

# 設計段階における BIM を活用した保全コストの算出システムに関する検討

## Examination of Maintenance Cost Calculation System Using BIM at the Design Stage

○長谷川 直人\*<sup>1</sup>, 杉田 宗\*<sup>2</sup>, 杉田 洋\*<sup>3</sup>  
Naoto HASEGAWA \*<sup>1</sup>, SO SUGITA \*<sup>2</sup> and Hiroshi SUGITA \*<sup>3</sup>

\*1 広島工業大学大学院工学系研究科 博士課程前期

Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Hiroshima Institute of Technology.

\*2 広島工業大学大学院環境学部建築デザイン学科 准教授

Associate Professor, Dept. of Architectural Design, Hiroshima Institute of Technology, Dr.Eng.

\*3 広島工業大学大学院環境学部建築デザイン学科 教授

Professor, Dept. of Architectural Design, Hiroshima Institute of Technology, Dr.Eng.

キーワード：設計段階；保全コスト；算出システム；BIM 連携；ライフサイクルコスト

Keywords: Design stage; Maintenance costs; Calculation system; BIM cooperation; Life cycle cost.

## 1. はじめに

### 1.1. 研究背景

近年 BIM などの情報技術の発展により、建物が建てられた後の維持管理分野においても、情報技術の活用が求められるようになってきている。維持管理における情報技術の1つとして、デジタルツインが挙げられる。デジタルツインとは現実世界から様々な情報を収集し、そのデータをデジタル空間で再現することで、現実に近いシミュレーションを行うことが可能になるなど、建物が建った後のメンテナンスや運用方法を改善する有効な手段となる。このように、建築における情報技術の活用は、設計や施工だけでなく、建物が竣工した後も活用される事例が増えてきた。

建築が造られ解体されるまでにかかる生涯支出をライフサイクルコスト(以下、LCC)と呼ぶが、これは「建設コスト」「運用コスト」「保全コスト」「解体処分コスト」の4つの項目で構成されている。一般的に建築のコストを考えると、「建設コスト」のみを対象として評価しがちであるが、実際はそうではない。平成31年版の「建築物のライフサイクルコスト」<sup>1)</sup>によれば、中規模事務庁舎の建設コストは、65年間で試算したLCCの約26%であり、図1に示すように、建設コストはLCCの氷山の一角に当たる部分である。建設コスト以外の内訳は、保全コスト(修繕等・改善)が約34%、保全コスト(維持管理)が約29%、運用コスト・その他が約11%となっており、保全コストが多くを占めていることが分かる。本来、水面下に隠れている保全コストや運用コストも含めて考えなければ、本当に必要となる建築物の生涯にわたるコストを検討したことになるのではないと言える。

保全コストは、大きく「維持管理コスト」と「修繕等コスト」の2種類に分けられる。前者は設備の点検や保守、清掃といった日々のメンテナンスコストを指し、後者は修繕や更新といった工事費を指す。建物の長い寿命の中では、日々のメンテナンスに膨大な費用がかかっていることが分かる。

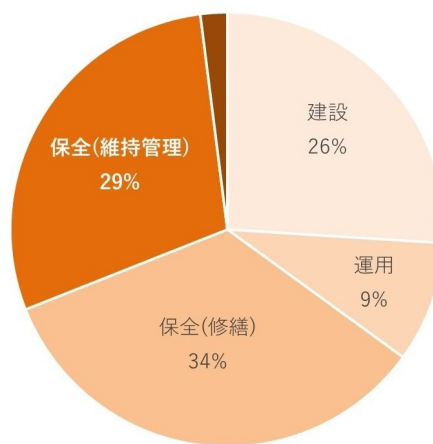


図1 建設コストとその他コストの関係

### 1.2. 研究目的

本研究では、BIMを活用した保全コスト算出システムに関する検討を行い、面積の変動や、用途の変更などが繰り返される、設計段階における保全コスト算出システムの有用性を検証する。

## 2. 既往研究

### 2.1. BIMを用いたLCC算出ツールの開発

広島工業大学の片岡ら<sup>2)</sup>は、LCC 算出ツールの開発にあたり、「建設費」の属性情報の整理、「修繕費」「保全費」「運用費」の属性整理を行い、モデルからの算出について検討を行った。片岡らは、シミュレーションのモデルに、地上9階建、延床面積2624㎡の事務所ビルを用いている。構造形式はS造で、階高は1階が4.25m、2階が3.6m、3～8が3.9m、9階が4.3mとし、所在地は東京都である。

片岡らは最初に、BIM から取得できるアウトプットデータが、コスト算出に使用できる情報であるのか把握を行った。LCC 算出方法に関しては、同センターの算出システムにおいて、平成版では、算出精度の違いにより、「概算法」「略算法」「精算法」の3つに分類されているが、この研究では「略算法」によって「保全費」と「運用費」の試算を行う。「保全費」と「運用費」の算出にあたって必要なコスト情報については、有価証券報告書を収集し、コスト情報を把握した。そして、BIM から取得できるアウトプットデータとコスト情報が対応しているかの検証を行い、「保全費」と「運用費」の試算を行った。この研究では、設計変更のない最終モデルからLCCの算出を行っている。しかしながら、建設コストは基本設計段階で80%が確定するといわれており、LCC を把握すること、設計の初期段階から考えることが、建物所有者においては最重要である。本研究は設計の初期段階における保全コスト算出システムの有用性を検討する点で新規性を有しており、この結果、後工程での大幅な設計見直しによる手戻りを減らすことができると考える。

## 2.2. コストマネジメントにおける BIM 活用の提案

株式会社日本設計の村瀬ら<sup>3)</sup>は、コストマネジメントにおける BIM 活用の提案を行った。従来の概算法では、コストマネージャーが概算図等をもとに拾い、仕上げ表を見ながら、各仕上げや面積等を入力するという作業を踏んでおり、入力にかなりの時間がかかっていた。村瀬らは、BIM を活用することで入力手間を省くことと、設計の初期段階でのコストコントロールに着目し、後工程での大幅な設計見直しによる手戻りをなくすことで、設計者の負担を最小限にしつつ、かつ精度の高い概算を迅速に算出するために、必要な入力情報を整理することで、コストマネジメントにおける BIM 活用の提案を行った。

この研究では、日本設計の BIM 活用の土台となっている、「使えるところから使っていく」という思想のもとに、フル BIM での積算を行うのではなく、設計の初期段階のコストマネジメントに主眼を置き、建築の設計者が構築した BIM から、概算のための面積や数量情報をアウトプットし、自社開発概算システムやエクセルと連携することで値入を含めた概算の取りまとめを行った。

連携の部分では、BIM モデルからコスト算出に必要な情報を取得し、外部のエクセルで金額にかける補正の変

数などを持たせておくことで、操作性・汎用性に優れるシステムとなっている。このように BIM の数量から導かれる建設コストに関する BIM 活用の研究は行われているが、記述の通り、建設コストは LCC の 26%の割合であり、LCC の約 60%を占めている保全コストに関する BIM 活用も検討されるべきであると考えられる。本研究では、この保全コストに焦点を当て、数量のみならず、空間の情報なども扱った、コスト算出システムの活用を検討する点において研究の価値を有している。

## 3. 維持管理コスト算出範囲の検討

### 3.1 設備機器の修繕

「修繕等コスト」で最も大きな割合を占めているのは、設備機器である。全体の約 6 割を占めており、ほとんどが外気ファンの取り替えなど、人手のかかるものである。

まず BIM を活用する上で、BIM のモデル中に算出可能な設備機器がどのくらい含まれているのかを検証した。本研究では BIM ソフトは Autodesk 社の Revit を使用し、同じく Autodesk 社が公開している国内用の設備サンプルモデル(図 2)を使用した。また、ビジュアルプログラミングツールである Dynamo を使用して、BIM から設備モデルを取得し、Microsoft 社の PowerBI を用いて可視化し(図 3)、修繕コストを算出する上で十分な情報が含まれているのかを確認した。

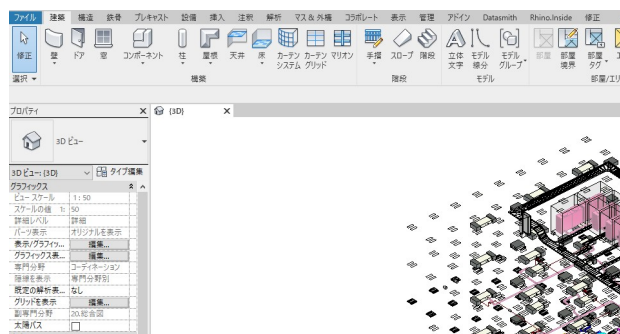


図 2 Autodesk 社が提供している国内用設備モデル

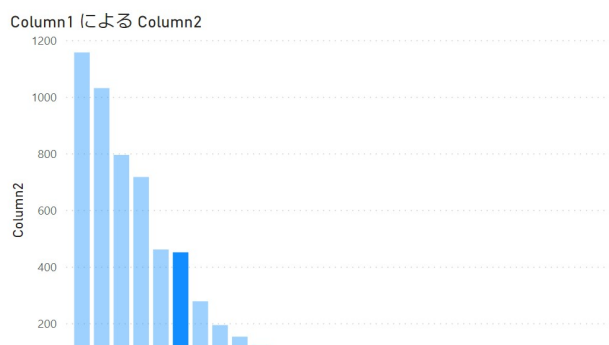


図 3 設備モデルに含まれるファミリの可視化

可視化するグラフについては、ヒストグラムと円グラフを用い、数量の大きさの比較や内訳を比較することで、

膨大な情報が入っている BIM の中から瞬時に必要な情報を把握することを可能にした。可視化を行い、数量を把握した結果、最も多く含まれていたものは、配管やダクトといったもので、その他にも照明器具、機械設備、特殊設備、衛生器具などが含まれていた。これらのことから、修繕コストの算出に必要な情報が BIM のモデル内に十分含まれていることが分かった。修繕コスト算出にあたって微々たる割合を占める機器も多く含まれていることも分かり、適材適所で、モデルの LOD ガイドラインなどを作成する必要があると考える。現段階では設計者による BIM の作り込みにはばらつきがあり、全ての BIM で一定の算出をすることは難しいが、施工用の BIM が作られるなど、モデルの完成度が向上すれば、おのずと正確な情報を得ることができると思う。

### 3.2. 設備機器の日常的な設備の点検・保守

設備機器の点検は、保守と修理の2つに分かれる。保守とは、正常な状態を保ち守ることで、修理は壊れた部分を繕って直すことを指す。日常的な点検とは、日常点検表に書いてある項目をもとに日常的に実施するものである。

近年、建物の検針個所にカメラを設置して、点検結果を自動入力することで、情報の一元管理を可能にした事例などがある。情報の一元管理が可能になったことで、点検報告書のペーパーレス化や詳細な作業の自動作成など様々な可能性が広がっている。

### 3.3. 定期清掃と日常清掃

建物における清掃は、大きく定期清掃と日常清掃の2つに分かれる。

定期清掃とは、床のワックスがけや剥離、照明や換気扇の清掃など、年に1~2回程度、清掃を専門とする業者が、特殊な機材や薬品を使って、日常清掃では落とすきれない汚れを除去することを指す。

一方、日常清掃とは日常的に出る汚れを清掃することを指し、日々のトイレや洗面台の汚れ、床の除塵が該当する。定期清掃と日常清掃との連携の組み合わせによって建物の清潔さを保つことができる。

定期清掃と日常清掃は、床の清掃と床以外の清掃に分かれる。清掃は労働集約型ビジネスであり、積算ベースはほぼ人件費であるため、「床面積」「周期」「歩掛り」の3つから求めることができる<sup>注1)</sup>。

BIM には部屋という機能があり、部屋の仕上げなどの情報などとともに、各部屋の「床面積」を得ることができる。「周期」「歩掛り」については、BIM に対して情報を付加せず、エクセルなどの外部ソフトで管理を行う。必要以上の情報を BIM 側に持たせないことで、莫大な情報を含む BIM において管理のしやすい、汎用性のあるシステムの設計になると考える。

## 4. BIM を使った清掃費用の算出

### 4.1. 建物の概要

本研究で使用したシミュレーションモデルの3Dモデルを図4に、平面図を図5にそれぞれ示す。

シミュレーションモデル地上4階建、延床面積1311㎡の事務所ビルを用いた。構造形式はS造で、階高は1~4階が3.55mとし、所在地は広島県とした。モデリングには Autodesk 社の Revit を使用し、BIM モデル構築に当たっては、最低限必要な情報である、壁、柱、床、天井、部屋で構成した。

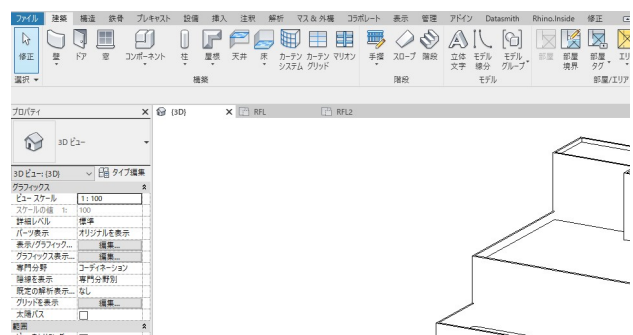


図4 本研究で使用する BIM モデル

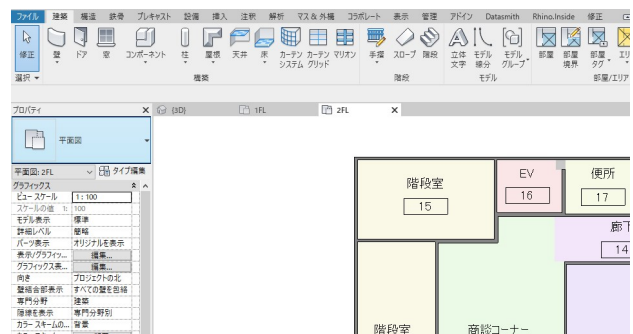


図5 部屋を配置した平面図

### 4.2. 部屋ツールで各部屋の面積を算出

BIM モデルから各部屋の面積を算出する際は、ビジュアルプログラミングツールである Dynamo を使用した。コストを算出する際、用途によって歩掛が変わるため、部屋名が用途として分けられる必要があるが、部屋名の命名規則については、設計者によって異なる。一定の規則に乗っ取って部屋名をつける方法もあるが、設計者の命名のばらつきはそこまで多くないものと考え、本研究では、カテゴリを分けるために、いくつかのキーワードを用意し、そのキーワードが部屋名に含まれていれば、そのキーワードのカテゴリに分類されるという仕組みにした。(図6)

そうすることで、基本となるカテゴリ分けに加え、設計者における命名規則のばらつきは、キーワードの追加や削除によって対応し、各々が使いやすいようにカスタ

マイズできるようになる。取得した部屋の面積情報をカテゴリ分けした後は、コスト算出用にフォーマット化されたエクセルに自動で面積を挿入する。

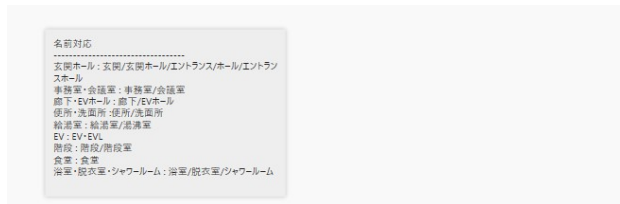


図6 カテゴリに対応したキーワード

#### 4.3. フォーマット化された算出表

算出結果の表出には、エクセルを使用する。「区分」「項目」「作業内容」「周期」「清掃規模」「回数」「単位」「標準歩掛」が記載されているフォーマット(図7)を作成し、「清掃規模」に面積が入力されると、それぞれの区分ごとにコストが自動的に算出される。デフォルトの値は、「建築物のライフサイクルコスト」を参考にした値になっているが、「回数」などに関しては各々の清掃使用頻度に変えることも可能である。

日常清掃業務歩掛り (清掃対象面積: 1,000㎡~2,000㎡以下)										
区分	項目	作業内容	周期	清掃規模	回数	単位	標準歩掛 (円)			
							1,000㎡未満	1,000㎡~2,000㎡	2,000㎡以上	
1	玄関ホール	掃き掃除・水拭き	1回/日	60㎡	1	100㎡/回	0.011		0.011	
2	事務室・会議室	掃き掃除・水拭き	1回/日	170㎡	1	100㎡/回	0.012		0.012	
3	廊下	掃き掃除	1回/日	170㎡	1	100㎡/回	0.015		0.015	
4	廊下・EVL等	掃き掃除・水拭き	1回/日	60㎡	1	100㎡/回	0.011		0.011	
5	脱衣所・洗面所	掃き掃除	1回/日	60㎡	1	100㎡/回	0.013		0.013	
6	EVL	掃き掃除	1回/日	31㎡	1	100㎡/回	0.033		0.033	
7	階段	掃き掃除	1回/日	9㎡	1	100㎡/回	0.052		0.052	
8	浴室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回	0.050		0.050	
9	浴室・脱衣室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回	0.049		0.049	
10	浴室・脱衣室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回	0.024		0.024	
11	浴室・脱衣室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回				
12	浴室・脱衣室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回				
13	浴室・脱衣室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回				
14	浴室・脱衣室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回				
15	浴室・脱衣室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回				
16	浴室・脱衣室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回				
17	浴室・脱衣室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回				
18	浴室・脱衣室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回				
19	浴室・脱衣室	掃き掃除・水拭き	1回/日	9㎡	1	100㎡/回				

図7 算出表

#### 5. まとめ

本研究では、ライフサイクルコスト算出のために必要な情報を明確に区分し、設計段階における BIM を活用した保全コストの算出システムの有用性について検討を行った。従来の方法では、図面をもとに数量を拾い、ライフサイクルコストを導いていたが、BIM を活用することで、拾い手間にかかる時間を大幅に削減することができ、設計の変更に応じて、瞬時にライフサイクルコストを導けるようになった。このことで、設計と並行して維持管理コストを把握することが可能になり、設計プロセスを速めることが可能であると考えられる。また、BIM を活用する上で、モデルの作り込みによるばらつきが問題となる。この問題については今後施工用の BIM が作られるなど BIM モデルの完成度が向上すれば、おのずと正確な情報を得ることができると考える。

今後の展望として、LCC 算出するための情報の整理を行い、いくつかのプロジェクトを通して、実践的にこのシステムを使うことで、より設計者の使いやすいシステムへの改善を行う予定である。

※本研究は、令和3年度 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「中小事業者 BIM 試行型」の一部として遂行したものである。

#### [注]

1) 「床面積」「周期」「歩掛り」により算出される「直接人件費」に「直接物品費」「業務管理費」「一般管理費」を加えたものが「業務価格」となり、それに「消費税等相当額」を加えたものが「保全業務費用」となる。

#### [参考文献]

- 1) 建築保全センター: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
- 2) 片岡成基, 杉田宗, 杉田洋:BIMを用いたLCC算出ツールの開発その3 保全費・運用費に関する検討, 日本建築学会中国支部研究報告集
- 3) 村瀬弘幸, 岩村雅人: 総合設計事務所における BIM 活用その6 コストマネジメントにおける BIM 活用の提案, 日本建築学会大海学術講演梗概集
- 4) 建築保全センター: 国土交通省大臣官房官庁営繕部 監修, 平成30年度版 建築保全業務共通仕様書及び同解説