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

○松林　道雄*1

キーワード：BIM　既存建築ストック　維持更新　予防保全　漏水　境界ボックス

1. 背景と目的

わが国において既存建築ストックを含めた社会インフラの維持更新は喫緊の課題である。これら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。

文教施設においても老朽化に伴う多くの故障・トラブルが発生している。重大な事故の例として、2 棟をつなぐ連絡通路の屋根崩落 2)が挙げられる。この事故の後に発生箇所と同様な条件を持つ他の箇所が緊急調査された。当事故からは、維持管理においては限られた情報を駆使して同様なリスクを持つ箇所を推定する視点そして技術開発の重要性が示唆される。先ほどの事故以外にも、文教施設の老朽化に伴い発生する頻度の高い故障・トラブルとして雨漏り・水漏れが挙げられる。

ところで、建物の施設管理において BIM（Building Information Modeling）を活用する試みは増えてきており、BIM が持つ 3D 表示の特徴を生かした情報管理技術が報告されている 3)。しかし、BIM 技術を予防保全と関連づける研究の蓄積は少ない。少子高齢化もあり、施設技術者の人手不足も想定されるため、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も重要である。この点において BIM の活用を検討する余地があると考える。

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、故障等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 データが構築されることを前提とする。最初に緊急修繕等連絡書から雨漏り・水漏れに関する故障・トラブルの内容を整理する。また、施設職員へヒアリングを実施する。これらの作業を通じて、雨漏り・水漏れにおいて類似する要素を検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、選択した部屋が持つ形状・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。最後にプログラムを実施した結果に対しての考察を行う。この際、5C 棟の平面図を用いた考察も併せて行う。

3. ケーススタディの対象

建物は筑波大学の 5C 棟（1973 年建設, 地下 1 階地上 6 階）を選定した。表 1 に 5C 棟の概要を示す。5C 棟は新築以降に平成 18 年度から 2 期にかけて大規模改修工事が実施されている。BIM データの再現注 1)にはこれら工事の設計図書を用いた。以上に述べる手続きを経て構築された 5C 棟の BIM モデルの外観を写真 1 に示す。

故障・トラブルの発生箇所・内容を把握するための資料として、以前の研究 4)において入手した“緊急修繕等連絡書注 2)”を使用した。筑波大学においてはこの書類に建物の故障・トラブルが記録されている。内容を確認したところ建具や防水、空調に関する相談が多くみられた。また、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。これによると、空調と屋上防水の整備需要が最も高く、給排水、照明、外壁、衛生がこれに続く。緊急修繕等連絡書の記載内容に加え文部科学省アンケート調査結果から、雨漏りと水漏れに関連する故障・トラブルを扱うこととした。これらは発生頻度も高く、技術者は問題解決するために必要とする時間は多いであろうことを想定した。

4. 雨漏り・水漏れによる故障・トラブル

緊急修繕等連絡書で設定される項目そして記載内容の整理を行う中で、項目として設定される雨漏り・水漏れに関連する故障・トラブルを抽出した。表 2 は 5C 棟における雨漏り・水漏れに関する故障・トラブルを一覧にしたものである。この書式では、一件一件につき部屋を基準として故障・トラブルの内容が記載される。更に発生日とその前日における天気を確認することとし、気象庁から入手できる天気データ注 3)を表 2 に追加した。

作業を通じて、この書式では様々な故障・トラブルの内容に水漏れの項目が使用されていることを確認した。雨漏りを示すものにも水漏れの項目が選択されるケースが見られた。天気に注目すると当日または翌日に雨漏りに関する相談が多くされる様子が見られた。また、部屋内の言及部位に焦点を当てて各案件を整理すると、部屋の天井を指摘するものが一番多かった。他には空調機や便器などの設備・器具、配管が見られた。よって、部屋内の言及部位に着目して故障・トラブルを表 3 に整理し直した。表 3 の形式に相談内容を整理すると、複数の要因から雨漏り・水漏れに関する故障が構成されていることがわかる。以上の作

業を通じて、複数の要因を個々に分け、それぞれを調べるシナリオを想定することとした。そして、言及部位の中で一番多く見られた天井を優先することとした。

雨漏り・水漏れに関して筑波大学施設部へのヒアリングを実施した。これら故障の原因の多くは屋上防水の劣化によるものである。ルーフドレンや雨樋の劣化の影響もある。

表１　5C 棟の概要

項目	内容	外観
位置	筑波キャンパス南地区	
建設年	1973 年	
構造	S 造（一部 SRC 造）	
階	地下 1 階～地上 6 階	
延べ床面積	18,027 ㎡	

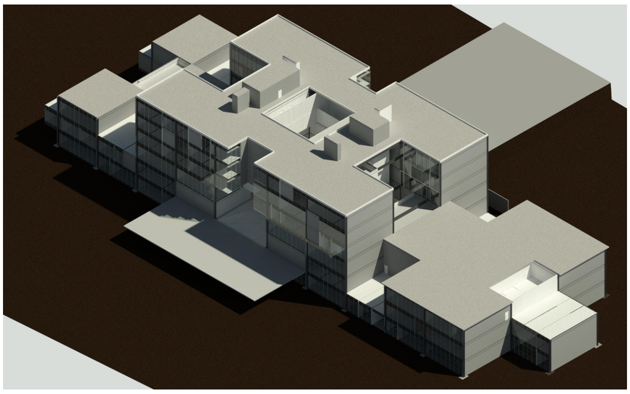

写真１　5C 棟の BIM モデル外観

表２　雨漏り・水漏れに関する故障・トラブル

No.	日にち	言及部位	前日の天気	当日の天気
1	4/1 火	天井	晴	晴後薄曇
2	4/4 金	天井	雨	曇時々雨一時晴、雷を伴う
3	6/9 月	洗い場	雨一時曇	曇後雨
4	6/20 金	空調機	晴後一時薄雲	薄曇時々晴
5	6/26 木	配管	曇時々雨、雷	曇
6	7/29 火	天井	晴一時曇	晴後曇
7	10/6 月	天井	大雨	大雨後晴
8	10/7 火	天井	大雨後晴	晴時々曇
9	10/14 火	天井	雨一時曇	晴
10	10/16 木	便器	雨一時曇	曇一時晴
11	10/17 金	天井	曇一時晴	快晴
12	12/17 水	換気扇	雨一時曇	晴

表３　雨漏り・水漏れに関する故障・トラブルの整理

対象	件数	言及部位
部屋の上部	7	天井
設備・器具等	4	洗い場，空調機，便器，換気扇
配管	1	配管

また、屋根だけでなく、壁や建具においても劣化から漏水が発生していることが聞かれた。ヒアリングの結果も考慮することとし、故障・トラブルの発生した部屋を対象として、その直上の空間を調べることに開発の方向性を向けることとした。

5. 屋上の有無を確認するプロセス

前章の作業を通じて決定したプロセスだが、屋上からの漏水を想定し、故障・トラブルのあった部屋の直上の空間を確認することとする。そのため、選択した部屋に対してその上部はどういった空間であるかを調べるプログラムとして設計した。この操作は 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。

表 4 は作成したプログラムの概要である。これの作成にあたっては建具を対象とする探索プログラム[6)]を参考とした。そして、選択する要素種類、想定する故障、想定するシナリオを明確にした上でプログラムの開発を進めた。

図 1 は部屋の上部を調べ該当する要素をリストに入れるプロセスを図式化したものである。選択する対象は緊急修繕等連絡書にならって部屋とした。まず、故障・トラブルのあった部屋[注 4)]を選択し、その属性情報から同様のクラスの部屋を収集する。次に、選択した部屋の一つ上の階にある部屋に限定する。そして、残った部屋のそれぞれの境界ボックスが選択した部屋のものと重なるかを確認する。重なりのある部屋はリストに追加した。最後に選択した部屋とリストに追加された部屋の属性情報が CSV ファイルの形式にてエクスポートされる。

図 2 は直上の階にある部屋の判別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。そして、これら境界の外形を示す箱型形状の図形は境界ボックス[注 5)]と定義される。判別には境界ボックスを用いた。選択した部屋の境界ボックスを基準として、直上階の部屋のそれぞれの境界ボックスが重なるかどうかで判断する[注 6)]。一つも重なる部屋がないということであれば、そこは屋上空間ということになる。重なりがある場合でも、その内容によっては外部空間が存在する可能性がある。そのため、エクスポートする項目に境界ボックスの座標値を追加した。

写真 2 はプログラムの実行場面である。漏水のあった部屋をあらかじめ選択した上でコマンドを実行する。途中経過が確認できるよう実行中にウィンドウを生成した。直上階の全ての部屋を表示し、該当するものについてのみ部屋名を表示させるようにしている。

写真 3 はエクスポートされた CSV ファイルへの記載状況を写したものである。部屋の固有 ID や部屋名称、境界ボックスの座標値を取り出している。

表４　作成プログラムの概要

項目	内容
対象部位	部屋
目的	選択した部屋の直上空間の内容を確認する
想定する故障	屋上防水、ルーフドレンの老朽化
想定シナリオ	直上空間に部屋がない箇所が存在するならば、そこは外部空間である。屋上防水やルーフドレンの老朽化が予想される。

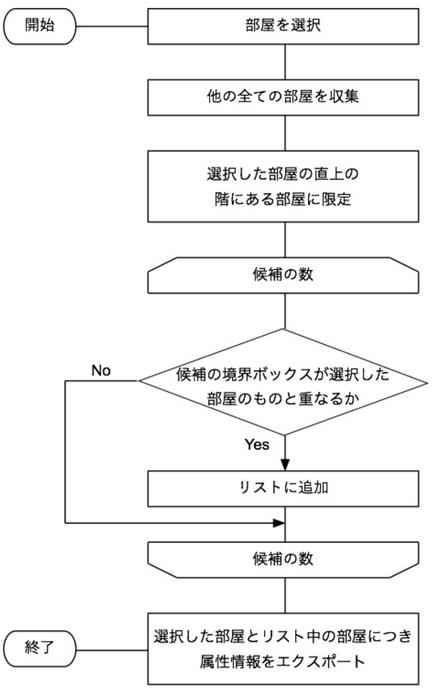

図１　部屋の上部を確認するプロセス

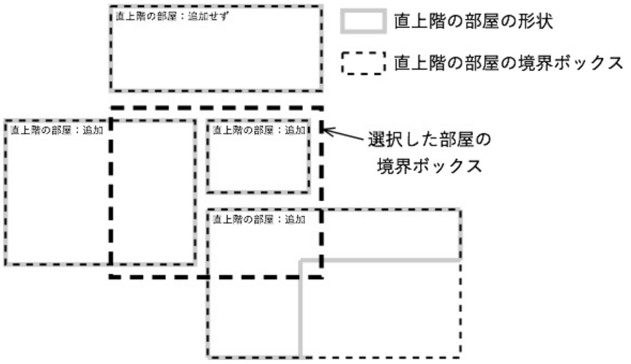

図２ 直上階の部屋の判別方法

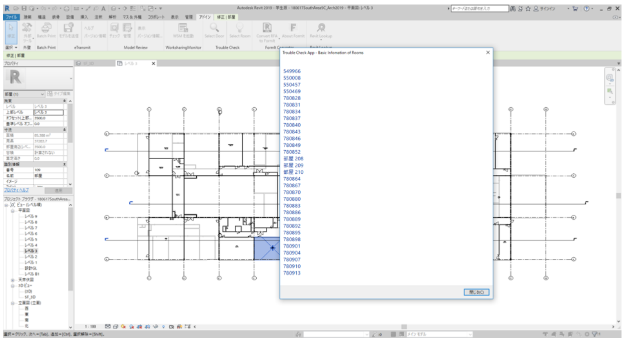

写真２　BIM ソフトウェア上での操作

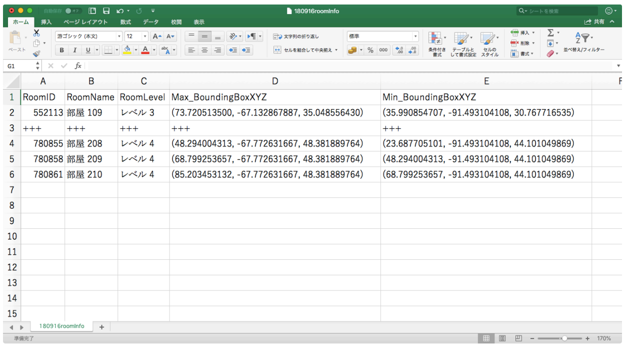

写真３　CSV ファイルへの記載状況

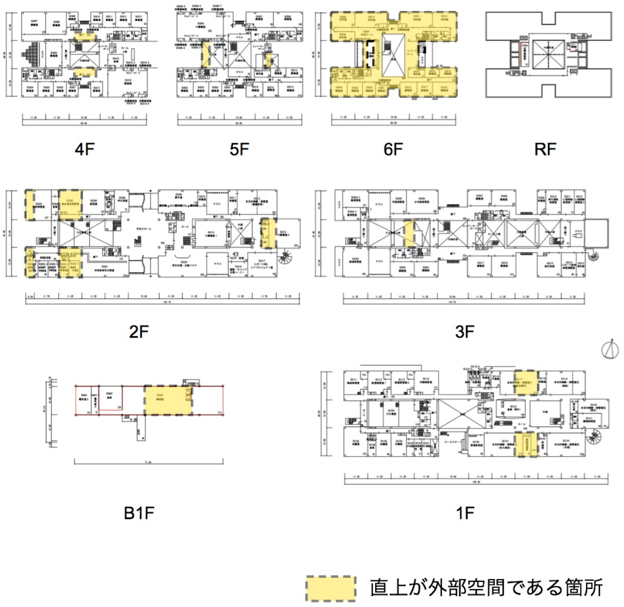

図３　各フロアにおける屋上直下の箇所（5C 棟）

当プログラムを開発する中で、これを成立させるためには BIM データ構築時に二つの前提を必要とした。一つは建物内の全てのスペースに部屋を配置することである。部屋でない場合は外部空間と判定するため、あらかじめ建物内の全ての空間は定義されている必要がある。もう一つは各階の上下関係を明示的に設定することである。階どうしは高さによる上下関係は有しているが、順番については特に設定されていない。従って、部屋を選択する際に上の階の設定がないとその階に部屋を限定することができない。

6. 作成プログラムの確認

開発したプログラムを用いて、表 2 に掲載される雨漏り・水漏れが発生した部屋の直上空間を調べた。また、別の検証手段として 5C 棟の平面図注 7)を用いて、各部屋の直

上空間を調べた。実施した結果は図 3 の通りである。色付けされた箇所は直上に外部空間があることを示している。天井が指摘された故障・トラブルのある全ての部屋について、屋上空間があることが確認できた。

ところで、図 3 の作業を通じて 5C 棟においては屋上テラスが分散されて配置されていることを確認した。このような建物では、部屋の上部がどのような空間になっているかを把握することは容易ではない。事例を通じて、屋上が点在して配置される建物においては、開発プログラムの貢献可能性は高いと考える。一方で、層状に階を重ねて形成される建物においては、屋上の直下にある階に該当する部屋は集中し、これらの把握は容易であるため、当プログラムの必要性は少ないだろう。

7. まとめ

部屋を対象として、屋上防水やルーフドレンの老朽化に起因すると見られる漏水トラブルの可能性を調べるためのプログラムを開発した。あらかじめ選択した部屋の直上階を表す属性項目や境界ボックスを活用する点が BIM のデータ構造を踏まえた点である。

このプログラムを用いることにより、漏水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。建物種類については、単純な平面形を持つ建物よりは、本稿で扱った事例のように屋上テラスが点在する建物においてより効果を発揮すると考える。

また、このプログラムを開発することを通じて、BIM データ構築の際にも必要な作業が発生することを確認できた。階どうしを明示的に関連づける作業、建物内に部屋をくまなく配置する作業は、後々に BIM データを駆使した分析を実施する時にその効果を発揮する。

8. 今後の展開

本稿では選択した部屋の直上に屋上空間が存在するかどうかに焦点を絞った。ただ、雨の侵入による漏水は壁や窓でも見られる。そのため、開発したものと同じ手続きから、隣接する空間が外部空間であるかどうかを調べる機能も追加したい。

表 3 で雨漏り・水漏れに関するトラブルを整理した通り、部屋を基準とすると水漏れの故障・トラブルは屋上の有無以外にも原因がある。設備・器具や配管に関わる内容についても、探索手法を追求することを今後の課題とする。

開発したプログラムの妥当性、有用性については施設管理者にヒアリングをすることから検証したい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18K13906 の助成を受けたものです。

注

注1) 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2) 緊急修繕等連絡書で対象とした期間は平成 26 年 4 月 1 日から平成 27 年 3 月 31 日までである。

注3) データは気象庁ホームページから取得した。気象庁："過去の気象データ・ダウンロード", 気象庁ホームページ, http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php, (参照 2018-06-15)

注4) 本稿では 1 層に収まる部屋のみを対象とした。そのため、吹き抜けを持つような 2 層以上の高さを持つ部屋については考慮していない。

注5) 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6) 本稿で取り扱う部屋について、廊下以外はほぼ長方形の形状をしていた。

注7) 簡易的に描かれており判別が容易であることから、国立大学法人等施設実態調査による平面図を使用した。

[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 2018-05-30).
2) 筑波大学施設部："第 1 エリア 1B 棟~1C 棟間の連絡通路の屋根崩落について【第 1 報】", 筑波大学ホームページ, http://www.tsukuba.ac.jp/students/pdf/201712111337.pdf, (参照 2018-03-05).
3) 仲間祐貴, 大西康伸, 位寄和久：3D ビューを用いた維持管理記録の特徴把握 -オブジェクトベースの建築情報マネジメントシステムの研究 その 4-, 第 40 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.43-48, 2017-12.
4) 松林道雄, 渡辺俊：BIM データ化された設計図書を用いた施設管理の効率化 修繕記録に基づいた建物構成要素のトラブル間隔の分析を通じて, 日本建築学会計画系論文集, 第 82 巻, 第 734 号, 日本建築学会, pp.1125-1133, 2017-04.
5) 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/afieldfile/2018/02/05/1400948_01.pdf, (参照 2018-03-05).
6) 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.

＊1　釧路工業高等専門学校創造工学科・助教　博士（社会工学）