

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：50103

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13906

研究課題名（和文）BIMのデータ構造と修理記録を手掛かりとした効果的な施設管理のための建物情報活用

研究課題名（英文）Use of building information for efficient facility management based on both data structure of building information models and information described in repair records

研究代表者

松林 道雄（MATSUBAYASHI, Michio）

釧路工業高等専門学校・創造工学科・助教

研究者番号：50804671

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題は、3次元の建築情報モデル（BIM: Building Information Model）が持つデータ構造を踏まえて、過去の建物故障の修理記録と関連づけて利用する手法の開発を目指し開始した。BIMが持つデータ構造を意識した手法として2種類を開発した。一つは起点となる要素（建具）からBIMデータをたどって関連のある別クラスの要素（壁、部屋）にアクセスし、これの属性情報を取得し活用する手法である。もう一つはBIMデータ中の異なるクラスの要素どうし（例えば、部屋と配管）を重ね合せ、これら共通部分の形状情報を取得する手法である。

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中の個々の要素が持つ形状情報または属性情報だけでなく、あらかじめ定義されているクラス間の関係も利用するという、設計情報活用の新しい一面を提示した点に新規性があると考えられる。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、これらでは実現できないような設計情報活用のあり方を提示できた点に大きな意味を持つ。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）：We started the research project to develop a method to effectively use three-dimensional building information models in conjunction with repair records of past failure. We developed two kinds of method that employed data characteristics of building information models. One is the method to access other class's element by tracing a relation between elements and acquire its attribute information. The other is the method to acquire intersection's shape information by superimposing a class's element to other class's element.

研究分野：建築情報学、建築計画

キーワード：BIM 属性情報 形状情報 要素間の関係 建具 漏水 既存建築ストック 維持管理

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、実スケールのバーチャルな建物を構築する発想を指す。その特徴として、オブジェクト 3D-CAD を用いること、線や四角などの図形ではなく建築・設備要素 (壁や床、天井、建具など) を組み合わせて配置し作図していくことが挙げられる。

2009 年以降、国内で BIM を取り上げるいくつかの出版があり、近年急速に注目が集まっている。またフロントローディングの効果が認められ、新規建設プロジェクトにおいては BIM による設計情報の構築・管理が普及しつつある。しかし、現状は企画・設計における技術開発が先行し、施工部門への展開は見られるものの維持管理へのそれは限りなく少なく、建物のライフサイクルを通じた活用までには至っていない。理由として、維持管理場面においては BIM の活用像やメリットが確立されていなく、既存施設に対して BIM データを作成する手間が煩雑と捉えられてしまうことが挙げられる。

BIM に関連する学術的研究は設計情報を構築するための手法を成立させるための技術開発を中心に展開されてきた。BIM の形式に各種情報を適合させることがゴールとなってしまうからか、作成・収録されたデータに対して BIM を成立させるための情報技術から紐解いて活用するような取り組みは圧倒的に少ない。そのためか維持管理場面において BIM の有効性を判断する材料は乏しい。維持管理場面では、建物故障の修理記録など日常の施設管理業務から発生する情報と設計・施工情報とが如何に連携できるかが重要であり、この点において BIM を活用する手段が見出せれば、施設管理における新たな利用像の提示に繋がる。

2. 研究の目的

以上を背景として本研究では、BIM のデータ構造を手掛かりとし、過去の建物故障の修理記録と関連づけて利用する手法を開発することを目的とする。具体的には、これらを用いて今後、同様な事故・故障が発生する施設内の箇所を推定できるという、施設管理において効果的な建物情報活用の手法として開発することを目指す。

3. 研究の方法

図 1 のイメージに示すように、故障・トラブルが発生する箇所については、施設管理業務にて作成された故障または修理記録を手掛かりとする。修理記録に記載された建物の中の故障・修理が発生した要素を起点とし、BIM が持つデータ構造を踏まえて、これに空間上・ネットワーク上接続する要素で故障の関連から捉えられるものも拾い上げ、これらを一式として扱う。そして建物内の他箇所が、これら一式と類似しているかどうかを調べることによって判定することを目指す。

題材として釧路工業高等専門学校 (以降、釧路高専) また筑波大学の施設を扱い、これらにおいて発生頻度の高い建物故障からケーススタディを設定していく。これら施設の維持管理において、発生する建物内の故障・修理の記録を使用する。以下の 3 種類の作業を連動させて研究を遂行する。

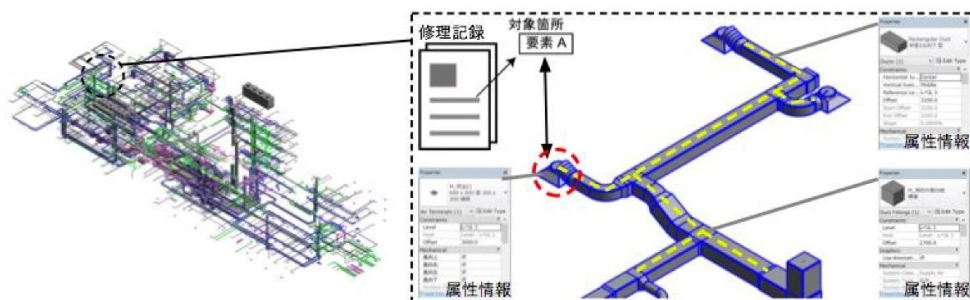


図 1 故障の対象となる要素と BIM データを介した周辺要素とのつながりのイメージ

(1) 類似度判定手法の開発

選定した故障内容について修理記録を詳細に観察すること等を通じて、当該要素また関連のある要素を設定していく。関連のある要素については、当該要素から BIM のデータ構造をたどり空間的・ネットワーク的につながりがあるか否かも判定した上で選定する。選定した要素の形状・属性情報を組み合わせるなどし、類似度を判定するためのルールを検討する。BIM ソフトウェア上で実行するツールとして開発する。

開発したツールについては、構築した既存施設の BIM データに対して実行し、その効果を確認する。例えば、ツールを実行した結果として割り出された箇所につき、(3)の現地調査またインタビュー調査で得た情報から実情と対応しているかどうかを判断する。実用度の高いツ-

ルとなるように、ツール開発または修正と実行結果の確認の順番に進め、これを一つのサイクルとして繰り返す。

(2) 既存施設の BIM データ構築

(1)の作業には、BIM データ中の各要素が持つ形状情報や属性情報、また要素間の関係を利用する。そのため、各建築・設備要素の属性項目への入力も含めた、既存施設の BIM データ構築作業が先立って必要となる。対象施設を選定した後に設計図書の保管状況、実施された工事の状況を把握した上で、BIM データ構築に使用する設計図書を選定する。また BIM ソフトウェアを使用する際の作業効率の観点から、選定した設計資料自体の電子化も行い、電子媒体の図面を参考として構築作業を進める。ケーススタディの対象の中から、釧路高専の校舎を優先して取り上げる。

また、(1)で開発するツールが扱う対象により、これに必要なデータの追加作業を都度行う。

(3) 施設調査、インタビュー調査

(1)にて開発する手法の案を検討するために、対象施設の故障発生箇所を都度観察し、また施設職員へのインタビュー調査を実施する。そして、(1)にて開発した手法の有効度を判断する際にも、これらの調査を実施する。

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

次に記載する 2 ケースに対応した各ツールが主な成果となる。一つは建物内の部位を対象としたものである。もう一つは故障種類を対象としたものである。

ただし、申請時に設定した類似度判定手法という考え方に関して、当研究期間において捉え方・定義を大きく変更した。理由として、故障・修理記録など施設管理業務から発生する記録は必ずしも統一された表現がなされていなかったことが挙げられる。例えば、発生箇所に関して、部屋名で記載される場合もあれば、目印となる箇所で記載される場合もあり、その表記は必ずしも統一されていなかった。また、故障の状況説明についての表現も多様であった。そのため、大量のデータに基づいて類似度や傾向を捉えるような方法が取れなかった。

建具（ドア）など建築部位に注目したケース

ドアなどの建具を起点としてこれを含む壁オブジェクトとこれに面する部屋オブジェクトにアクセスし、ID などこれらの属性情報を取得するツールとして開発した¹⁾。BIM データを介して建具に部屋の ID を付与し、これに様々な部屋の属性情報（例えば、部屋の利用人数）を紐付けることにより、ドアの故障の要因を検討していくというシナリオを想定したものである。ドアは壁の中に含まれるという性質、ドアは 2 つの部屋に面しているという性質を利用した（図 2）。図 3 左に示すように、BIM ソフトウェア上でツールを実行し、BIM データ中の各建具に関する属性情報を書き出す。図 3 右は書き出した属性情報の一覧である。書き出す表には建具の属性情報に加えて壁や部屋のものも記載させた。

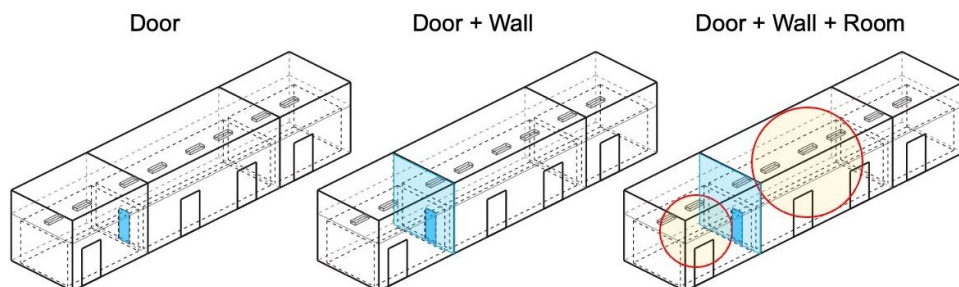


図 2 ドアとデータ上のつながりのある要素（壁、部屋）

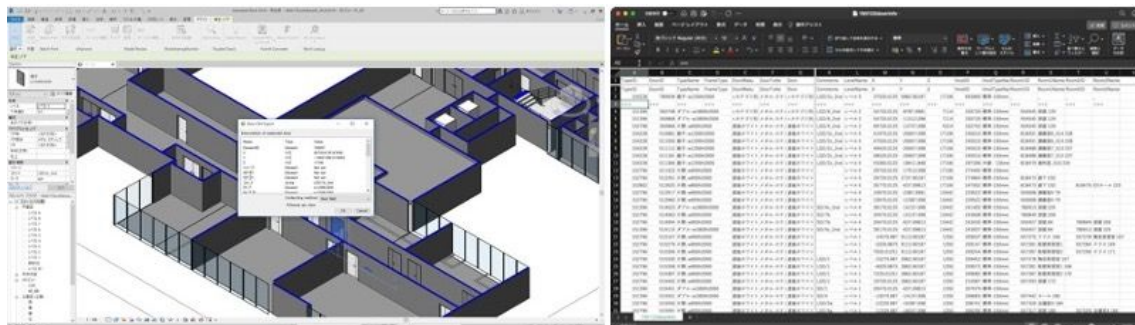


図 3 BIM ソフトウェア内の実装（左：実行画面、右：書き出したファイル）

「類似度判定手法の開発」に対応する作業として、修理記録の観察から、ドアや窓などの故障は、これらがその対象として明確に記載されることが多いことを確認した。そのため、これらの部位を起点とすることとした。故障との関連については、ドアの持つ仕様に故障に影響す

る項目が含まれる、ドアが置かれている部屋の利用状況が故障に関連しているという可能性を想定した。そして、BIM が持つデータ構造を踏まえて、作図をする際に壁の中にドアを配置するという性質、ドアは表裏で部屋に面しているという性質を利用した。また、面する部屋の確認方法については、属性情報を用いる方法以外に、ドアの代表点を生成しこれを前後左右に微小に移動させ面する部屋を調べるという方法も試行した。

「既存施設の BIM データ構築」に対応する作業として、当ツール開発の時点では釧路高専施設のデータ構築を終えていなかった。そのため、ツールの実行には筑波大学施設の BIM データを使用した。使用した部位は建具と部屋であったため、建築工事の設計図書に記載される情報のみでツール実行が実現できた。

「施設調査、インタビュー調査」に対応する作業として、ドア等の故障の要因には何が挙げられるかについてインタビュー調査を実施し意見収集した。

漏水など故障種類に注目したケース

漏水という故障種類に注目し、この故障に関連する建物・設備部位を抽出してこれらの属性情報を集計する²⁾、また形状情報を平面図に描画するツールとして開発した³⁾。建物内にあると視認できない、天井裏または床下にある配管などの建物・設備部位の位置を把握できることを目指したものである。

「類似度判定手法の開発」に対応する作業として、修理記録の観察からは、対象の捉え方を見直し、故障内容で捉えることとした。故障の進行状況が多様である漏水をケーススタディの対象として設定した。ツールの性格は、故障発生の可能性を判断するための描画や情報提供となる。部屋の中に居ながらも天井等からの漏水の発生可能性のある箇所を把握できることを目指し、インタビュー調査を通じて関連の深い部位として配管と屋上スラブ、ルーフドレンの3種類を設定した。BIM のデータ構造を踏まえた点として、図 4 に示すように、BIM データ内の部屋オブジェクトと、天井の上部に位置する配管または屋上スラブ等との重なりを調べる点にある。そして調べた結果の形状情報を取り出し平面図ビュー上に描画する。直接重ね合わせが出来ない場合は、部屋オブジェクトを変形させるなど BIM データ中要素を操作した。描画については、BIM ソフトウェア上にウィンドウを発生させてこれに描画する機能(図 5)、また、CAD ソフトウェア上で図面として描画するための機能を開発した(図 6)。

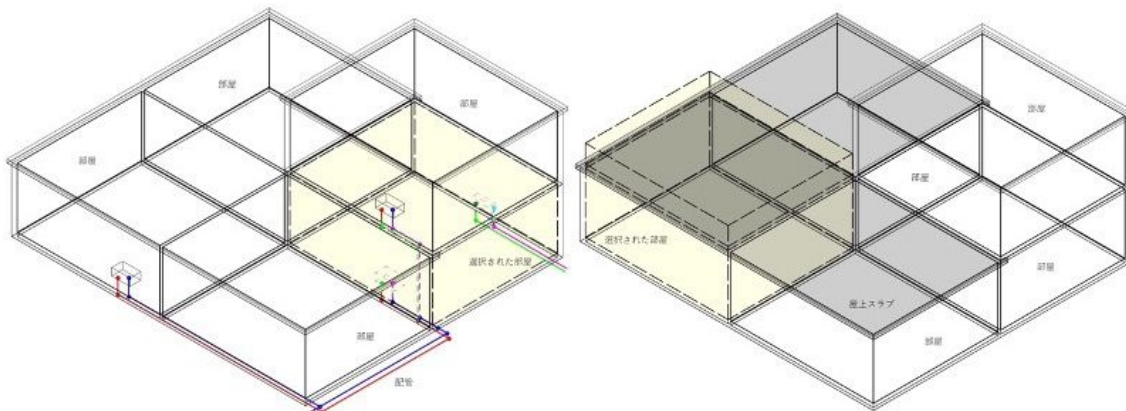


図 4 BIM データ内要素の操作について (左: 配管、右: 屋上スラブ)

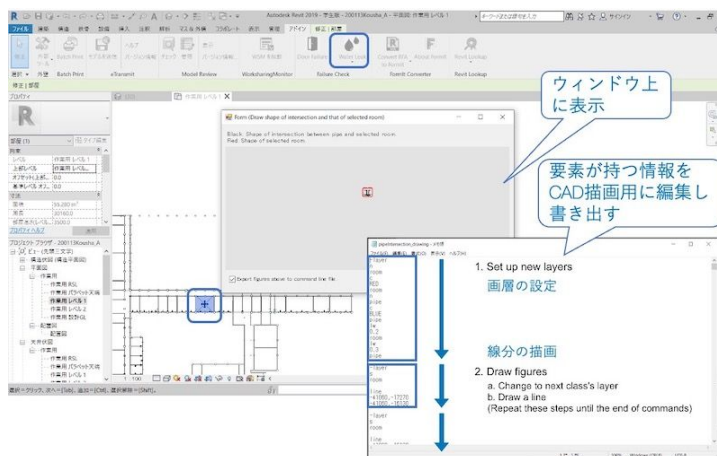


図 5 BIM ソフトウェア内の実装 (配管のケース)

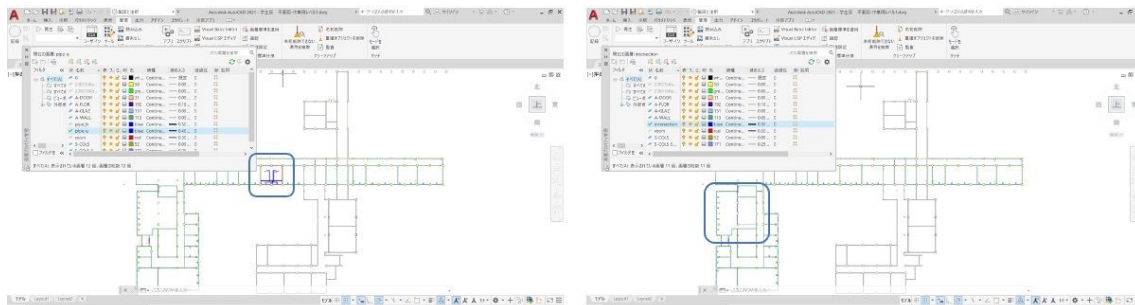


図6 提案手法による建築要素位置の描画（左：配管、右：屋上スラブ）

「既存施設の BIM データ構築」に対応する作業として、当ツールで扱う要素は機械設備工事のものにも及ぶことから、釧路高専施設について機械設備に関する要素の追加配置を重点的に行った。配管要素の配置においては、位置の正確さがツールの実行結果に大きく影響したことから、ある程度の正確さを意識した作業（要素配置）が大事であることを確認した。

「施設調査、インタビュー調査」に対応する作業として、インタビュー調査では漏水の内容がどのように建物部位と関連づけられるかを重点的に聞いた。

(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 中の個々の要素が持つ形状情報と属性情報だけでなく、あらかじめ定義されているクラス間の関係も利用するという、設計情報活用の新しい一面を提示した点に新規性があると考えられる。ただ、当研究にて提示した BIM データの活用方法は萌芽的な性格の方が強く、即座にインパクトを与えるものではない。しかし、国内外において維持管理場面における BIM データ活用の新しい姿を提示するものであると考える。

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、これらでは実現できないような設計情報活用のあり方を提示できた点に大きな意味を持つ。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 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

建具（ドア）など建築部位に注目したケースに関して、追加する他クラスの要素（部屋）に紐付ける属性情報の収集の仕方も含めて、一つの方法として提示できることを課題とする。部屋 ID に紐付ける情報として、もし施設内の各部屋の利用状況を表現したものがあれば、ドアの故障を説明する資料として使用することができる。ただ、こうした情報はあらかじめ準備されているとは限らない。施設担当以外の部署で管理する資料も含め、紐付ける属性情報の候補を検討していく。

漏水など故障種類に注目したケースに関して、本研究期間では単体の部位の表示に留まっている。漏水が進行していくプロセスを細かく捉えるならば、取り上げた部位を起点として他の部位に伝播し、最終的に部屋内に侵入すると考えるのが妥当である。そうした場合、起点となる部位に接する部位も併せて表示するというヒントが浮かび上がる。そこで、漏水が伝播するプロセスに含まれる部位を一堂に集めて表示させることを課題とする。

また、漏水などの故障種類に注目したケースへの取り組みを通じて、故障が進行するプロセス、そして、これを捉えた施設技術者が持つ知識・経験も、BIM 中の要素の形状情報や属性情報、要素間の繋がりを利用すると表現できるのではないかと考える。

<参考文献>

- 1) Michio MATSUBAYASHI: Method for Finding Elements Similar to Those Causing Building Component Failure Based on Building Information Models. *Proceedings of the 24th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2019)*, 2019; 24(2): 21-30
- 2) 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. 2020 年度日本建築学会大会（関東）学術講演梗概集，情報システム技術，pp. 25-26, 2020-09
- 3) 松林道雄：漏水発生の可能性を検討するための BIM データを用いた要素位置を表示するツール. 日本建築学会情報システム技術委員会第 43 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集，pp. 80-83, 2020-12

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 松林道雄	4. 巻 情報システム技術
2. 論文標題 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	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020年度日本建築学会大会（関東）学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 25-26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Michio Matsubayashi	4. 巻 24(2)
2. 論文標題 Method for Finding Elements Similar to Those Causing Building Component Failure Based on Building Information Models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 24th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2019	6. 最初と最後の頁 21-30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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5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 漏水発生の可能性を検討するためのBIMデータを用いた要素位置を表示するツール
3. 学会等名 日本建築学会情報システム技術委員会第43回情報・システム・利用・技術シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松林道雄
2. 発表標題 BIMデータ中要素が持つ形状・属性情報を用いた漏水が予想される箇所の探索 その2
3. 学会等名 日本建築学会情報システム技術委員会第42回情報・システム・利用・技術シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松林道雄
2. 発表標題 BIMデータ中要素が持つ形状・属性情報を用いた漏水が予想される箇所の探索
3. 学会等名 日本建築学会情報システム技術委員会第41回情報・システム・利用・技術シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松林道雄
2. 発表標題 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
3. 学会等名 2018年度日本建築学会大会（東北）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松林道雄
2. 発表標題 既存建築ストックの長寿命化に向けたBIMによる施設管理技術の開発の取り組み
3. 学会等名 釧路工業高等専門学校第8回若手理・工学セミナー
4. 発表年 2018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
---------	---------