かれる研究が多い。しかし、昨今はビッグデータや AI 等に代表されるように、豊富なデータを組合せて活用できる程にコンピュータ性能が向上している。BIM に関してもデータベース内要素を組合せて活用できる基盤が整っており、今後の BIM 研究の発展可能性はここにある。また、既存建築ストックの維持更新においては技術者不足の問題も指摘されており、これを解決するために従来の図面媒体との対比で BIM・CIM (Construction Information Modeling) が期待されている。ここで課題解決に向けたデータ活用のあり方として、熟練技術者の知識や経験が、BIM 内要素の空間・属性情報とこれら関係性を以って記述し使用できれば、施設管理場面における新たな利用像提示に繋がる。

### 2. 研究の目的

以上を背景として本研究の目的は、BIM のデータ構造を介して要素の空間・属性情報及び要素間の関係性を用いることにより施設技術者の知識・経験をルール化し、施設管理業務に活用するための手法として開発することにある。具体的には、典型的な故障に対して、これら手法を用いて今後、同様な故障の発生可能性のある施設内箇所を推定していくことを目指す。

### 3. 研究の方法

図 1 のイメージに示すように、インタビューや文献調査から抽出した施設技術者の知識・経験を、BIM モデル内に配置された要素やこれのデータ構造を用いて表現し、同様な性格を持つ一式を BIM モデルから検索するための手法として開発する。題材として老朽化施設を多く抱える文教施設を主に扱う。また、文教施設で相談される頻度の高い故障内容から漏水を最初のケーススタディとして取り上げる。次に記す(1)~(3)を連動させながら研究を遂行する。

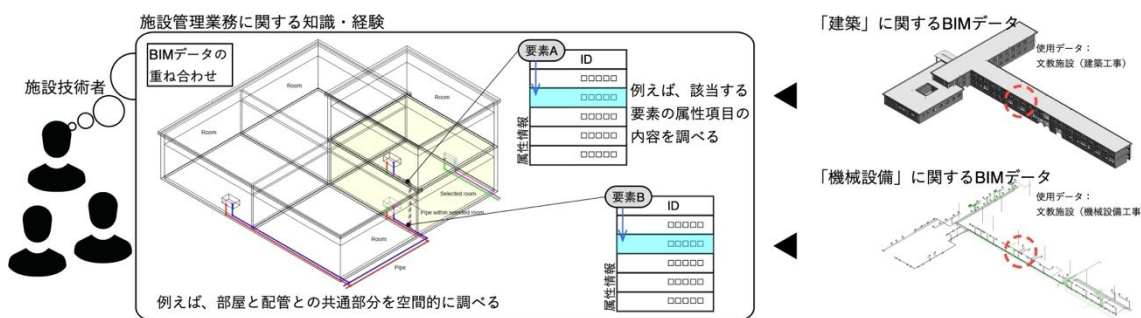


図 1 故障に関連する要素と BIM のデータ構造を用いた知識・経験の表現イメージ

#### (1) BIM データを用いた施設技術者の知識・経験の表現

施設担当職員へのインタビュー及び施設管理業務を通じて作成された資料の観察から、建物故障の発生要因をモデル化する。そして、これに関連する要素と属性情報を選定し、また BIM のデータ構造を辿り空間的・ネットワーク的につながりのある要素を選定する。選定する要素は同クラスだけでなく上位クラスも考慮する。選定した要素及び要素間の関係を用いて施設技術者の知識・経験を表現し、類似の性格を持つ要素を探索するためのプログラムとして開発する。開発したプログラムについては建物全体に検査をかけ、その結果の類似箇所の内容から精度を判定する。

#### (2) 国立大学法人等施設を対象とした現地調査・インタビュー調査

(1)から割り出された施設内箇所の妥当性を判断するために、文教施設の該当箇所を都度観察する。かつ施設担当職員へのインタビューから建物故障の詳細を把握する。開発状況に合わせるが、基本的に毎年度実施する。

#### (3) BIM データの構築・充実化

(1)において、BIM データ中の各要素が持つ形状や属性情報、また要素間の関係を利用する。よって、各建築・設備要素の属性項目への入力も含めた既存建築物の BIM データ作成が先立って必要である。そのためケーススタディの設定に伴い、現地での測量から得られる建物情報を追加するなど、BIM モデルの完成度を高めるための構築を都度実施していく。

#### 4. 研究成果

##### (1) 研究の主な成果

研究期間を通してケーススタディの建物故障には、既存建築物の屋上防水及び外壁の劣化に付随して発生する雨漏り・水漏れを取り上げた。インタビューから聞かれる頻度の高い建物故障の一つに雨漏り・水漏れがあった。そして、この建物故障の発見・理解を助けるためのアドオンツールを作成することとし、モデリングに用いる BIM ソフトウェアのアドオンツールとして開発した。

「BIM データを用いた施設技術者の知識・経験の表現」に関して、アドオンツールは漏水の報告のあった部屋を対象として調べる。アドオンツールにて取り扱う建物部位は図 2 の通りとした。屋上防水を起点とした漏水拡大に関係する建物部位を特定していくフローは図 3 の通りに設定した。このフローについては、発生箇所の部位（屋上防水、屋根スラブ）に接触する他部位（梁等）を順番に伝って水が室内に侵入するという施設担当の技術者の意見を基礎として組み立てた。発生箇所から隣接する部位を順番に伝っていく段階を BIM モデル内に配置される要素を用いて記述した。BIM モデル内に集約される要素の操作として形状変更及び移動を用いた。浸水する範囲については、隣接する部位を調べる段階の数にて調整するものとした。図 4 に示すようにアドオンツールは調べた結果を平面図ビュー上に表示させる機能、拾い上げた要素を部位ごとに区別し想定ひび割れ長さを計算する機能を持つ。起点となる部位別にてアドオンツールを作り、屋根スラブを起点とするケース以外に、外壁を起点とするケース（漏水拡大に関係する建物部位を特定するフローは図 5、アドオンツール実行の様子は図 6 の通り）を作成した。ツール開発に当たっては「国立大学法人等施設を対象とした現地調査・インタビュー調査」から得た情報を参考とした。ケーススタディの建物故障の選定、開発したアドオンツールの評価に関連して、国立大学法人等の施設担当職員へのインタビューを複数回実施した。また、開発したアドオンツールの動作を検討するために、国立大学法人等・庁舎の施設を対象にケーススタディの建物故障に関連する部位の観察等を複数回実施した。開発には雨漏り・水漏れを取り扱う文献も参考とした。「BIM データの構築・充実化」に関しては、研究代表者に所属機関変更があり、取り扱う施設を見直した。現所属機関に関連して事務所建築の BIM モデルを新規にて作成した。また、事務所建築及び国立大学法人等施設の BIM モデルについて、開発ツールの動作確認に対応できるよう都度データ修正を実施した。

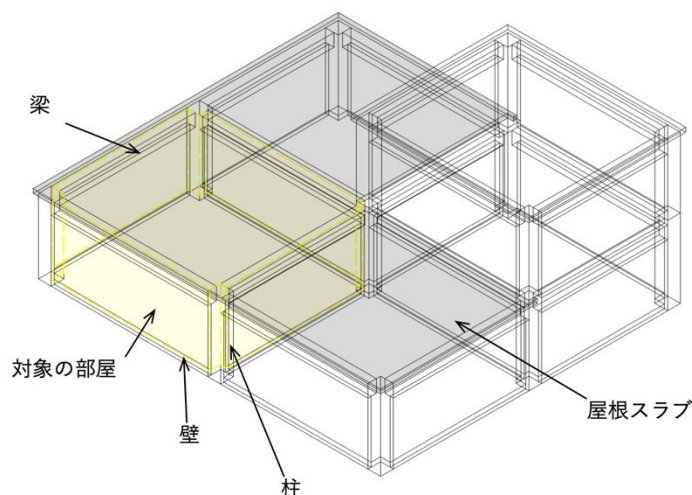


図 2 アドオンツールにて取り扱う建物部位（文献 1）

##### (2) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

学術的意義としては、BIM モデル内の個々の要素の空間・属性情報及び要素間の関係性といった BIM が持つデータの性質を用いて、施設技術者の知識・経験を表現するという情報活用の新しい一面を提示した点に新規性を捉えている。

社会的意義としては、既存の媒体である紙または CAD による設計図面と比較した際に、思考における建物部位の操作を BIM ソフトウェア上で表現するといった、既存媒体では実現できない情報活用のあり方を提示した点に意義を持つ。かつ建物の維持管理場面において、設計・施工時に構築された BIM モデルを活用する際の参考になり得る知見と考える。



(3) 今後の展望

本研究課題では漏水という建物故障の種類に焦点を絞ったが、これ以外にも施設技術者の知識・経験によって記述できる建物故障があるかどうかを施設担当職員へのインタビュー及び文献調査を通じて調査していくことが挙げられる。BIM データ操作の観点からは、BIM モデル内の要素間の関係に注目して、漏水の伝播する建物部位の候補について、形状に着目した選定以外に属性情報の内容によって選定するといった手法を開発していくことが挙げられる。

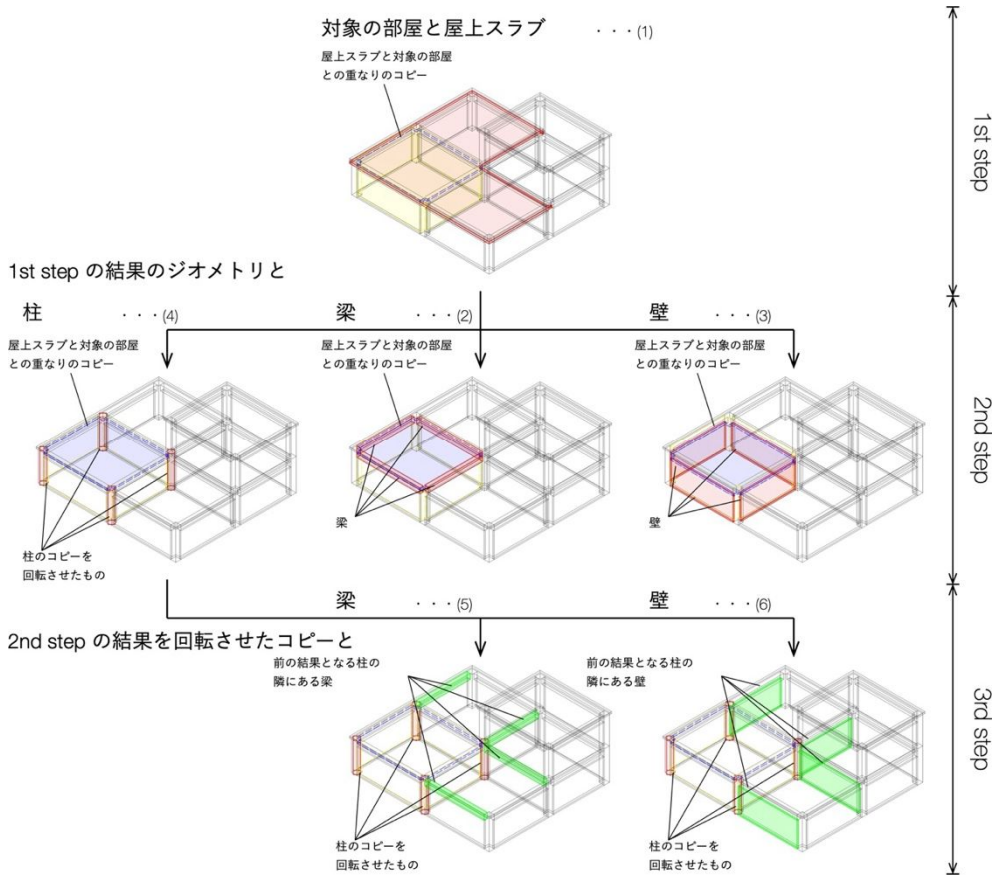


図3 屋上防水を起点とした漏水拡大に関する建物部位を特定していくフロー（文献1）

[Rooftop waterproof]	
Area of overlap between target room and rooftop slab:	128.29 (m <sup>2</sup> )
Area of rooftop slab that have overlap with target room:	660.82 (m <sup>2</sup> )
[Crack]	
Estimated total length of crack:	126.08 (m)
Breakdown (type, [number], subtotal)	
Rooftop slab:	14.8 (m)
Beam:	15.9 (9.6 (m))
Wall:	9.3 (30.48 (m))
Column:	10.0 (60 (m))
Beam next to the column:	7.0 (4.48 (m))
Wall next to the column:	3.0 (6.72 (m))

図4 屋上防水を起点としたケースにおけるアドオンツール実行の様子（文献1）

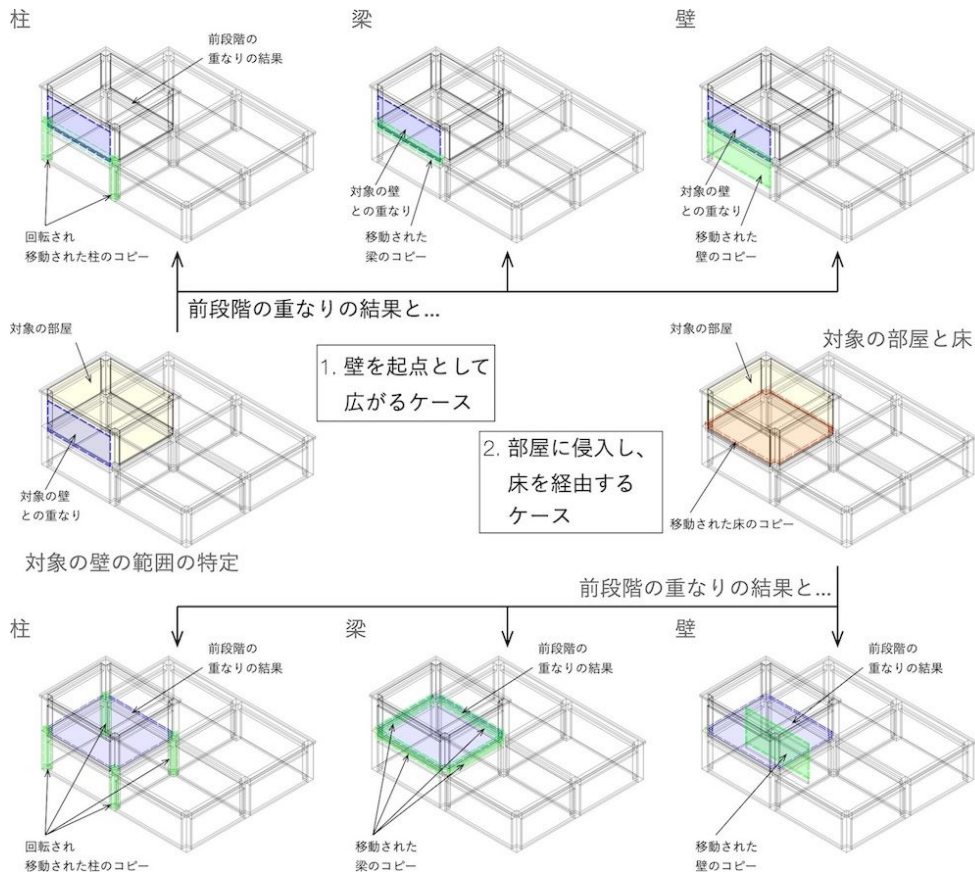


図5 外壁を起点とした漏水拡大に関係する建物部位を特定していくフロー（文献2）

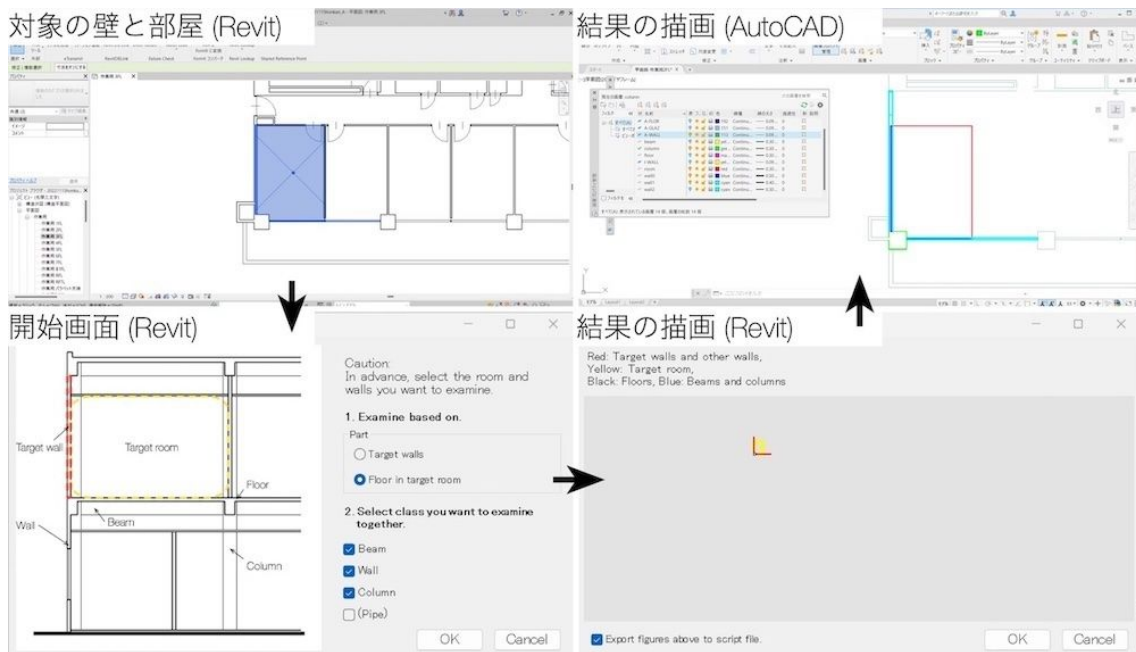


図6 外壁を起点としたケースにおけるアドオンツール実行の様子（文献2）

< 引用文献 >

- 1) Michio MATSUBAYASHI: Tool for estimating scope of building damage based on results of geometric operations between elements in building information models. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 2023: 1-17. doi:10.1080/13467581.2023.2278891
- 2) 松林道雄：BIMに含まれる要素のジオメトリ操作を通じた漏水の想定影響範囲の描画。2023年度日本建築学会大会（近畿）学術講演梗概集，情報システム技術，pp. 279-280, 2023-09

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Michio Matsubayashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Tool for estimating scope of building damage based on results of geometric operations between elements in building information models	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Asian Architecture and Building Engineering	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/13467581.2023.2278891	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 松林道雄	4. 巻 28(69)
2. 論文標題 BIM内要素への操作を通じた建物故障を検討するための形状情報の抽出と描画	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会技術報告集	6. 最初と最後の頁 1043-1047
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijt.28.1043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松林道雄
2. 発表標題 BIMに含まれる要素のジオメトリ操作を通じた漏水の想定影響範囲の描画
3. 学会等名 2023年度日本建築学会大会（近畿）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松林道雄
2. 発表標題 BIM中要素への操作を通じた漏水故障に関連する複数部位の位置の表示
3. 学会等名 日本建築学会情報システム技術委員会第44回情報・システム・利用・技術シンポジウム
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------