

ライフサイクルを通じた建築物の情報の活用に関する研究

～ BIM に着目して～

Study on effective usage of building information through the lifecycle

-Focusing on "BIM"-

学籍番号 47-156728
氏名 井田 慎太郎 (Ida, Shintaro)
指導教員 清家 剛 准教授

1. 序論

1.1. 研究の背景・目的

近年の情報技術の発展に伴い、建築業界においてもコンピューターによる情報が、増加してきた。そのため、建築物に関する情報の管理を行う必要が発生してきた。建築物のライフサイクルは設計、施工、維持管理、改修、解体・廃棄物処理といった各分野によって構成される。分野ごとに使用する情報の量や形式等が異なり、分野を通じた効率的な活用がされず、無駄が発生し、環境負荷の発生も想定される。

本研究においては、建築のライフサイクルを通して活用すべき情報の傾向とその利用における課題について明らかにすることを目的とする。

1.2. 研究の方法

本研究では、建築物の多種の情報統合的に管理が可能な BIM(Building Information Modeling) に着目し、日本国内における普及の傾向について調査する。次に、実際に普及が進まないファシリティーマネジメント (FM) 分野での BIM の利用および建築情報の利用の可能性についての調査を行う。また、実際の建築物を対象に、FM での情報利用の実態の調査と可能性の検討を行う。

2. 日本国内における BIM の普及の傾向

2.1. 調査対象

本調査では、ライフサイクルに関わる各者(例：設計者・施工者)を対象としたヒアリング調査を行った。それらを、積極的に BIM の導入が進められている各者と、BIM の導入が積極的ではない各者に分けて整理・分析を行い、比較を行う(表1)。

2.2. BIM の導入に積極的な各者

調査先のうち、6者において BIM の導入に対して積極的な意識が見られた。

BIM の導入目的は、建築生産の効率化のためと、ライフサイクルを通して関わるための2通りに大別でき、これらでデータの活用状況に差が見られた。前者については、生産過程でデータの入力量が増えるため、その入力削減によるコストの低減に直接的に繋がり、データの活用が進んでいると考えられる。一方、後者については、FM では現状ではあまり高度な情報が必要とせず、情報を必要に応じて自ら入力することで十分であるため、データの活用が進んでいないと考えられる。

2.3. BIM の導入に積極的ではない各者

BIM の導入に積極的ではないのは、建材製造業者3者であった。各者小規模な試行はあるが、社外との連携によるものであり、社内的には導入理由がない。これは、ライフサイクル上で関わる範囲が狭く、データとしての活用が

限られるためと考えられる。

2.4. 小結

BIM の導入は、建築物のライフサイクルに広範囲に関わる各者では積極的であるが、データの活用は竣工後においては進んでいない。よって、竣工後となる FM 分野での普及を精査する必要がある。

3. FM での BIM 及び情報利用の普及の傾向

3.1. 調査対象

FM 分野における BIM の可能性を把握するために、BIM を積極的に導入する姿勢の 2 社を対象とした。この際、維持管理、改修、解体・廃棄物処理の各業務に分け調査を行っている。

さらに、FM に必要な情報の調査のために、FM の普及を図る J 協会を対象に同様の調査

を行った。加えて、FM 上の大きな事象として改修や解体があるが、そのうちの改修に関し、NC 社に調査を行った。この際、構造・非構造での差異を想定し、整理して調査を行った。

3.2. FM における BIM の活用の想定と課題

調査結果は表 2 の通りである。

維持管理業務においては、施設運用者の理解が容易となる平易な図面を用いることが求められる一方で、予算管理や設備の維持管理等では詳細なものが必要となる点や、施工時に現場の裁量で決定したものは特に利用できないといった点が共通していた。

改修業務においては、データの利用方法に差が見られた。また、長期間保存した後のデータ利用における問題点も共通して指摘された。

表 1. 日本における BIM の導入に関するヒアリング調査結果（上 6 社は導入に積極的で、下 3 社は導入にはあまり積極的ではない）

業者 業種	導入状況	導入目的（一部は試行導入）	メリット（一部は想定）	デメリット・課題（一部は想定）	データ活用（入出力）
SH 社 設計 施工	導入している	工業化住宅の生産の効率化 トラブルの削減	顧客との意思疎通が向上 トレーサビリティが向上	入力量の増加による労力・コスト増 部材の作成の負担が大きい	自社内で完結する形で設計から 施工まで活用
NS 社 設計	導入を進めている	ライフサイクルデザインの推進 数量・金額の積算 工期の短縮	ライフサイクルデザインの実現 数量・金額の積算 工期の短縮	BIM の仕様が未確定 設計者の負担増に対し、メリットが少ない	一般図程度のライフサイクル用と 詳細度を上げた施工用を分離
SC 社 設計 施工	導入を進めている	手間の削減と正確化 調整の迅速化 積算が可能	図面回覧の削減で作図費用削減 不整合や内部失敗の減少 設計時のネガティブチェック 設計者の監理業務が減少	依然残る 2 次元業務のための出力が 手間入力量の増加による設計者の負担増 データの信頼性保証と人間の判断力低下 業界内での導入意識のすれ	自社中間フォーマットを作成し、 各社とデータ交換 設計から施工までのワークフロー を留意
TC 社 FM	導入を進めている	設計や施工の 3 次元化に対応 多量の情報を立体的に活用	属性を持つため管理が容易 データに時間軸を追加可能 検索が容易	情報の収集の手間 非生産的なものへの投資の難しさ 完全に再現できない可能性	設計から FM がデータを独自に 収集し、完成形のモデルを作成
NC 社 CM	導入を進めている	ライフサイクルマネジメントによる 顧客との繋がり 建築生産コストの最適化 トレーサビリティの確保	ライフサイクルマネジメントによる 顧客との繋がり 建築生産コストの最適化 トレーサビリティの確保	入力量の増加による労力・コスト増	現状では BIM ではなく契約が 正の扱いとなる
TT 社 鉄骨 製造	導入している	ゼネコンの導入に対応 設備業者との干渉チェック	情報の一元化による不整合やエラーの 防止 入力の手間の重複の防止 中間チェックの削減	入力量の増加による労力・コスト増 他者作成データの信頼性や責任の所在 従来からの方法からの変化に反対勢力 他社における BIM 環境の整備	標準フォーマット・各社専用の ダイレクトリンクに対応 工程管理までデータで活用 製造には 2 次元図面を利用
YA 社 サッシ 製造	導入を進めているが 少ない	国交相の指針による問い合わせの 増加	可視化による合意形成の容易化 図面管理・運用の効率化 テンプレートが営業につながる	体制の整備や教育の手間やコスト 入力量の増加による労力・コスト増 2 次元の作業が全てはなくなる	製造へは 2 次元のデータを紙 図面で
CL 社 ALC 製造	導入を取りやめ	設計・施工での BIM の導入の 流れを受けて試行	エラーチェックの効率化 建材使用の適正化 テンプレートが営業につながる	体制の整備や教育の手間やコスト 3 次元化で逆に難しくなる	専用発注システムから専用受注 システムへ
P 協会 PCa 製造	ほぼ導入していない	ゼネコン主導で試行	パラメーターの調整で複数の部品 データ生成が可能 図面間の不整合防止 意思決定の迅速化	体制の整備や教育の手間やコスト 入力量の増加による労力・コスト増 2 次元データに対する優位性のなさ	製造へは 2 次元のデータを紙 図面で

表 2. FM における BIM の活用に関する調査

調査先	使用が想定されるデータ	維持管理業務での想定と課題	改修業務での想定と課題	解体・廃棄物処理業務での利用と課題
TC 社	設計図 / 施工図 / 竣工図 / 建具表 / 機器リスト / 最終見積書等	図面の管理・資産管理に利用可能 実際の運用ではシンプルである必要 予算管理や設備では詳細な図が必要 現場の裁量で決定されるものは特に記録 されず、利用方法も想定していない	設備は高詳細度、その他は一般図程度で、 現状では寸法を拾う程度の利用 従前の改修が反映されていない可能性 現場の裁量で決まった部位についても 現在は破壊した方が安価なことが多い	資産の除却に資産リストと工事内訳書 廃棄物量（重量）の見積 解体のシミュレーション 従前の改修が反映されていない可能性
NC 社	竣工図 / 工事請負契約書 / 各種計算書 / 設備機器の管理台帳 / 許認可関連書類等	中長期保全データに年次の実績を入れて 最新の保全計画とする 室データを用いた社内課金の基盤 一般の管理では一般図程度 大規模修繕や増改築では詳細な図が必要 現場の裁量で決定されるものは引渡時に 情報伝達を行うが、不十分な理解も多い	現状図・撤去図の元データとして利用 確認申請では特に便利 見積の早期化 長期間保管した後に開けるよう、各工事 後に確実にデータのアップデートが必要 改修のために情報を残すためには設計側 にインセンティブが必要	解体の見積 廃棄物料の見積 有害物質やリサイクルメリットのある 材料の分析 改修のために情報を残すためには設計 側にインセンティブが必要

解体・廃棄物処理業務では、いずれも解体や廃棄物発生量の見積、シミュレーションに利用可能と回答した。一方で、従前の改修のデータが反映されていない可能性や、情報の入力へのインセンティブといった点は、改修業務と共通して指摘されている。

3.3. FM における情報利用の想定と課題

調査結果は表3、表4の通りである。

施設運用では、前項までの調査対象である建築的な視点の情報ではなく、経営的な視点の情報が必要となる。一方で、改修等建築系業者の業務では建築的な視点の情報が必要となり、実際に改修業務に関する調査においても使用されると回答された。また、どちらの視点においても正しい情報であることが求められ、両視点を通した情報の保存方法が必要となる。そのため、維持管理時も図面を含んだ情報を保存することが望ましいと想定される。

3.4. 小結

本章では、FM での BIM の活用や情報利用における想定や課題の整理を行った。情報の入力にはコストや手間を要するため、情報の有効性や精度を考慮することが重要となる。そのため、次章でその検討を行う。

4. 建築物の情報管理の実態に関する調査

建築物の情報の利用可能性の検証のため、竣工後の2つの時間軸での分析を行った。維持管理時での利用として、東京大学環境棟の修繕履歴を対象に、図面と情報の連動の有効

性と精度を検討した。解体時での利用としては応急仮設住宅の廃棄物排出の予測を行った。

4.1. 東京大学環境棟の施設運用事例

東京大学環境棟は、PFI 事業により運営されているため、維持管理上で保存されている情報が比較的多い。また、図面上の室のあるところは柱間の半分ごとに端から番号（アドレス）を振る管理を行うものの、図面と情報の連携は少ない。そこで、環境棟での維持管理業務を対象として、維持管理情報と図面の連携の有効性の検証を行う。

本調査においては、維持管理業務で作成された修繕履歴リストについて、修繕対象が特定されていない修繕が多いため、図面と連携して特定させることを目的とする。修繕履歴の分類ごとに分析を行うために、(分類1) 工事発注者、(分類2) 工事種類、(分類3) 図面に残す目的、として分類を行った。

一方、連携させる図面については、平面図上の区域を分割し、各修繕履歴に与えることとする。表5の通り、4種類の分割を行った。その上で、図面があることで現状の修繕履歴から修繕対象の正確な同定率が改善するかを検証している(表6)。この結果、修繕箇所の同定率は分割を細かくすることにより向上した。また、各分類においてそれぞれ分割手法ごとに結果の違いが見られた。一方で、手法1から手法4へと分割数が増え、入力の手間の増加につながる。このことより、適切な位置情報

表3. FM において利用される情報に関する調査

調査先	使用される情報の想定と課題	維持管理業務での情報利用の想定と課題	改修・解体・廃棄物処理業務での情報利用の想定と課題
J 協会	日常の運用では経営者側の視点の情報が必要情報の視点を建築側から経営者側の情報にするためにコストを要する コンピューター化は自ずと進むと想定 コンピューター化によって管理のノウハウを付加できるため、異動への対応が可能	経営的に必要な情報のみでも問題はない 戦略的な FM を行う場合にはさらに情報が必要となる可能性 データを正しく更新するために維持管理や改修をフィードバックする仕組みが必要	建築系業者が利用する詳細な情報を必要とする 維持管理の際に開かれない情報を自動的に更新する仕組みが必要 情報を活用した非破壊改修が安価とは限らない 資産の除却には利用可能

表4. 改修業務において利用される情報に関する調査

調査先	使用される情報 (入手できる限り)	構造体の改修での情報利用の想定と課題	非構造体の改修での情報利用の想定と課題
NC 社	竣工図 / 施工図 (残存は稀) / 官庁届出書類 / 修繕履歴 / 管理報告書 / 保守点検記録 / エネルギー使用状況 / 現況平面図 / 構造計算書 / 中長期保全計画書等	設計図や竣工図を現状の把握に利用 構造体や荷重の変更では構造計算書も利用 施工図があれば隠れている部位の想定も可能 ただし実際の工事では現場調査で確認する必要 現場の裁量で決定されるものの情報は残存していないと想定	撤去図と改修図の元データとして利用 既存の内装や造作への追加の検討に利用 現場の裁量で決定されるものの情報は残存していないと想定 実際の工事では現場調査で確認し、計画が変わる可能性がある

の精度を考慮する必要があるといえる。

4.2. 応急仮設住宅の資源投入量の積算

応急仮設住宅はライフサイクルが短く、建設時の情報が解体時に比較的多く残存していると想定される。そこで東日本大震災の応急仮設住宅の建設時の資源投入量の積算を行い、解体時の廃棄物排出量見積とした。一方で、応急仮設住宅の解体の排出量調査を行い、見積と比較することで、建設時の情報から廃棄物排出量の見積を行うことの妥当性を検証する。

本調査においては、解体事例が存在する規格建築型の鉄骨造、木造の2構法について比較を行った。積算の際、各構法の代表的な業者による、代表的な9坪タイプの6連棟を対象とした。解体事例が少ないため、積算と解体事例の供給業者は異なる。

規格建築型について、積算と廃棄物排出量の比較を行った(表7)。また、断熱の追加工事と、積算と排出実績に用いた比重の違いの補正を行った。その結果、4項目に関しては、20%以下の差異となった。また、総計も15%以下の差異となった。

木造においても、同様に積算廃棄物排出量の比較を行った(表8)。木材やスレートは仕様の違いにより異なる結果となったが、3項目で差異は10%以下となった。また、排出量の廃プラスチックとその他の合計が、積算の同項目及び設備を加算したもの間に収まった。

このことより、精度については改善の必要があるが、排出物ごとの概数を把握できることは有効であると想定できる。

5.3. 小結

環境棟の修繕履歴事例より図面との連携は有効と想定される。一方で、目的や主体により精度を考慮する必要がある。また、応急仮設住宅の積算より、建設時の情報で解体時にお

ける排出の予測が可能と想定され、建設時の情報の利用は有効と考えられる。一方で精度については改善の余地がある。

6. 結論

本研究では、建築物のライフサイクルを通して活用する情報の傾向や利用時の課題を明らかにした。今後、情報をもつ建築物の増加が想定されるため、FMでの利用実績を蓄積し、利用・保存すべき情報の種類や精度をより明確にする必要がある。また、BIMのような手法で精度が向上する可能性があるが、その際は手間やコストの発生を考慮する必要がある。

表5. 図面上の区域の分割手法

名称	図面上の区域の分割手法	分割数*
手法1	現状のアドレス利用 + アドレス未付与部分に付与	100%
手法2	案1のアドレス未付与部分に付与した部分を細分化	208%
手法3	全体を粗いグリッドで分割	428%
手法4	全体を細かいグリッドで分割	5570%

*手法1の平面図上での分割数を100%とした際の割合

表6. 環境棟での分類ごとにおける空間分割と履歴の特定割合

分類	現状	手法1	手法2	手法3	手法4	総件数	
分類1	PFI	67.7%	75.2%	85.8%	84.0%	99.7%	795
	PFI外	64.6%	70.2%	77.9%	82.0%	100%	339
	中央監視	78.6%	78.6%	100%	100%	100%	14
分類2	消防	78.6%	82.1%	96.4%	100%	100%	28
	空調	76.0%	94.9%	98.0%	98.8%	100%	254
	衛生	81.2%	81.7%	95.9%	87.3%	100%	197
	建築	56.1%	60%	70.6%	69.4%	99.5%	415
	電気	59.3%	65.4%	76.2%	85.0%	100%	214
	什器	50%	50%	50%	50%	100%	2
	搬送	100%	100%	100%	100%	100%	1
	電話	100%	100%	100%	100%	100%	7
	その他	100%	100%	100%	100%	100%	2
	分類3	経営的	75.1%	82.1%	89.6%	89.7%	99.7%
建築的		67.0%	72.4%	76.6%	84.9%	99.4%	351
補修・対処		52.0%	59.5%	73.6%	70.0%	100%	333

表7. 規格建築型応急仮設住宅の積算と排出量の比較 (kg/坪)

	積算結果	積算結果(補正)	排出量調査結果	
供給者	DL社		NK社	
廃棄物	鉄	147.3(113.7%)	151.9(117.3%)	129.54
	廃プラスチック	77.7(107.5%)	(追加工事なし)	72.3
	ガラスウール	0.7(4.3%)	17.3(106.1%)	16.3
	木材	72.4(41.6%)	113.6(65.3%)	173.9
	石膏ボード	16.0(20.5%)	34.3(44.0%)	78.0
	アルミニウム	4.3(56.6%)	(追加工事なし)	7.6
	設備	16.5	(追加工事なし)	(各廃棄物へ分散)
	その他	15.7(141.4%)	(追加工事なし)	11.1
	総計	350.7(71.7%)	431.3(88.2%)	488.8

積算結果()内は排出量調査結果に対する割合

表8. 木造応急仮設住宅の積算と排出量の比較 (kg/坪)

	積算結果		排出量調査結果		
供給者	SF社		MH社		
廃棄物	木材	346.3(127.1%)	272.5		
	石膏ボード	123.8(100.4%)	123.3		
	ガラス類	23.9(103.0%)	23.2		
	金属	2.1(105.0%)	2.0		
	廃プラスチック	8.8	51.7	56.8	58.5
	その他	42.8	(88.4%)	1.7	
	設備	16.6	68.2	(116.6%)	
	スレート	53.0	0		
総計	617.3(128.8%)	479.4			

積算結果()内は排出量調査結果に対する割合、ガラス類に含ガラスウール