

BIM 活用による新たな建築生産への取り組み

Approach to New Building Production by the BIM Utilization

井上 光二*1 内海 宏*1 内田 公平*1
Koji Inoue Hiroshi Uchiumi Kohei Uchida
波多野 純*2 石浦 圭祐³
Jun Hatano Keisuke Ishiura

要旨

建築分野において BIM (Building Information Modeling) が本格的に導入され始めた 2009 年から約 7 年が経過した。この間、設計者や施工者はさまざまな角度からこのツールを活用することを試みてきた。当社においても、まず設計部門から取り組みを始め、徐々に施工分野での活用へと広がっているところである。従来の 2 次元図面や固定的な CG・アニメーションによる打ち合わせが、BIM を用いることによって、ビジュアルかつリアルタイムに議論のできるコミュニケーションの場へ変わるなど、設計および施工のスタイルが変化しつつある。

本報告では、主に設計および施工の両分野で取り組んだ事例を紹介するとともに、建築生産の革新に向けた課題と今後の展望について述べる。

キーワード：BIM ビジュアライゼーション 統合モデル 干渉チェック 建物管理

1. はじめに

1.1 ICT 環境の変化

近年コンピュータや通信分野などの技術革新が急速に進む中、建設分野でも ICT (Information and Communication Technology) を活用した合理的な生産システムが導入されつつある。中でも BIM は、建築の設計・施工の分野における中核のツールとして活用が注目されている。3 次元による可視化に加え、BIM 本来の特徴である情報を加味することによって、データベース機能をフルに活用することができ、今後も ICT としての BIM は大きく変化すると予測されている。

国土交通省においても、建設生産プロセス全体における、生産性の向上や品質の確保を図ることを目的としたシステムとして、情報化施工の取り組みを開始した。この取り組みを「i-Construction」と名付け、2016 年度からさまざまな ICT 関連の設計・施工・維持管理技術の導入や開発に力を入れている。

1.2 BIM について

BIM はコンピュータ上に、仮想建物を建設する。ビジュアル機能 (可視化) が非常に優れているため、関係者間のコミュニケーションツールとして活用されるケースが多い。最近ではビジュアライゼーション BIM とも言われている。ビジュアライゼーション BIM は、効果が理解しやすいため

BIM 導入の第一のメリットとしてあげられている。今までの CG 制作やアニメーション制作とは異なり、リアルタイムに形状や材質を変更し、それを目視で確認できるなど、建物をあらゆる視点から検討することができる。

加えてその仮想建物には、形状や位置情報をはじめ、面積や部材の属性といった情報が付加され、建物情報データベースが同時に構築される。データベース化されたモデルからは、面積や数量の他、材質、メーカー、性能や機能、コスト等の情報を知ることができるため、竣工後の建物管理等における活用も期待されている。

1.3 当社の取り組み

当社では、2010 年度から BIM 導入の検討を始めた。2012 年度からの 3 か年は、「第 1 次 BIM 推進 3 か年計画」として、竣工物件での試行や、主に設計段階での BIM 活用を中心に検証を重ねてきた。

その後「第 2 次 BIM 推進 3 か年計画」の始まる 2015 年度からは、「BIM モデル作成基準」の設定、「BIM ワークフロー」の検討等実務活用に向けての推進を図っている。意匠・構造・設備の統合モデルを作成することにより、設計の矛盾点や部材の干渉をあらかじめチェックすることが可能となっている。

施工現場においては、統合モデルを利用し、鉄骨や設備等の専門工事業者と協働しながら、干渉チェックや施工計画への活用を行っている。

*1 設計本部 設計管理部 *2 東京本店 建築部 *3 大阪本店 建築部

2. 設計段階での取り組み

2.1 提案スタイルの変化

これまでの図面中心で説明文の多かった提案書は、今ではビジュアライゼーション BIM により、立体的でわかりやすい 3 次元表現が幅広く使われた提案書に置き換わってきている。3 次元表現は、BIM のモデルデータから書き出されるため、同一の対象物をいろいろな視点から確認することが可能となる（図 1）。

また、短期間で CG アニメーションが作成できるソフトや、風にそよぐ樹木・走る車等リアルな添景が簡単に配置・設定できるソフトを随時導入し、提案の質を高めることが可能となっている（図 2）。

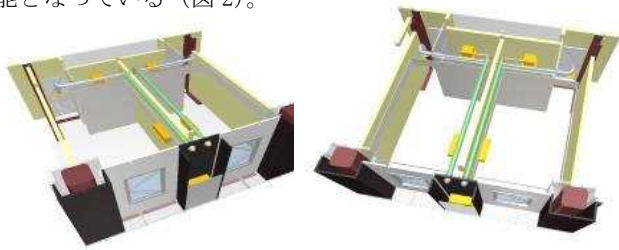


図 1 ホテル客室の設備配管ルート検証



図 2 豊富な添景

2.2 打ち合わせスタイルの変化

顧客や工事関係者との打ち合わせスタイルも変化している。図面では分かりにくい部分をパソコンやプロジェクターを使い、BIM モデルを投影することで、視覚的な確認と内容の合意形成を行うことができる（写真 1）。



写真 1 関係者へのデザイン説明会

さらに、リアルタイムに変更対応できるため、希望のシーンや状況での検討をその場で行うことができる。

図 3 に天井やフローリングの材質をその場で変更しながらイメージを共有した例を示す。関係者が多く、さまざまな要望があがるケースなどにおいては、特に有効である。



図 3 リアルタイムに素材や形状を変更

下図のケースでは、当初閉鎖的と感じられた受付奥の空間を、袖壁の形状をリアルタイムで変更することにより、早期に合意を得ることができた（図 4、5、写真 2）。

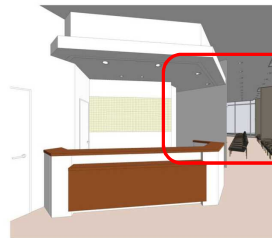


図 4 当初提案

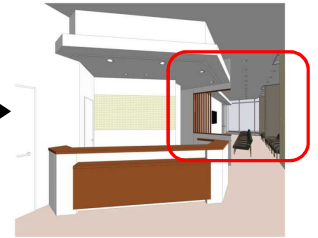


図 5 袖壁をカット



写真 2 竣工空間

2.3 図面化検証

実施設計モデル完成後、BIMソフトの自動作図機能を利用した図面作成を試行分析した。

自動的に作成できる図面(図6)だけでは、表記内容に不足があるため、赤字で情報を付加した(図7)。

各図面に対し同様の作業を行い、追記修正の際に考慮すべき内容が整理できた。一方、「階段詳細図」はモデルそのものの入力に多大な手間がかかり、「建具表」は当社フォーマットとの相違や必要な情報が記入しづらいなど、図面によっての向き不向きが明らかになった。

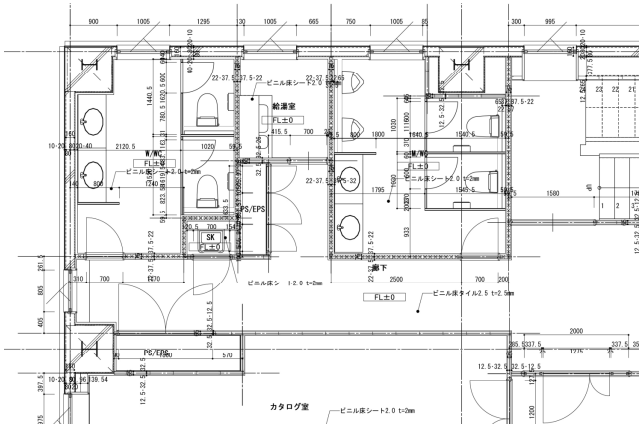


図6 BIMソフトによる自動作成例

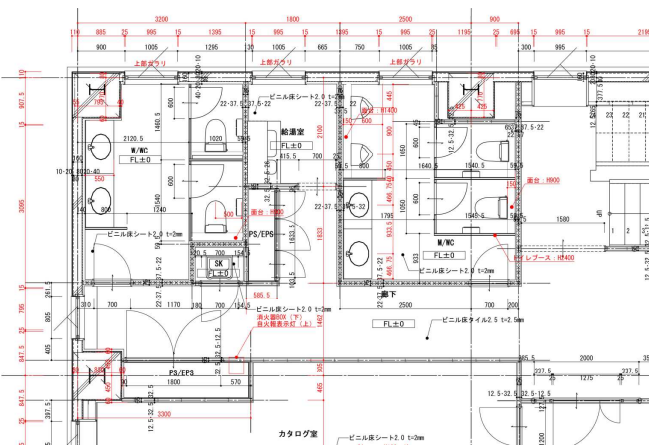


図7 不足情報を付加(赤字)

モデル作成後の純粋な作図時間は、表1に示すようにトータルで概ね27時間(4人工程度)となっている。実施図面作成時間全体に占める作図そのものに要する時間の比率を考えると、これまでの2次元CADのみによる場合に比べて優位性がある。

3次元モデルを作成しておくことによって、必要に応じ追加検討や補足図面を簡単に切り出すことができる。2次元CADと3次元BIMの特長をうまく組み合わせる活用が有効であるといえる。

表1 情報を付加して図面を仕上げるのに要した時間

図面種類	図面枚数	作図フェーズ					
		レイアウト		モデル修正による再作成		描きこみ	
		作業時間	1枚当り	作業時間	1枚当り	作業時間	1枚当り
面積表	1	1.00	1.00	0.00	0.00		
一般平面図	3	0.55	0.18	0.25	0.08	1.90	0.63
一般立面図	3	0.67	0.22	0.25	0.08	1.00	0.33
一般断面図	2	0.33	0.17	0.00	0.00	0.70	0.35
矩計図	2	0.67	0.34	0.20	0.10	2.15	1.08
階段詳細図	2	0.50	0.25	0.20	0.10	3.00	1.50
平面詳細図	7	0.50	0.07	0.45	0.06	4.00	0.57
展開図	11	2.00	0.18	2.00	0.18	3.00	0.27
天井伏図	2	0.50	0.25	0.10	0.05	0.50	0.25
建具符号図	1	0.16	0.16	0.00	0.00	0.10	0.10
建具表	5	0.25	0.05				
合計	39枚	7.13時間		3.45時間		16.35時間	

2.4 設計BIMの今後

視覚に働きかけるビジュアライゼーションBIMは、非常に効果的ではあるが、本来のBIMの概念からすると入口部分の取り組みでしかない。ビジュアライゼーションBIMのデータを実施設計図や統合モデル、施工段階等で活用するためには、さらなる属性情報や細かな形状等が追加情報として必要不可欠となる。

整合性のとれた意匠モデル(図8)と構造モデル(図9)を統合することで、施工現場での活用が期待できる。統合モデルがあれば、躯体や仮設計画、鉄骨建て方の検討や設備との整合性の確認等を現場が始まる前に調整することが可能となる。現在は、意匠データと構造データを統合するタイミングや、施工へのデータの最適な受け渡し時期を確定できておらず、また受け渡しに必要なデータの種類等が統一されていないため、統合モデルの作成は手間のかかる作業となっているが、それらを解決するためBIMのモデル作成基準(表2)や、ルールの策定、設計から施工までのワークフローを見直す取り組みを開始している。



図8 意匠モデル



図9 構造モデル

表2 モデル作成基準

設計フェーズ	基本計画		基本設計				実施設計				
	基本計画	基本設計	基本設計	基本設計	基本設計	基本設計	基本設計	基本設計	基本設計	基本設計	基本設計
設計方針	全館設計方針の付合せ	全館設計方針の付合せ	全館設計方針の付合せ	全館設計方針の付合せ	全館設計方針の付合せ	全館設計方針の付合せ	全館設計方針の付合せ	全館設計方針の付合せ	全館設計方針の付合せ	全館設計方針の付合せ	全館設計方針の付合せ
設計方法	① 図面作成による図面作成	② 図面作成による図面作成	③ 図面作成による図面作成	④ 図面作成による図面作成	⑤ 図面作成による図面作成	⑥ 図面作成による図面作成	⑦ 図面作成による図面作成	⑧ 図面作成による図面作成	⑨ 図面作成による図面作成	⑩ 図面作成による図面作成	⑪ 図面作成による図面作成
設計内容	平面レイアウト	立面レイアウト	平面レイアウト	立面レイアウト	平面レイアウト	立面レイアウト	平面レイアウト	立面レイアウト	平面レイアウト	立面レイアウト	平面レイアウト
設計対象	構造	設備	構造	設備	構造	設備	構造	設備	構造	設備	構造
設計単位	全館	全館	全館	全館	全館	全館	全館	全館	全館	全館	全館
設計ソフト	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD

3. 施工段階での取り組み

3.1 施工活用の可能性

2015年度よりモデル現場を選定し、施工段階でのBIM活用の方法を検証してきた。

従来の2次元では表現が困難であった複雑な形状の納まり検討や、関係者間の合意形成、統合モデルによる整合性確認に利用している。また、時間経過を表現したステップ図の作成、増築においては3Dレーザースキャナデータ(点群データ)を用いた既存建物情報の付加等により、施工段階での生産性や作業効率の向上、品質の向上に寄与している。以下に活用事例を示す。

3.2 統合モデルの活用(専門工事会社連携)

専門工事会社(鉄骨、設備等)が施工図レベルの詳細度で作成した3次元データを統合することにより、早期に部材の干渉等問題点の抽出が可能となり、現場での手戻り防止ができる。本事例では、統合に当たって各社が作成したBIMデータを、共通フォーマットであるIFCデータで受領し統合モデルを作成した。これを用いて各部の干渉チェック、納まりの早期検討に活用している(図10)。

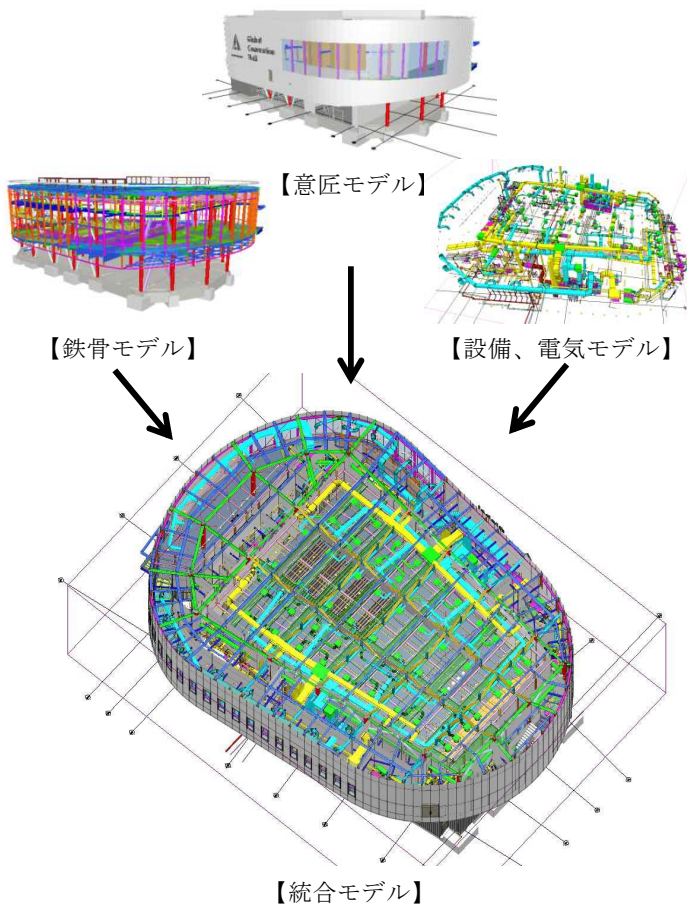


図10 BIMデータ統合例

3.3 整合性の確認(スケルトン改修)

BIMモデルの活用は、スケルトン改修工事等でも有効である。既設建物データと新設建物データの整合性確認や設備との取り合い、改修後のイメージの共有等にも十分利用できる。

事例では、まず竣工図書を参考に既設のRC躯体モデルを作成した(図11)。不明瞭な部分は現地測量を行い、またトラス鉄骨は既設図面を元に別のソフトで作成したものをRC躯体データと統合した(図12)。さらに、新規に改修される部分の躯体情報や鉄骨、設備データを重ね合わせて統合モデルを完成させた(図13)。

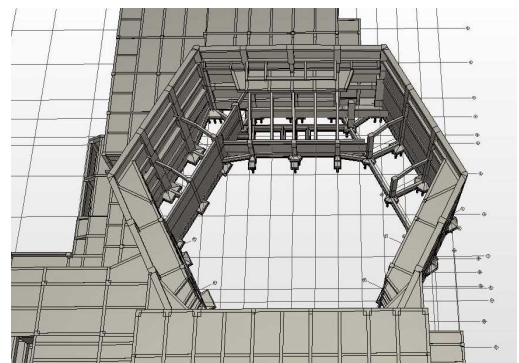


図11 既設躯体モデル

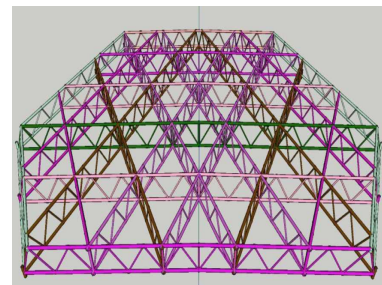


図12 トラスモデル

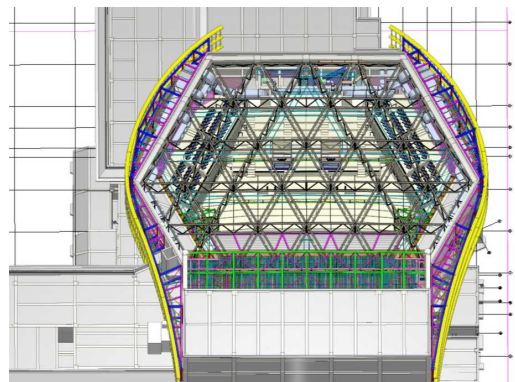


図13 統合モデル

統合モデルを活用し、鉄骨トラスと設備の干渉チェックを行った（図14）。特に、複雑な形状の重なり合う部分では効果的であり、必要に応じて展開図や断面図等を切り出すことも可能である。現場にとっても事前に確認ができるためメリットが大きい。

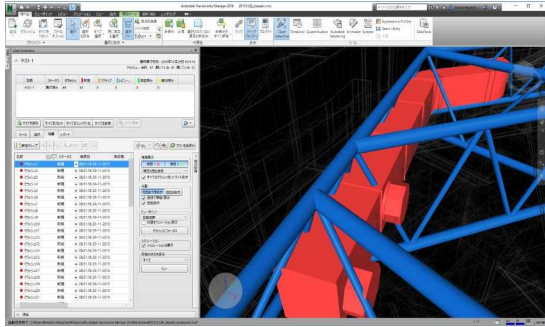


図14 専用ソフトによる鉄骨と設備の干渉チェック

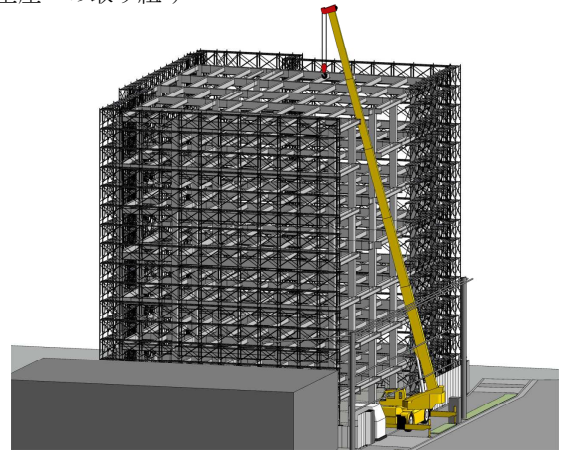


図17 クレーンブームの干渉チェック

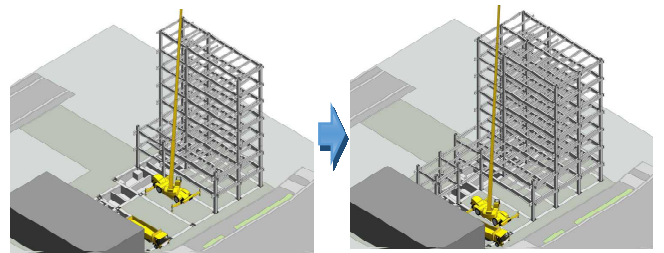


図18 建て方ステップ図

3.4 モデル合意

多くの建物運営者と共通のイメージを共有しながらプロジェクト全体像を固めていくことは大変重要である。3次元BIMモデルを用いることにより、建築の専門家でない方との合意形成が容易となり、タイトな施工期間での手戻り防止を図ることができた（図15、16、写真3）。

また、仮設工事においても専門工事会社とのイメージ共有により、作業に適切で安全な足場を効率よく架設することも可能となる（図19）。



図15 詳細モデル



写真3 関係者との確認会



図19 外部足場計画



図16 室内確認用モデル



このように、BIMモデルは3次元で施工計画や仮設計画の内容を確認することができるため、専門工事会社との事前の意思疎通に有効である。またBIMモデルを用いて教育を行うことで、全作業員に危険箇所等を周知徹底することが可能となる。

3.5 建て方検討・仮設計画

BIMのモデルは鉄骨建て方等の施工検討にも効果的である。移動式クレーンによる鉄骨建て方を計画する際に、ブームと鉄骨や架空線との干渉チェックを行った（図17）。また、鉄骨建て方の進捗にあわせて現場の状況をステップ図で表現しておくことで、鉄骨建て方工程が明確になる（図18）。

3.6 施工BIMの今後

従来2次元で行われてきた「施工図」「総合図」および「製作図」のチェック方法に対し、BIMモデルを用いて着工前に整合をとることによるメリットが多く確認されている。

しかし、現段階においてすべての施工図をBIMデータとして扱うことは、コスト、マンパワーおよび運用体制等の課題から現実的ではない。

今後は生産設計のワークフローの変革、専門工事会社とのなお一層の連携を図りながら、関係者相互にメリットが得られるよう展開していきたい。また、2次元図面での表現から BIM に適した表現方法へと、施工図の概念を変革することも必要であろう。

4. 今後の展開

BIM の導入効果としては、①可視化、②整合性の確認、③プロセスの改革の3つがあげられる。実務活用において検証を繰り返し、設計および施工のスタイルが変化の中でプロセスの改革につなげていきたい(図 20)。

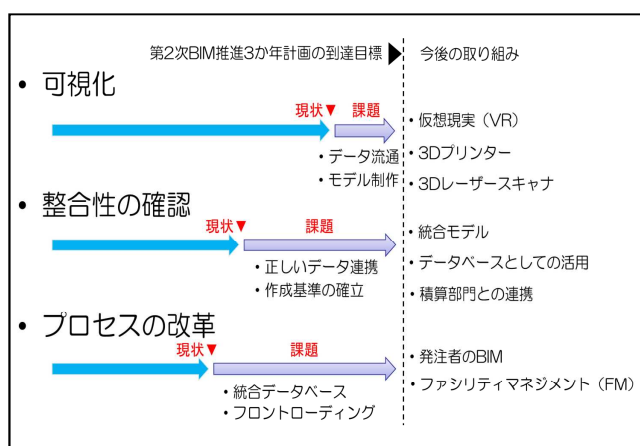


図 20 BIM の導入効果

今後、可視化に関しては、VR (Virtual Reality 仮想現実) などバーチャルな空間を活かしたプレゼンテーションが求められるようになる。ヘッドマウントディスプレイをセットするだけでバーチャル空間上にある建築物等を体感できるため、施設の運用シミュレーションも行うことが可能である(写真 4)。特に病院や工場、倉庫等では、事前に機械類の確認や人の動き等の確認も行えるので有効なツールと考えられる。



写真 4 ヘッドマウントディスプレイ

また、設計部門に BIM データを有効に活用できる 3D プリンターを導入することにより、設計スタディの密度を上げることが実践していく(写真 5)。



写真 5 3D プリンター

整合性の確認は、正しい情報がモデル化されることによりデータベースとして整備され、必要な情報を関連会社や専門工事会社と共有することで可能となる。現状の図面では、あらゆる情報が詰め込まれ過ぎて煩雑なものとなっているが、BIM により情報がデータベース化され、整合性が確保されると、必要な情報を必要な時に取り出すことができるため、効率的に作業を進めることが可能となる。積算部門と連携され、整合性の取れた数量情報は、施工 BIM においても重要である。

昨今、設計者の BIM、施工者の BIM に続き、発注者の BIM への動きが急速に高まっている。発注者は BIM を建物の資産管理や施設運用するためのツールとして取り組みを始めている。発注者にとっての BIM の「M」は、モデリングではなく、マネジメント (Management) の意味として使われている。BIM モデル作成時に入力蓄積された建物情報や設備機器情報等のデータを建物管理用データソフトと連携させ、BIM モデルで施設管理を行うことや、長期維持保全計画との連動、建物台帳の代用としての活用が期待されている。

また、センサー技術やインターネット技術の進化により、管理対象となる「モノ」と BIM データが、相互に通信を行うことができるような仕組みも登場している。インターネットとモノがつながる状態を IoT (Internet of Things) と呼んでいる。IoT 技術の進化により、いずれリアルタイムに建物の状況を把握することができるようになると期待されている。そうなれば、メンテナンスのタイミングの把握や電気・空調の管理も遠隔操作で行うことができるため、建物管理においてもメリットが大きい。

このように、設計、施工のみならず発注者を巻き込んだ形でプロセスの改革が着実に進行している。