

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

Use of Building Information Models to Search for Elements Similar to Those Causing Water Leak - Part 2

○松林 道雄*¹
Michio Matsubayashi*¹

*¹ 釧路工業高等専門学校創造工学科 助教 博士 (社会工学)

Assistant Professor, Department of Creative Engineering, National Institute of Technology, Kushiro College, Ph.D. in Policy and Planning Sciences

キーワード : BIM; 漏水; 空間情報; 属性情報; 予防保全

Keywords: BIM; water leak; spatial information; attribute information; preventive management.

1. 背景と目的

わが国において既存建築ストックを含め社会インフラの維持更新は喫緊の課題である。文教施設も老朽化に伴う数多くの故障が報告されており、内容は軽微なものから重大なものまで多岐に渡る。そして、発生する頻度の高い故障・トラブルの一つに雨漏り・水漏れが挙げられる。

ところで、社会インフラの諸々の問題に対して、政府が策定した「インフラ長寿命化基本計画¹⁾」では CIM (Construction Information Modeling) 等の導入に言及するなど、情報基盤の活用と整備が謳われている。建築物の設計・施工においては BIM (Building Information Modeling) の活用が増加してきているが、維持管理場面においては建設時と比べると活用の度合いは低い。また BIM 技術を予防保全と関連づける研究の蓄積は少ない。少子高齢化に伴う技術者の人手不足が様々な業界で問題となっていることから²⁾、施設管理業務をいかに少ない人数で実施できるかという視点は重要である。少人数での維持管理業務を実現するためには、限られた情報を駆使して同様のリスクを持つ箇所を推定する技術開発は必要であり、ここにおいて BIM の活用を検討する余地がある。

以上から本研究では、既存建築物の雨漏り・水漏れに関する故障・トラブルを題材とし、BIM データにおける建築構成要素群の巨大で複雑な空間的・ネットワーク的つながりに着目して、故障のあった要素と同様な性質を持つ要素を探索するプログラムを開発することを目的とする。

2. 研究の方法

本研究では既存建築物において過去の工事の設計図書から BIM データが構築されていることを前提とする。そして、雨漏り・水漏れに関する故障を対象とする。まず、雨漏り・水漏れの故障について、同様のリスクを持つ要素を探索するシナリオを作成する。次に、天井からの漏水に焦点を当て、対象の部屋が持つ形状・属性情報を用いて直

上の空間を調べるプログラムを作成する。屋上スラブを調べるケース、ルーフドレンを調べるケースでプログラムを分ける。屋上スラブを調べるケースでは境界ボックスを用いる方法とジオメトリの重なりを調べる方法とでプログラムを分ける。最後に施設係へプログラムを見せた後に質問し、その回答から開発プログラムに対する評価を行う。

3. ケーススタディの対象

建物は釧路工業高等専門学校の校舎の講義棟を選定した。Table 1 に講義棟の概要、Figure 1 に校舎の配置を示す。校舎は新築以降、断続的に部分的な改修工事が実施されている。講義棟の BIM データの再現³⁾には平成 13 年度改修工事の設計図書を用いた。使用した設計図書の概要を Table 2 に示す。再現に用いた設計図書は意匠図と構造図から構成される。これらの設計図書を用いて構築した校舎の BIM モデルの外観を Figure 2 に示す。

故障内容については昨年⁴⁾の報告と同様のものとし、屋上からの漏水を選定した。選定にあたっては文部科学省が発表したアンケート調査結果⁵⁾を参考とした。この故障は発生頻度が高く、かつ技術者にとって問題解決するために必要とする時間が多いことを想定している。

4. 部屋の直上空間を確認するプロセス

前回の報告²⁾では天井からの漏水を調べるにあたり、部屋オブジェクトのみを利用したが、本報告では屋根スラブまたはルーフドレンを利用する。操作は BIM ソフトウェアの API (Application Programming Interface) を利用して、ソフトウェア画面上部のリボン内に配置されるツールを選択することにより実行できるようにした (Figure 3)。他の故障への取組み⁴⁾を参考とし、漏水に関する相談内容を詳細に調べることからプログラム開発の方針を定めた。故障対象と前処理の内容、シナリオを Table 3 に整理した。そして、記載した内容を踏まえて各プログラムを作成した。

Table 1. Overview of lecture building (Included in School Building).

Item	Description
Construction year	1966
Structure	Reinforced concrete (partly steel and wood)
Floors	1F-2F
Total floor area	3,530 m ²

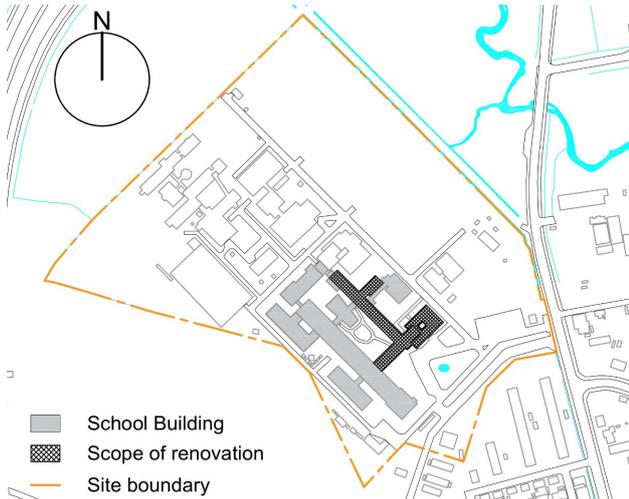


Figure 1. Location of School Building.

Table 2. Overview of design documents for renovation on School Building.

Item	Description
Year	2001
Type of work	Architectural/Structural
Number of drawings	55
Details of drawings	41: Architectural 9: Structural 4: Specification 1: Documents list

プログラムを用いて確認した結果については、テキストファイルに記述し、エクスポートできるように設定した。

4.1. 境界ボックスを用いた屋上スラブの確認

BIM データ中の各オブジェクトは境界ボックス^{注3)}を有している。屋上スラブと部屋の双方の境界ボックスの重なりを調べることから、漏水発生の可能性を判定した。

Figure 4 は部屋と直上の階にある屋上スラブとの重なり判定について図式化したものである。使用したソフトウェアでは部屋の境界は主に壁と床から決定される。選択した部屋^{注4)}の境界ボックスを基準とし、直上階の各屋上スラブの境界ボックスがこれと重なるかどうかを調べた。対象の部屋と直上階の屋上スラブのそれぞれの境界ボックスに重なりがある場合に、漏水の可能性があると判断する。

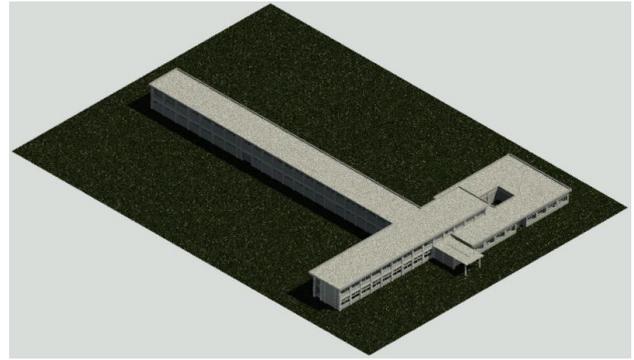


Figure 2. Building information model of School Building.

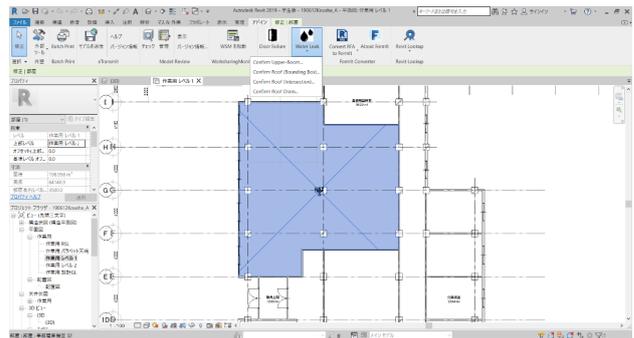


Figure 3. Screenshot of the execution of add-in command in Autodesk Revit.

Table 3. Overview of the proposed program.

Item	Description
Kind of failure	Water leak from roof
Operation prior to execution	Select room that experienced failure (Use information of selected room)
Methods	1. Confirm overlap of bounding boxes 2. Confirm intersection between geometries 3. Confirm whether roof-drain is contained in selected room

境界ボックスを使用する方法は、すでに配置されたオブジェクトが持つ情報の範囲内で調べる手段と位置づけた。しかし、Figure 4 からも分かる通り、屋根が L 字型や T 字型、U 字型のような形状をしている場合、屋根がない場所に位置する部屋も重なりがあると判定してしまう。そのため、境界ボックスを用いる方法は、簡易的に調べる方法として位置づけた方が適切であると判断した。

4.2. 共通部分を用いた屋上スラブの確認

境界ボックスを用いる方法では、屋根が L 字型や U 字型などの複雑な形状をしていると、正確な判定ができない場合がある。そのため、各オブジェクトのジオメトリを直接活用する方法で検討した。まずは、ボリュームどうしの重なりから判定する方法を検討した。

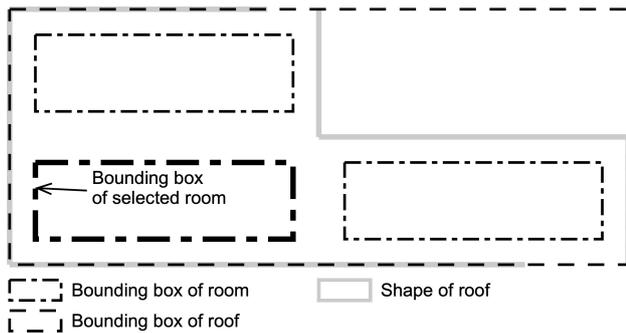


Figure 4. Overlap of Bounding Boxes.

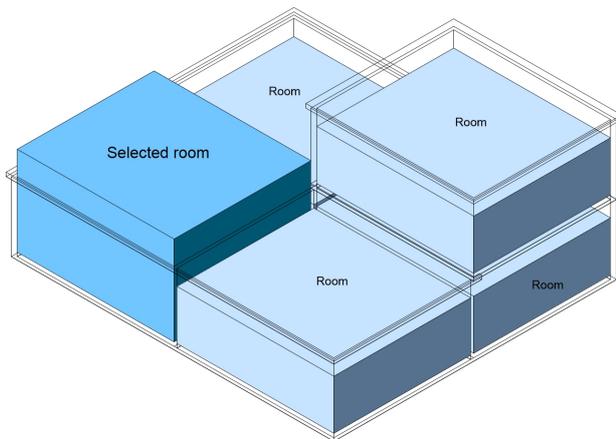


Figure 5. Intersection between geometry of roof and that of upper extended room.

Figure 5 は上部を延長した部屋のボリュームと屋上スラブとが重なっている様子を表現したものである。Figure 5 では、形状を強調するために部屋ボリュームには着色している。部屋オブジェクトの高さについて、通常は配置された階の階高に収まるように設定される。また、平面図上の輪郭は壁によって決定される。そのため、屋上スラブの有無を確認するための工夫として、一時的に部屋オブジェクトの高さを変更することとした。そうすることにより、共通部分（Intersection）を用いて選択した部屋のボリュームと屋根スラブとの重なりを調べることができ、部屋の上部に屋根スラブがあるかどうかを判断することが可能となる。すなわち、変更された部屋ボリュームが屋上スラブとの共通部分を持つ場合、漏水の可能性があると判断する。

Figure 6 はプログラム実行の過程において、部屋の高さが一時的に変更されている様子を示している。部屋と屋上スラブ双方のオブジェクトのデータ構造を確認した結果、部屋の高さに関する属性値は数値で変更できることを確認した。そのため、部屋オブジェクトの高さを変更することとした。プログラムを終了するまでに部屋の高さを元に戻せば、他の作業に支障はない。変更に使用する高さは、校舎の各階高を確認した上で適切な数値を決定した。

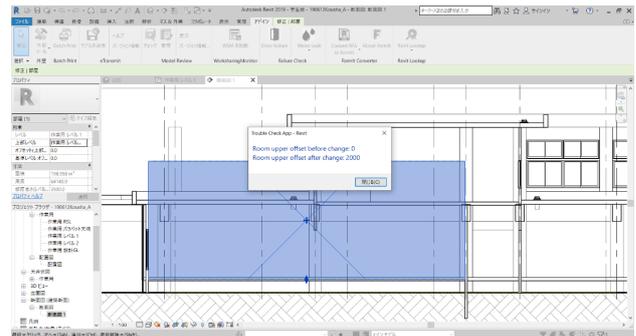


Figure 6. Screenshot of the progress of add-in command in Autodesk Revit.

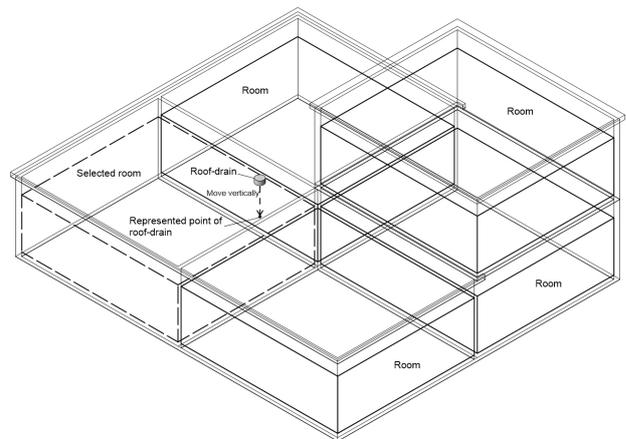


Figure 7. Room object contains represented point of roof-drain.

4.3. ルーフドレンの確認

施設部職員へ実施したヒアリング^{注5)}の中で、屋上からの漏水の場合、ルーフドレンが配置されているかどうかで判断できるのではという意見が聞かれた。ルーフドレンに関する漏水では、これの老朽化に伴って接合部分から水が漏れて室内に侵入するなどの報告が聞かれた。施設部職員の意見を参考とし、対象の部屋の直上にルーフドレンが配置されているかどうかで判定するプログラムを開発した。

Figure 7 はルーフドレンの代表点が部屋ボリューム内に位置するかどうかを調べている様子を表現したものである。この図を厳密に説明すると、ルーフドレンの代表点を取り出し、これを垂直方向に下げている。そして、部屋ボリュームの中に移動した代表点が含まれるかどうかを調べている。もし含まれるならば、ルーフドレンが対象の部屋の直上にあると判定し、すなわち漏水の可能性があるとして判断する。ルーフドレンは通常屋上に配置されるため、この位置を下げることによって部屋オブジェクトと関連づけることが可能となる。移動に使用する値は、校舎の各階高を見ることから、どの階でも使用できるもので決定した。代表点を抽出し、これを移動させているので、ルーフドレン本体を直接編集するものではない。

5. ヒアリングによる評価

開発したプログラムの有用性を評価するために、釧路工業高等専門学校総務課施設係2名に対しヒアリングを実施した。ヒアリングの実施概要と質問は Table 4 の通りである。デモンストレーションを実施した後に質問した。

一つ目の質問に対しては明確な回答はされなかった。この結果について、日々の業務では紙媒体の図面や CAD データにしか触れてなく、3D モデルの利用に慣れていないことが理由と推察する。二つ目の質問に対しては、部屋から漏水発生の可能性を捉える際の、屋上防水やルーフトレン以外の要因について事例を挙げて説明された。そして、それぞれの要因を調べることから、総合的に漏水発生の可能性を判定するのはどうかという意見が聞かれた。

実施したヒアリングからは直接的な評価というよりは、プログラムを修正するためのヒントが多く得られた。

6. まとめ

屋上防水やルーフトレンの老朽化に起因すると見られる漏水可能性を推定する手段として、対象の部屋を選択し、その直上に屋上スラブまたはルーフトレンが配置されているかどうかを確認するプログラムを開発した。漏水がある部屋の直上には老朽化した屋上スラブまたはルーフトレンが配置されているという前提に立ち、漏水が発生する可能性を持つ部屋を探す。各クラスのデータ構造を調べた結果から、境界ボックス、部屋ボリュームの形状操作、ルーフトレンの代表点を移動することを提案に含めた。

設定した前提の範囲内となるが、プログラムを用いることにより対策を立てるべき部屋が特定でき、以降のトラブルに備えることを可能とする。一方で、プログラムを使用するにあたり、その適用範囲や対象とする故障の性格などを予め案内することが必要である。そのため、プログラムの説明書等の用意を課題とする。

7. 今後の展開

本稿も含め、故障可能性のある建物構成要素の探索については、故障の種類によってツールを区別して開発を進め

ている。そのため、各故障を調べるツールのまとめ方、ツール群の構成も検討したい。

また、ヒアリングから水漏れの故障・トラブルには屋上防水・ルーフトレン以外を原因とするものも聞かれた。例えば、設備・器具や配管に関わる内容が挙げられる。他の事例も併せて扱うことができるよう、事例を詳細に調べることから、ツールの項目を追加していくことを課題とする。

謝辞

本研究を進めるにあたり、釧路工業高等専門学校総務課のみなさまには校内施設やその設計図書に関する資料・情報提供など、多大なご協力を頂きました。また、本研究は JSPS 科研費 JP18K13906 の助成を受けたものです。

注

注1)例えば、政府ホームページに掲載される未来投資会議（第1回）で言及されている。首相官邸：未来投資会議。首相官邸ホームページ、

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/>, (参照 2019-09-04)

注2)BIM データを作成するソフトウェアとして Autodesk Revit 2019 を使用した。

注3)ソフトウェアメーカーの説明によると、境界ボックスは、ファミリーベースの要素として設定される、全てのモデル要素や注釈要素、基準面などを内包する非表示の 3D 立方体のスペースを指す。

注4)本稿で取り扱った講義棟に含まれる部屋について、廊下と事務室、化学実験室以外は長方形の形状をしている。

注5)筑波大学施設部へ 2019 年 2 月に実施したヒアリング調査より。

Table 4. Conditions and questions of interview.

Item	Description
Interviewee	Staff members of Kushiro College's Department of Facilities
Date	17 th September, 2019
Location	Kushiro College
Question	1. Do you think that the proposed methods are convenient for finding other failures? 2. What are the points where the proposed methods should be improved?

【参考文献】

- 1) インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議：“インフラ長寿命化基本計画”，内閣官房ホームページ、http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/infra_roukyuuka/pdf/houbun.pdf, (参照 2019-09-04).
- 2) 松林道雄：BIM データ中要素を持つ形状・属性情報を用いた漏水が予想される箇所探索，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・技術シンポジウム論文集，日本建築学会情報システム技術委員会，pp.212-215, 2018-12.
- 3) 文部科学省大臣官房文教施設企画部：“国立大学法人等施設の老朽化等に関するアンケート調査結果”，文部科学省ホームページ、http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/047/shiryo/_icsFiles/afiedfile/2018/02/05/1400948_01.pdf, (参照 2019-09-04).
- 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，2018 年度日本建築学会大会（東北）学術講演梗概集，日本建築学会，情報システム技術 pp.25-26, 2018-09.