

建築ストック活用に向けた建築物の情報マネジメント 技術に関する研究と課題

建築生産研究グループ 主席研究監 高橋 暁

目 次

- I はじめに
 - II 研究の背景
 - 1) 建築生産を取り巻く社会状況
 - 2) BIM/CIMの推進 (i-Construction)
 - 3) 建築物の情報マネジメント
 - III 研究の紹介
 - 1) 維持管理段階における BIM データ活用に関する研究
 - 2) 既存建築物の情報整備に関する研究
 - IV 建築ストック活用に向けた研究の課題
 - V おわりに
- 参考文献等

I はじめに

建築物の企画、設計から施工、維持管理に至るライフサイクルにおいて、BIM活用の取組みが広がりを見せている。ここでは、無駄のない建築生産の実現を指向した BIM 活用の動向や BIM に適した制度/システム等に関する研究を紹介するとともに、特に、竣工後の使用/維持管理における建築情報の整備、利活用の課題を概説する。

II 研究の背景

1) 建築生産を取り巻く社会状況

建設作業者の高齢化に伴う退職者の増加に対して、若年者の入職率が低迷しており、建設作業者の減少と非熟練化が進行している。(図1、図2) 建設業における労働生産性を向上させるためには、需要調整、重層構造の改革、生産の工業化といった方策がある。このうち、需要調整、重層構造の改革は、産業構造を抜本的に見直す方策として有力な対策であるが、生産の工業化は、建設作業者が減少・高齢化が進む中で、高齢熟練者が引き続き建設作業に従事できる環境を整える、現役作業者の生産力を向上させる、あるいは、

従来は建設作業に従事できない層への入職可能性を広げるといった、効果が期待されている。

他方、情報技術の進歩により、3次元モデルを用いて製品・部品、構造物の企画、設計、生産、メンテナンスの検討を行い、技術情報を可視化し生産システムを効率化する取組みが様々な産業分野で進んでいる。建築分野でも、設計業務において BIM を用いて意匠、構造、環境・設備の設計を統合、可視化する設計手法が拡大しており、建築主から求められる機能、性能を満足する設計案を効率的にまとめる業務が実現している。また、施工においては、施工プロセスの検討や作業手順を可視化して工事管理者、作業者の情報共有を図る等の取組みとともに、3次元計測や画像解析等の情報技術を用いて作業状況や出来形を計測、確認、記録する工事管理の高度化も行われている。

2) BIM/CIMの推進 (i-Construction)

国土交通省では、平成28年(2016年)を「生産性革命元年」と位置づけ、「国土交通省生産性革命本部」を設置し、総力を挙げ生産性の向上に向け取り組んでいる。調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて抜本

的に生産性を向上させる i-Construction はその重要な施策の一つとされている。

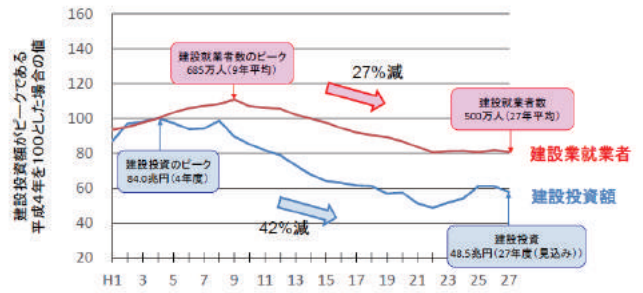
土木分野における CIM の推進、建設現場の生産性向上をより具体的に進める i-Construction の取組みは、前述の社会情勢に迫られた動きであるが、建築分野においては、集合住宅等の量産化が求められた時代から、部材のプレファブ化、大型化と機械施工との組み合わせという単位労務量に対する生産高の増大という視点で進展し、その後、仮設部材と揚重機の組み合わせによる、現場施工環境の向上や、IT 技術を併用する自動化施工、作業の容易化といった、労働環境の向上による生産性向上へと変化してきた。これらはいずれも、比較的大規模な新築工事に適ししやすい技術であるが、近年は、SI 建築の生産、改修工事など小規模な工事に対応した技術が導入されつつある。

i-Construction を進めるための3つの視点として、「建設現場を最先端の工場へ」、「建設現場へ最先端のサプライチェーンマネジメントを導入」、「建設現場の2つの「キセイ」の打破と継続的な「カイゼン」」が示されている。後者2つは、公共事業の発注者としての視点から効率的な事業実施のために取りうる方策の観点といえるが、「建設現場を最先端の工場へ」という生産システムを考える中で、「調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、3次元データを導入し、ICT 建機など新技術の活用が実現するとともに、コンカレントエンジニアリング、フロントローディングの考え方を実践していくことが重要である。また、インフラの設計・施工段階から、維持管理を含めた最適化が図られるよう配慮することが必要である。」とのライフサイクルにおける情報マネジメントの重要性が認識されている。(図3)

3) 建築物の情報マネジメント

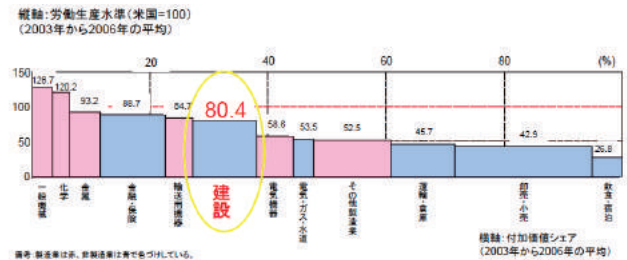
建築分野では、2000年代に入ったところから、新築設計を中心に3次元CADの利用が進み、従来、複数の図面や仕様書等に分散していた設計情報を一元的に扱い、より川上段階で視覚的にも分かりやすく諸事項を確認し、設計業務等の効率化、高度化を図る“BIM”の取組みが普及してきている。また、建材・機器等のライブラリ(CAD等に引用できるテンプレートや部品データ等)が提供され、設計を支援する動きも見られる。(図4)

BIMは、「施設(建物)のライフサイクルにわたる関係者が追加、変更、更新、参照を行って生成・維持する施設の表現で、オブジェクトと呼ばれる属性を備えた3次元幾何形状を持つ構成要素の集合」と概念定義されていた。その後、3DオブジェクトCADの進化、PCの性能向上により、建築実務において具体的



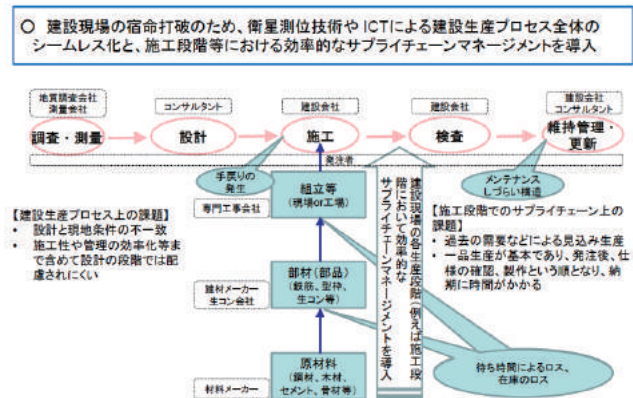
出展：国土交通省

図1 建設投資額および建設業就業者の増減



出展：通商白書2013

図2 わが国の産業別の労働生産性水準(対米国比、米国=100)



出展：国土交通省

図3 i-Constructionを進めるための視点

建築生産におけるBIM活用の展開

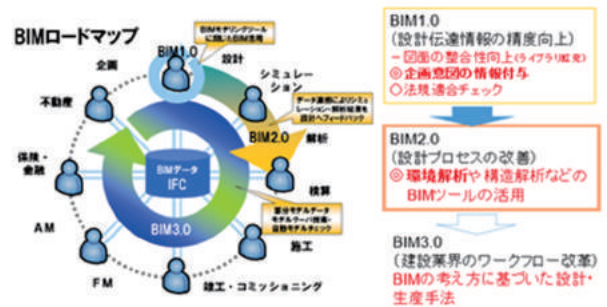


図4 BIMの概念と実務利用での展開

に利用するための技術として、ソフトウェアで使用する各種 CAD 群、解析ソフト群、シミュレータなどの連携が図られ、設計・生産プロセスの変革が垣間見える状況になってきている。

III 研究の紹介

1) 維持管理段階における BIM データ活用に関する研究

① BIM 利用に関する取組み等の現状調査

建築物の企画、計画、設計、施工、維持管理を通じた情報の活用における建物情報モデルの利用に関して、設計者、施工者、建物管理者、建築主、システムベンダー等の各主体や大学、学会、業界団体等の最近の取組み状況を把握するため、既往の文献やウェブサイトから関連する情報を調査取得した。具体的には、CiNii に収録されている学術論文や図書、雑誌などについて、タイトルとキーワードに『BIM (Building Information Modeling)』の語句が含まれている文献を検索し、464 件が抽出された。調査時点は、2014 年 10 月 27 日である。(図 5)

文献検索において BIM というキーワードが登場するのは 2007 年頃で設計、生産・施工、積算等のキーワードと共に出現している。FM というキーワードと共に出現するのは 2011 年、維持管理というキーワードでは 2009 年である。他の分野が 2011 年頃に至ると出現頻度が平衡状態に達するのに対して、FM・維持管理というキーワードに関しては上昇傾向にある事がわかり、維持管理段階での適用に関心が移っている状況が確認された。(図 6)

さらに、実施プロジェクトにおける建物情報モデルの利用に関する取組みについて検索し、具体的な記述がみられた約 100 事例に対してアンケート調査を実施した。アンケートの回答のうち、建物の使用段階における何らかの取組みを含む事例についてはヒアリングにより詳細を聞いている。実施プロジェクトでの BIM に関する取組みは、最初に設計業務において始まり、施工業務での取組みが増え、2012 年前後から維持管理・FM・ファシリティに関する業務における取組みに展開している傾向がみられた。

② 建物管理に適した建物情報モデルの作成に関する検討

建築設計側での BIM の利用が進む一方で、BIM で作られる仮想的な建物のデータ(BIM データ)を竣工後の建物の維持管理に活用する取組みは、これからの発展が期待される分野である。BIM データは、単に建物を 3 次元的に表現できるような図形としてのデータを持つのではなく、表現する柱、床、壁、屋根、建具などの部位・部材・部品の他、これらが構成する空間も含めて、その諸元などの属性の情報を一元的にまとめるデータの構造をもった一種のデータベースとして機能するものである。このような

BIM の特徴を踏まえ、耐久性・維持管理に関する建築生産情報の維持保全計画への活用手法に BIM を応用する検討を行った。

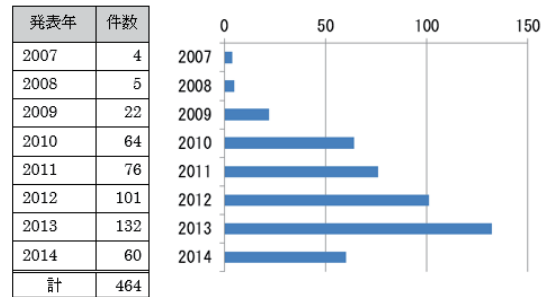


図 5 BIM 関連文献の発表年別資料数



図 6 発表年ごとの BIM 関連語句出現数

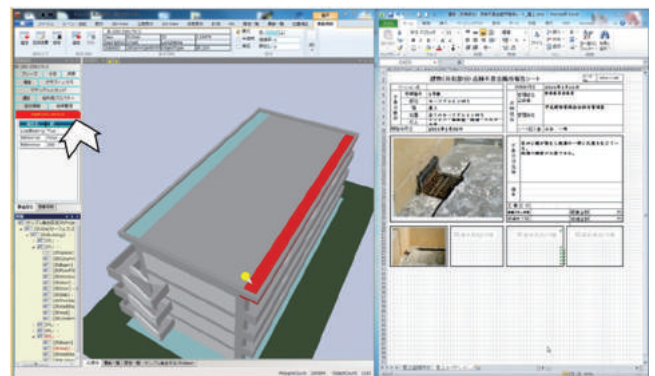


図 7 部位と維持管理情報の連携イメージ

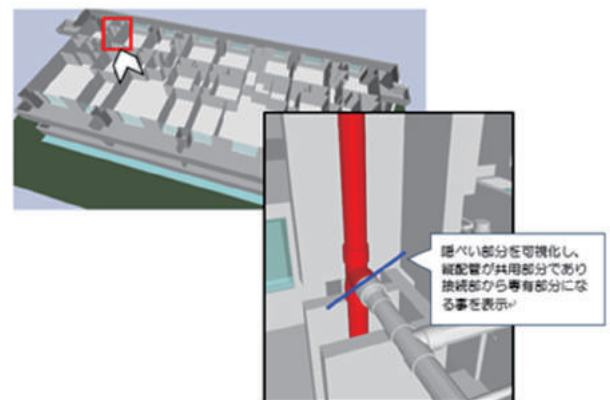


図 8 BIM のビジュアライズ効果による見える化

BIM の効用のひとつである「ビジュアライズ」を維持保全段階での効用として捉えたと、設計時と異なりすでに実建物が存在していることから、設計時に作成された BIM データと実建物を整合させることにより、実建物では見えづらいもの、見えないものが見える化する効果が期待される。(図7、図8)

集合住宅（一般的な RC 造マンションを想定）の管理における建物情報モデルの利用を想定すると、部位に対して行われた診断・点検・修繕の記録を文言で示されても建築の専門家ではない住民には判りにくい。モデルを使って、モデルの一部分にピン留めされた画像を見ることが出来れば一般にも分かりやすい表示が可能となる。そのためには、モデルに診断・点検・修繕等の部位を示す機能とその部位に関連付けて診断・点検・修繕等の記録をデータベースに収納する機能が必要となる。これが実現すれば、BIM が住宅履歴情報に関わる他のドキュメントより優れた機能として、部位や位置が可視化され、点検周期や長期修繕計画を直接 BIM と関連付けて記録することや、点検箇所や長期修繕計画で対象とされる部位を示すことが可能になる。(図9、図10)

近年、現実環境に情報を付加提示する技術として、拡張現実 (AR: Augmented Reality) 技術がある。位置情報を鍵として、GPS やコンパス情報などを利用してリアルタイムに現実空間に、テキスト、写真 (エアタグ) などを合成表示する技術が実現化している。建築屋内では GPS 情報の取得が困難であるため、位置、方位の同定に AR マーカーを用いる方法がある。所定の位置に、マーカーに記録される情報参照先から情報を取得することによりカメラ画像に合成表示させることが出来る。(図11)

BIM による「見える化」の効用を加味した維持保全情報活用では、データ入力や閲覧に関して、AR 技術や Web ベースのビューワ等の既存の技術を応用・活用することにより、一般ユーザにも分かりやすい仕組みを構築できると考えられる。他方、情報活用の核となる BIM データの作成、維持について、例えば外部仕上げの目地など、維持管理で管理対象となる部位・部材の情報が設計情報としては必ずしも入力されないといった課題がある。また、BIM ソフトウェアの機能、特性を有効に活用するには、専門的な知識と技能も必要であり、「BIM マネージャー」と呼ばれるような BIM データ管理の新たな職能の確立も望まれる。

BIM で建物をモデル化する際の対象として個々に構築されるデータをオブジェクトという。建物を構成する壁、柱、梁、床、窓、扉などの対象物を、その幾何学形状と属性 (材質、色、性格など) を一緒に扱ってオブジェクトとするのが一般的である。建築実務において建物の BIM データを扱うには、どの程度の細か

さでオブジェクトを定めるのが課題になる。マンション管理を対象とすると次のような点を考慮する必要がある。

マンションの特性として、区分所有法上また管理上、専有部分

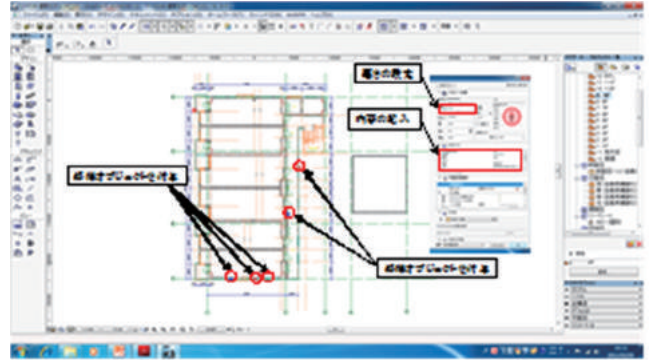


図9 図面に修繕マーカーを配置した例

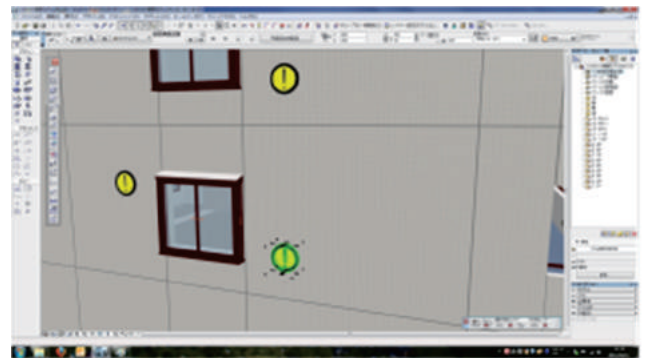


図10 パースによる修繕マーカーの表示状況



図11 AR マーカーを使った竣工イメージの表示事例

と共用部分の区分がある。専有部分は基本的に区分所有者の意思でリフォーム等が行われるため、共用の設備配管の接続部分や躯体・開口部などと接する部分を除き、間仕切りや造作等を細かくモデリングする必要がないと考えられる。他方、長期耐用のスケルトン（躯体や共用設備など）は、大規模な増改築等が行われない限り初期の構造が維持されることから、対応するモデルも長期にわたって管理、活用する対象となる。（図12）

これらの運用上の課題等を考慮し、建物の企画・計画から設計、施工を経て維持管理にわたり、関係主体の関わりと情報の流れを踏まえ、情報化技術を利用した維持管理の将来像について検討し、基本的な枠組みを提示した。（図13、図14）

建物の部位・部分	LOD	MEP+1	注釈
住戸部分（専有部分）	100	○	専有部分は単なる箱で良い
スケルトン	300	○	内外壁、界壁、床スラブ、床、天井、柱、基礎部分、バルコニー等専有部分に属さない「建物の部分」
給排水配管部	100	○	系統図のように接続ルートが分かれば良い
ガス設備配管部	100	○	系統図のように接続ルートが分かれば良い
設備機器（給排水、ガス、電灯、昇降機、消防設備）	200	○	図形表現は箱程度で良い。性能諸元や型式などが書かれた設備機器リストのIDを属性として定義
鉄部塗装	150	○	テクニカル・イラストレーションで分かれば良い
外観、雨風施設	150	○	構造物の位置と大きさが判れば良い

図12 マンション管理に適したモデルの詳細度（案）

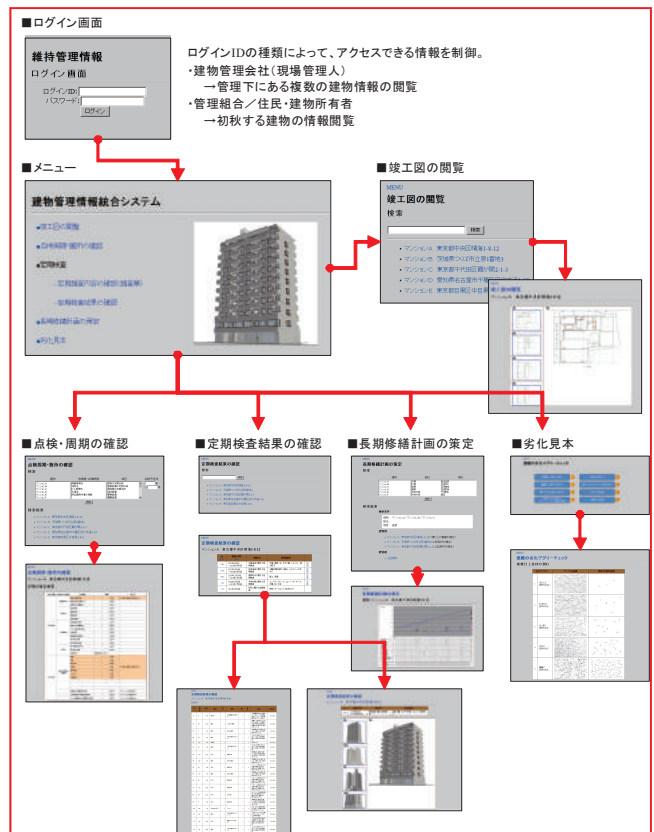


図13 維持保全情報活用の流れのイメージ

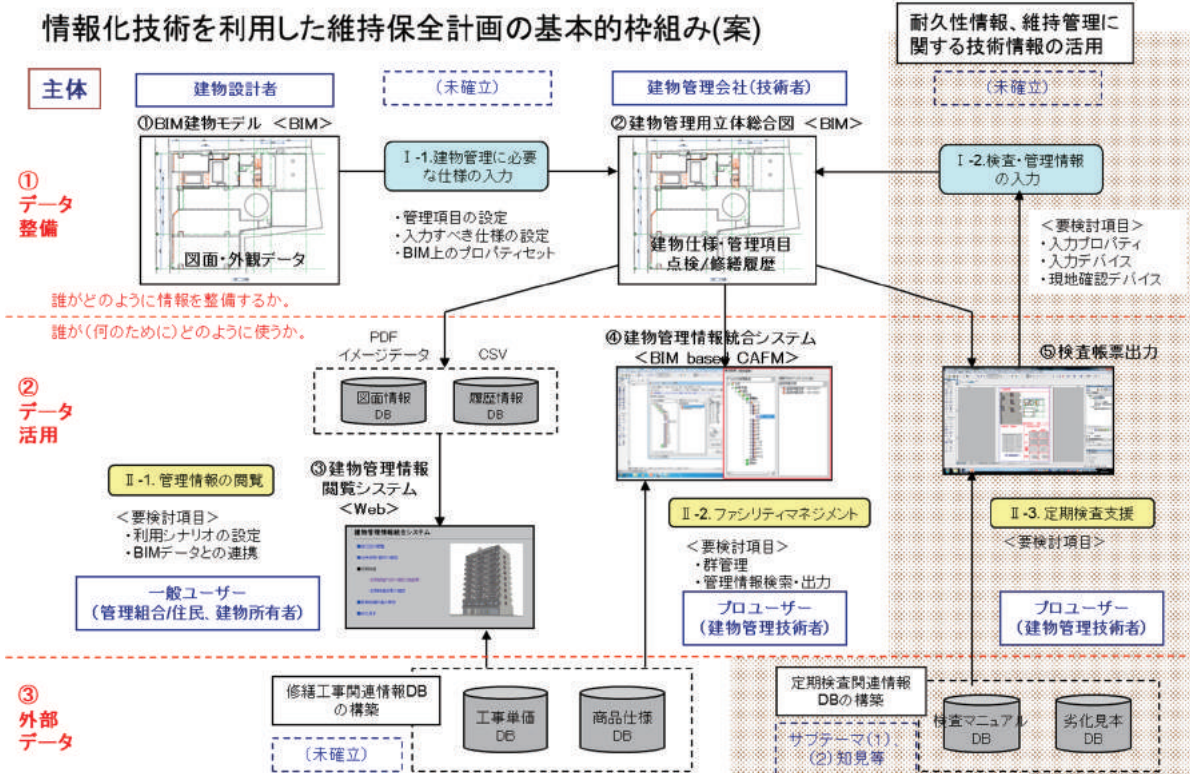


図14 維持管理段階における建物情報モデル活用の概念図

2) 既存建築物の情報整備に関する研究

① 既存住宅における住宅履歴情報の整備

住宅履歴情報の整備・蓄積が進めば、長期優良住宅や性能評価住宅等のように仕様及び性能の把握が容易になる。しかし、既存住宅の多くで新築時の設計図面等の資料が散逸し、現況検査やリフォーム計画の事前調査に際して設計仕様（使用材料や構法等）の把握が困難であるとの認識にたてば、既存住宅の性能等を評価するのに必要となる情報、及びリフォーム時の設計・施工条件の明示のための情報の復元・整備が課題である。

設計図面等が散逸した既存構造物の復元設計では、先ず出来型を計測し、形状・寸法を図面化する作業が行われる。近年、コンピュータビジョンやセンサを用いた3次元計測技術が進歩し、文化財や土木構造物等の調査・診断に技術が活用されている。住宅においてもこうした技術の適用による形状等の把握とモデル化が可能と考えられる。こうした技術の利用にあたっては、何を目的として、どこまで3次元モデル化するのかについて、計測・モデル化に係る作業の手間・コストと効果を見定めた上で、目的に沿った計測手法の選択や計測とモデル化の目標を設定する必要がある。

一方、直接計測が可能な出来型に対して、壁体内部等の各部構造に関しては、既存住宅が建築されたときに用いられていた材料・構法等の知識が必要となる。そうした知識を有した上で、対象住宅の仕上げ材料や納まり等の特徴から部位・部分の仕様を推定し、性能評価やリフォームの設計において現況を表現する情報として扱い、部分解体等の機会を通じて内部を確認し、情報を確定・管理する、住宅履歴情報整備の流れが形成される。(図15)

② 既存住宅を表す建物情報モデル

建築設計、生産を合理化する情報技術として、建物情報モデルの取組みが設計者、施工者、さらには建物所有者に広がってきており、建物の様々な情報を3次元CADで作成するモデルを中心に統合してデータ利用の高度化を図る環境が進みつつある。こうした技術の特性に着目し、「建物の部位や位置に関係付けて情報を統合管理し、高度利用する」住宅履歴情報のより効果的な利活用を図る段階の想定をおき、現場調査による間取りや形状のスケッチや材料や仕様等の記述メモ、写真等を基にCADを用いた簡便な入力により既存住宅の設計情報等を復元し住宅履歴情報を整備する、建物情報モデルを用いた情報整備、管理手法の検討を行った。(図16、図17)

【行政施策における取組】 インспекションの普及・促進、売主による情報提供や住宅履歴情報の充実、瑕疵保険の充実・合理化を行うほか、リフォームによる長期優良住宅化や、民間による法適合確認等の取組により、耐震性や省エネ性等に関するラベリング制度を充実させる。また、リフォーム促進に資する先進的な取組に支援を行う。

中古住宅流通各段階における改善策

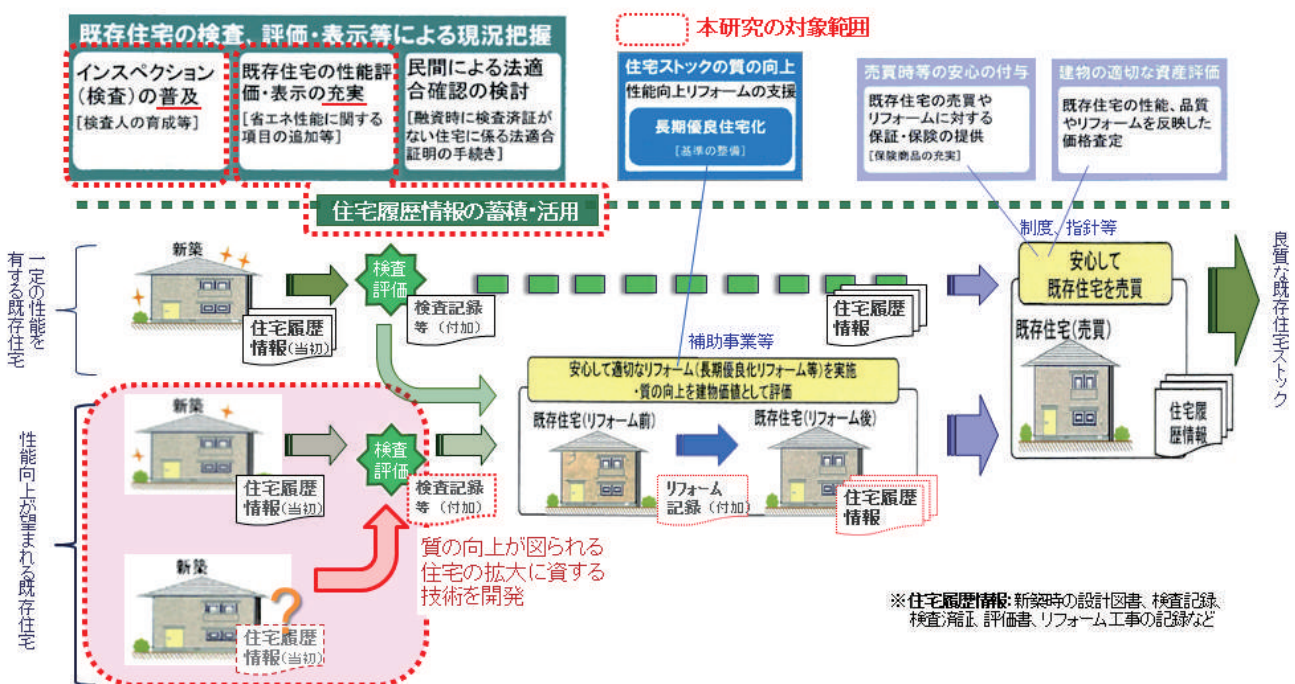


図15 既存住宅の長期優良住宅化リフォームの流れと既存住宅の履歴情報整備の技術的課題

この研究では、建物各部位の3次元形状オブジェクトに材料・構法データベースによる部材構成や使用材料等の属性情報を関係付けた3Dモデルを建物情報モデルと呼んでいる。

既存構造物のモデル作成においては、出来型としての実体が存在するため、文化財等の解体・修理等を想定すれば、部材の一つひとつに至までのモデル化は不可能ではない。しかし、中古住宅流通における現況検査等での情報活用を想定した場合、実務適用が可能な現実的なモデル化の方法を設定する必要がある。

建物各部位の形状オブジェクトの入力にあたっては、部位をどのレベルまで分割し表現するかについて、情報整備の目的と適度な作業量のバランスを考慮する必要がある。新築の設計では、建築の計画から基本設計、実施設計、部材の生産設計に至る段階ごとの設計の詳細度が検討され、5段階の「レベル規定 (LOD: Level of Detail)」が提案されている。戸建て住宅に当てはめると、「間取り図」や「立面図」で表される空間構成が基本設計のLevel 2、「詳細図」に書かれるドア・窓の規格や壁・屋根の層構成が実施設計のLevel 3、に概ね該当する。「材料・構法データベース」は、Level 3相当の区分で属性情報を整理しており、形状オブジェクトをLevel 3で入力すれば、実施設計相当の建物情報モデルの作成が可能である。最低限Level 2の入力を行えば、不動産流通で必須とされる「間取り図」を作成する程度の手間で建物全体を表す情報整備が可能である。(図18)

③効率的な設計仕様の把握手法の開発

図面等設計図書が散逸する等して、目視による確認が通常不可・困難な部位・部分の仕様や性能等の現状把握が難しい既存住宅の安全・安心な売買や改修を促すためには、不動産仲介業者や住宅建築事業者が事前に住宅の基本的な材料・構法について類推、または確定できる情報を一定程度以上の確度で簡便に把握でき、それを用いて技術的な助言及び改修計画の立案を可能にする仕組みが必要である。

こうした工務店や設計事務所等の技術者が担う現場調査等の実務を支援するため、現況検査等の業務フローに即して、調査対象住宅の基本情報、仕様データを仮定し、現場調査を通じて情報を確定するための支援システム「材料・構法データベースシステム」を開発した。主な機能は、調査対象建物に関する建物仕様情報の入力、変状項目の入力および、調査結果を帳票として出力する機能である。

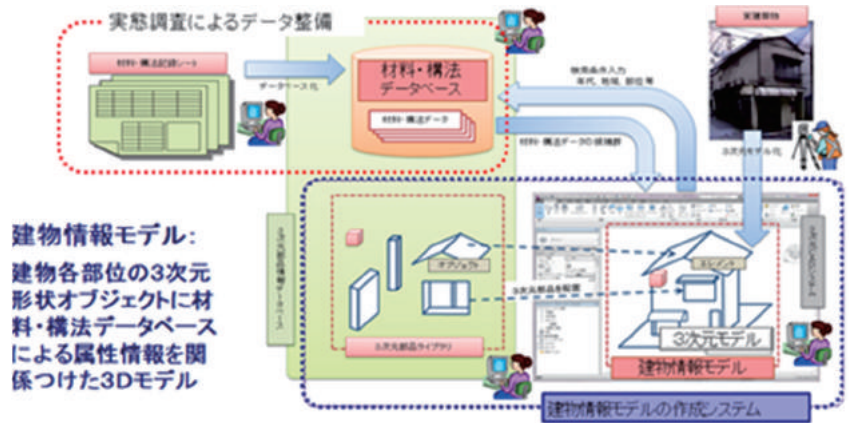


図16 戸建て住宅における建物情報モデルの概念図



図17 モデルを用いた調査記録(写真)等の記録法のイメージ

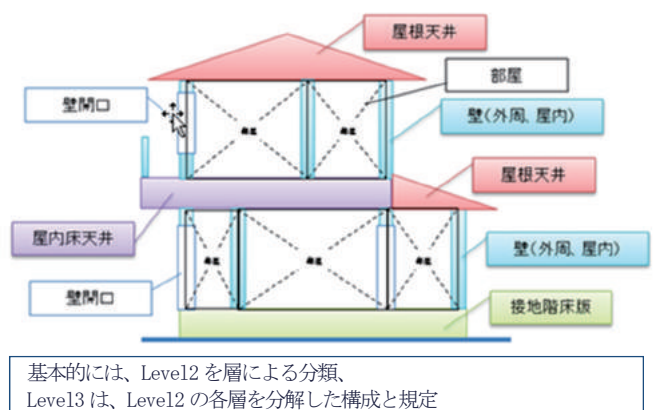


図18 Level 2 (層) による分割の例

現場調査に携行するタブレット端末での利用を考慮し、ASP方式での運用を想定している。複数名で分担して調査にあたる業務実態を考慮し、建物データの分割編集を可能とした。立地により通信環境が悪い場合もあるため、スタンドアローン方式で利用

する機能も用意した。また、調査記録としてニーズが高い、現場で撮影した写真を部位毎に登録する記録整理の機能も備えた。さらに、「住宅履歴情報」の管理システムとの連携を考慮し、共通IDを利用する拡張性も考慮している。

④ 既存住宅の現況を表す建物情報モデル作成手法

住宅の長寿命化には、適切な維持管理やリフォームが継続的に実施されることが必要であり、様々な図書、文書、データに分散している住宅履歴情報を合理的に蓄積・管理し活用する手法の確立が望まれている。既存住宅では、その多くで新築時の資料が散逸し、図面の復元から情報整備をやり直さなくてはならない現状がある。そのため、新築プロジェクトの設計段階を中心として普及が進みつつある BIM の取組みに着目し、3次元 CAD 等を用いて部位（壁や床、屋根など）の形状モデルを作成し、部位を情報管理の見出しとして、使われている材料や構法、施工方法等の情報や、点検・補修等の記録を整理・蓄積する手法を検討した。

具体的な方法として、既存住宅における情報整備の業務フロー、情報を統合する建物情報モデル建物各部位の形状モデルを入力する際の詳細度の基準、属性情報に関する外部データの参照方法等が整理された。また、一般的な CAD ソフトウェアで共通的に利用可能なテンプレートやライブラリ等の情報ひな形を作成し、建物事例に関する情報整備を試行した。(図 19)

IV 建築ストック活用に向けた研究の課題

膨大な既存の建築・住宅ストックの活用を図るには、現況把握に基づいて適切な利用計画等が作成され、建物の所有者や利用者等のニーズに即した改修・リフォームの実施が望まれる。既存建物の設計仕様（使用材料や構法等）を把握・確認するには、新築時の設計図や仕様書等の資料が必要であるが、こうした資料が整備されていない現状がある。そのためには新築時の設計情報を維持管理段階で利活用するための情報整備と管理・活用に関して、職能や業務を具体化し、共通ルールを整備する必要がある。一方、既存建物について、保存されている図面や文書等を、改修やリフォームで活用しやすいように統合・管理する、情報技術を活用した効率的な手法の開発・普及が必要である。

V おわりに

建築研究所では、技術者の不足、技術力の低下による熟練マンパワーによる品質確保が難しくなることに対して、情報技術（BIM、3次元計測、画像解析、検索技術など）を活用することにより、技術者の知覚、知識、記憶や移動等を補完、代替して、より省人・省

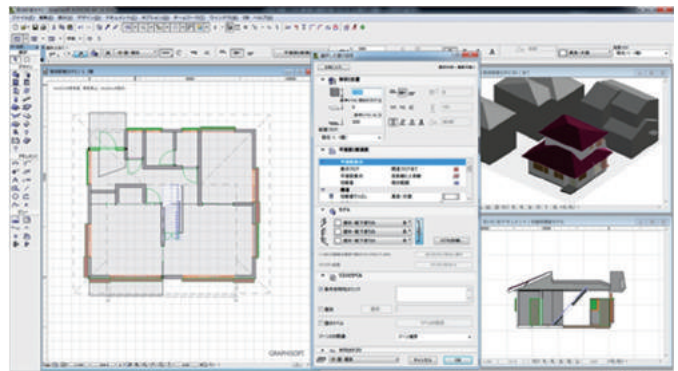


図 19 レベル規定に基づく建物情報モデルの作成例

力かつ精度・確度の高い施工管理を実現するための調査研究を行う予定である。情報技術の適用により得られる施工記録（例えば、3次元計測や各種センサによるデジタルデータ等）を用いることにより各種の検査・確認を効率化するとともに、出来形に関する確実な情報整備の方法等を提示することを目指している。

参考文献等

- 1) 国土交通省住宅局：住宅履歴情報 関連情報、
- 2) 国土交通省住宅局：長期優良住宅の普及の促進に関する法律（長期優良住宅法）関連情報
<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/index.html>
- 3) 国土交通省 総合技術開発プロジェクト
「中古住宅流通促進・ストック再生に向けた既存住宅等の性能評価技術の開発（H23-26）」、
<http://www.mlit.go.jp/tec/gijutu/kaihatu/pdf/soupro011.pdf>
- 4) 角倉英明他、在来木造住宅の材料・構法の把握手法に関する研究(その1)、(その2)、日本建築学会 2013 年度大会(北海道)学術講演梗概集, 5488-5489, 2013.8
- 5) 高橋 暁 他、在来木造住宅の材料・構法の把握手法に関する研究(その3)、日本建築学会 2014 年度大会(近畿)学術講演梗概集, 5410, 2014.9
- 6) 高橋 暁 他「既存住宅の材料・構法等に係る情報管理・活用に関する研究(その1)(その2)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 8001-8002, 2012
- 7) 既存戸建て木造住宅の設計仕様に関する材料・構法知識ベースの開発, 国土技術政策総合研究所, 国総研レポート 2014, April 2014
- 8) 新築時の設計図面等が散逸した既存戸建て木造住宅の設計仕様の把握手法の開発, 国土技術政策総合研究所, 国総研レポート 2015, April 2015