

# 特 集



## BIM (Building Information Modeling)



近年の急速な情報技術の進展は、建築生産プロセス全般に大きな影響を与えつつあります。

国土交通省では、CALIS/EC アクションプログラムの素案において、3次元データの活用による調査・計画・設計・施工・管理を通じて利用できる電子データの利活用を重点分野の一つとすることを明らかにしています。

今回特集のテーマとして取り上げる BIM は、3次元の建物情報を中核とし、プロジェクトに伴う大量の情報について標準化を図り、集約し、必要に応じて抽出する建築情報活用手法であり、わが国でも設計・施工等の段階での普及が今後加速することが予想されます。

本特集は、BIM の概念をはじめ、BIM 実現のための IFC ソフトウェア、海外における BIM の取り組み、わが国の設計事務所、建設企業における最新の取り組みなどについてそれぞれ紹介します。

# BIM を実現する標準データモデル IFC およびその国際的な活用動向

セコム株式会社  
IS 研究所 基礎技術ディビジョン  
ビルディングテクノロジーグループ  
足達 嘉信

## 1 BIM の概念と BIM を支える IFC の概要

### (1) はじめに

建物のライフサイクルにおける 3 次元化技術の活用が、BIM (Building Information Modeling) と呼ばれる手法により、海外の各地域で実

用化が進んできている。BIM においては、計画、設計、施工、さらに竣工後の維持管理等、建物ライフサイクル全般において 3 次元建物情報モデルデータが活用され、設計者のみならず、発注者、コンサルタント、維持管理者、不動産会社など様々なステークホルダーが 3 次元建物モデルと関わりあう (図 1)。

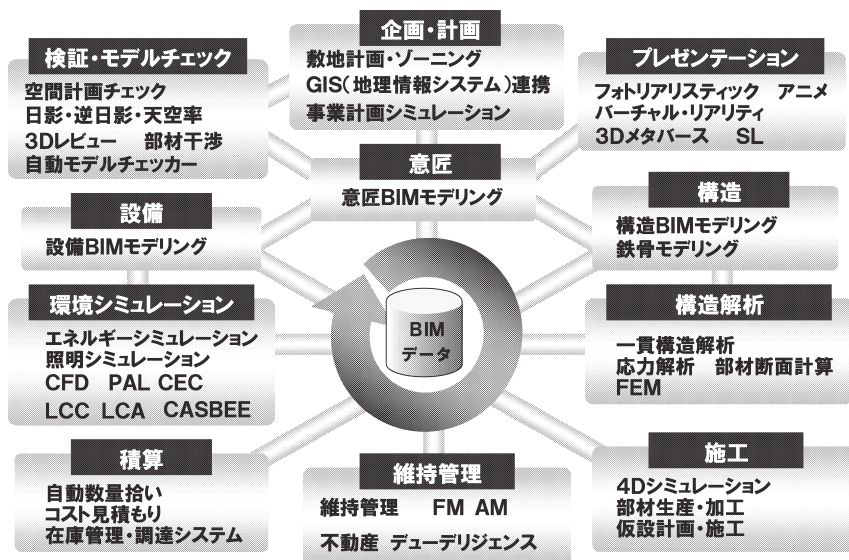


図 1 BIM データの活用イメージ

IFC は非営利な国際組織 IAI (International Alliance for Interoperability) が策定・普及活動を行ってきた 3 次元建物情報オブジェクトデー

タモデルの標準である。BIM によって作成されたモデルデータをソフトウェアアプリケーション間で共有する際の標準データモデル、データ交換

フォーマットとして位置付けることが出来る。

IAIが発足した1996年以降、以下に示すようにIFCは数々のリリースを経て、2005年にはISO/PAS 16739 (Publicly Available Specification) となった。2008年春には正式な国際標準 (IS, International Standard) を目指すためのNWI (New Work Item) 作業が開始されており、2010年～2011年には正式にISとなる予定である。

- IFC Release 1.0 (1997年1月)
- IFC Release 1.5 (1997年12月) 改良版
- IFC Release 1.5.1 (1998年7月) 改良版
- IFC Release 2.0 (1999年4月) 実証実験本格化
- IFC 2x (2000年10月) 改良版
- IFC 2x2 (2003年5月) スコープ拡大 (設備・構造)
- ISO/PAS 16739 for IFC 2x Platform (2005年10月)
- IFC 2x4 (2008年秋) スコープ拡大 (GIS, 形状表現拡張等)
- IS化NW開始 (2008年春) IFC 2x4ベース

IFC Release 2.0以降、北欧が中心となり発注者、設計者、建設会社等が参加するIFCを活用したデータ連携実証実験が多く行われてきており、2007年を境に実プロジェクトへの適用が開始されている。

## (2) IFCが定義している建物情報モデルの概要

ソフトウェアアプリケーションが建物情報モデルデータに対して何らかの処理を行う際には、建物の様々な部位の幾何形状、部材の種類、材質、寸法等の属性をコンピュータが理解する形でデータ化することが必須となる。たとえば、建物のある空間の用途に関しての法規チェックを行う場合、該当する部屋という単位の情報が必要であ

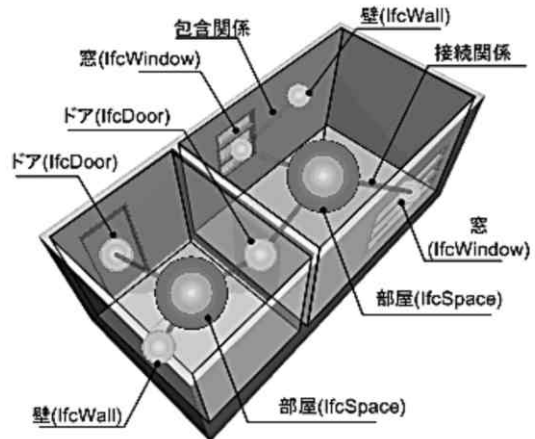


図2 IFCによる3次元建物モデル表現の例

る。IFCではこれを壁、スラブ等で区切られた空間として定義し、IfcSpaceというオブジェクトによって、「部屋」という概念を表現する(図2)。

部屋オブジェクト (IfcSpace) には、部屋空間の3次元形状、名称、種別、面積、体積、空調に関する情報等を関連付けることが出来る。部屋を囲んでいる壁はIfcWallオブジェクトとして表現され、3次元および2次元形状、種別、面積、体積、材質層等の属性が関連付けられている。またIFCの定義では、これらの壁は空間境界 (IfcRelSpaceBoundary) によりIfcSpaceとどの面で接しているかの情報や、他の建物要素との接続情報、壁にある開口部分との包含関係の情報も保持している。上図において、窓、ドア等のオブジェクトは、その親にあたる壁との関係、部屋との関係性を持つので、部屋と部屋がどのドアで接続されているか、という情報を取得することが出来る。このような建物の様々な部位の属性や、空間的な配置、部材同士の接続関係がIFCで表現されることにより、構造計算、避難経路計算、空調熱負荷計算、積算等を行うことが可能となっている。

IFCで定義されている主要な情報には以下のようなものがある。

- 建築プロジェクト情報
- 建物要素（壁，ドア，窓，屋根，階段等）
- 建物要素間の接続・包含関係（開口，ゾーン等）
- 空間構造（敷地，建物，階，部屋等）（図3）
- 設備機器（空調機，ポンプ，建物制御システム，センサー等）
- 通り芯
- 幾何形状（2D，3D）
- コスト情報（単価，積算）
- 工程（4D：3D+時間）
- 関係者情報（プロジェクトメンバー，組織，連絡先住所等）
- 指示書（設計変更，購入指示等）
- 資産台帳・在庫
- 保守履歴・配置管理（FM）
- 分類・外部ライブラリへの参照

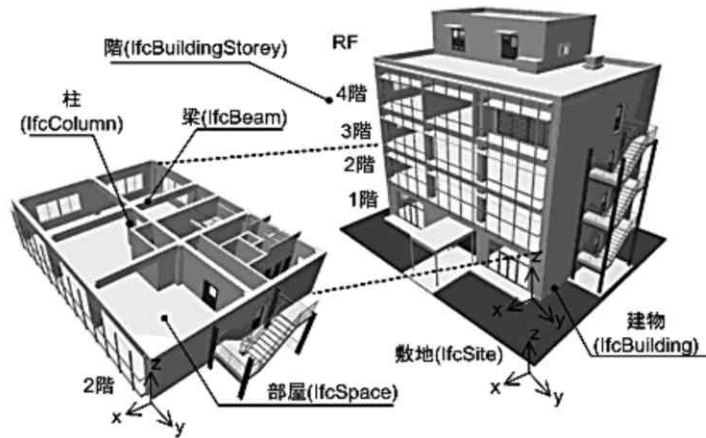


図3 IFCの空間構造（敷地，建物，階，部屋等）

## 2 BIM 実現のための IFC ソフトウェア

### (1) IFCのビュー定義と適合認証 (Certification)

IFCによってBIMデータ連携を実施する場合，対象となる業務プロセス，データ連携の内容や関連するIFCの部分を特定する必要がある。それらを記述するため次に紹介するIDM，MVDという仕様記述方法がIAIにおいて統一したフォーマット，表記方法として提案されている。

- IDM (Information Delivery Manual) :  
IFCソフトウェア開発の前段階において，

ユーザが必要としているデータ連携への要求分析，業務プロセスにおけるデータフローの分析等をプロセスマップ，Exchange Requirements，Functional Partsといった手法で定義する。

- MVD (Model View Definition) :

IDMによって記述されたデータ連携の内容を，IFCのどの部分に対応するかを定義する。一般的なデータ連携の単位と，特定のIFCスキーマを基にしたビュー定義としてまとめられている。

以下のようなMVDのビュー定義がIAIで作成されている。

- Coordination：設計段階における一般的な BIM ツール間のデータ連携
- 法規チェック：意匠 CAD ・ 自動法規チェックシステム間のデータ連携
- 意匠・構造：意匠 CAD ・ 構造 CAD 間のデータ連携
- 構造・構造解析：構造 CAD ・ 構造解析ツール間のデータ連携
- 意匠・積算：意匠 CAD ・ 積算ツール間のデータ連携
- 意匠・エネルギー：意匠 CAD ・ 熱負荷計算・LCC ツール等のデータ連携

## (2) IFC ソフトウェア適合認証

IAI による IFC 適合認証 (Certification) は、IFC 対応ソフトウェアの IFC データ連携品質の向上、ソフトウェアベンダーと建設業のエンドユーザーに対する IFC データ連携機能の啓蒙・フィードバック等の活性化を目的に行われている。現在、Coordination ビューに対する IFC 適合認証ワークショップが主に 3 次元建築 CAD、構造 CAD、建物エネルギー分析ツール、モデルチェッカー等のソフトウェアベンダーにより活発に行われている。

## (3) IFC 対応ソフトウェア

BIM データの標準仕様として IFC をサポートするソフトウェアは国際的に増えており、国内でも様々な IFC 対応ソフトウェアを利用することが出来るようになってきた。以下は、IFC 適合認証を取得している市販ソフトウェアの例である。

- Active3d (Archimen Group) … Web 対応 FM システム
- AutoCAD Architecture\* (Autodesk) … 建築 CAD
- Autodesk Revit Architecture\* (Autodesk) … 建築 CAD

- ALLPLAN (Nemetschek) … 建築 CAD
- ArchiCAD\* (Graphisoft / Nemetschek) … 建築 CAD
- DDS-CAD (DATA DESIGN SYSTEM) … 設備 CAD
- Bentley Architecture\* (Bentley Systems) … 建築 CAD
- Solibri Model Checker (Solibri) … BIM モデルチェッカー
- Tekla Structures\* (Tekla) … 構造 CAD
- VectorWorks\* (Nemetschek) … 建築 CAD

(\*：国内で購入可能)

また、以下は IFC に対応しているフリーウェアの例である。それぞれ、URL からダウンロードして使用することができる。

- IFC2SKP (SECOM) … Google Sketch Up のプラグイン  
<http://www.ohyeahcad.com/ifc2skp/index.php>
- DDS Viewer (DATA DESIGN SYSTEM) … 3次元ビューワ (図4)  
<http://lists.dds.no/mailman/listinfo/ifcviewer/>

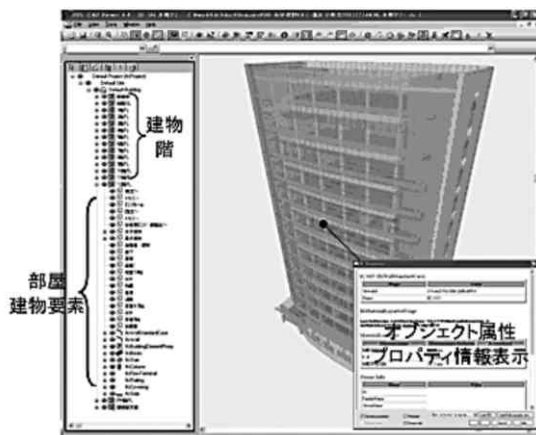


図4 IFC ビューワ例 (DDS Viewer)

・ Solibri Model Viewer … 3次元ビューワ  
<http://www.solibri.com/>

この他にも、IFCの情報サイトであるIFC Wikiには、IFC適合認証を取得した市販ソフトウェアやフリーウェアの情報がアップされている。

## 3 海外におけるBIMの取り組み

### (1) 背景

2000年以降、IFCを活用したBIM実証実験が世界各地において増加してきており、この数年で実プロジェクトへの適用も始まってきている。2000年にBIMのデータモデルとして完成形となったIFC 2xバージョンが公開され、データモデル標準の開発という段階から実用化、普及促進のフェーズに移ってきたことがIFC実証実験増加の一つの要因である。

また、海外においても近年、建設産業の生産性が他産業と比較して低下傾向であること、施主・発注者からのコスト・工期短縮の圧力が高まっていること、環境問題対策への抜本的な対応等、様々な課題に直面しつつあり、ICT活用の要としてBIMが注目されてきていることも、最近のIFC活用機運の背景にあると考えられる。ここでは、IFCを活用したパイオニア的なBIM実証実験であり、今日のBIMデータ連携の雛形を作り上げたフィンランドのHUT600プロジェクト、また、その後続いた発注者・オーナーによるIFC活用へとつながる動きの概要を紹介する。

### (2) IFC実証実験のHUT600プロジェクト

これは2000年から2年間にかけてフィンランドで行われた、BIM活用のパイオニア的な実証プロジェクトの例である。当時はまだBIMという言葉はなく、PM4D手法(Product Model 4D)と呼ばれていた。このプロジェクトの目的

は、ヘルシンキ工科大学(HUT: Helsinki University of Technology)の既存建物に多目的ホール、コンピュータセンター等の施設を増築することであった。

Alvar Aaltoの設計による既存建物の景観との整合、バリアフリー、投資意思決定に必要な各種シミュレーション、施工計画検討等を、IFCを活用したBIMデータ連携により短期間で実施することがこの実証プロジェクトのテーマである。プロジェクトメンバーは、施設の発注者・オーナーであるSenate Properties社の他、建設会社、設計事務所、構造設計、設備設計、また研究チームとして米国のスタンフォード大学のCIFE

(Center for Integrated Facility Engineering)研究所、フィンランド国立技術研究所(VTT)等から構成され、資金的にはフィンランド科学技術庁(TEKES)が支援をしていた。この実証プロジェクトにおいて、3D建築CADから出力されたIFCデータを中心にして、様々な異業種ソフトウェア間のデータ連携が試された(図5)。ホール空間の空調や照明シミュレーション、LCC(Life Cycle Cost)や環境負荷分析、4D(3D+時間)シミュレーションによる施工計画検討、仮想現実(VR)によるユーザの設計案検討等、現在のBIMデータ連携の原型をこの実証実験に見ることが出来る。この実証実験プロジェクトの成果から、設計初期段階における各種分析・シミュレーションにより、発注者の意思決定の効率化、投資判断リスクの低減に効果があったことがHUT600プロジェクトの報告書に記されている。

### (3) 発注者によるIFC活用へ

IFCを活用したBIM実証実験によって、建築プロセスのフロントローディングや設計初期段階における様々な意思決定に対するシミュレーションが可能となり、投資判断、リスク回避等が可能となることが証明されてきた。

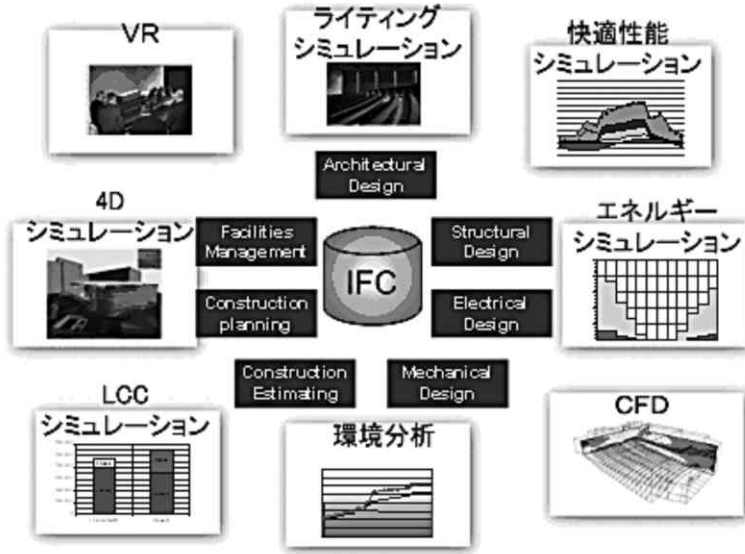


図5 HUT600 プロジェクトにおけるIFC 活用例

このような BIM の効果が明らかになってきた 2004年頃、建物オーナー・発注者を BIM に注目させる 2つの提言がアメリカで相次いで発表された。

1つ目は、2004年8月にアメリカの国立標準技術研究所 (NIST: National Institute of Standards and Technology) が発表した報告書である。この報告書の中で、建設プロジェクトにおける情報共有が不十分なために年158億ドル (約2兆円) がアメリカの資本設備産業において無駄なコストとなっており、その3分の2は建物のオーナーが負担しているとの調査結果が述べられている。それを改善するには、建設プロジェクト内の情報流通を促進してコミュニケーションを改善すること、使用されるソフトウェア間の相互運用性向上のために BIM の採用や中立なデータ形式が重要であることが指摘されており、BIM データの標準規格として IFC が紹介されている。

2つ目は、アメリカの建物オーナーからなる建設ユーザ円卓会議 CURT (Construction Users Round Table) が発表した白書である。この白書の中では建物オーナーからの視点から、建設プロ

ジェクトで頻繁に見られるコストや工期のオーバーランに対する課題解決を検討しており、オーナー自らのリーダーシップによる協動的で統合的 (Integrated) な建設プロジェクトチームの立ち上げ、BIM によるオープンでタイムリーな情報共有等が挙げられている (図6)。

#### (4) アメリカの事例

近年、アメリカの建設業界において BIM に関する認識が急激に広まってきている。具体的な動きとして挙げられるのは、2005年以降活発になってきているアメリカ建築家協会 (AIA) のインテグレートドプラクティス (IP: Integrated Practice) による建築設計プロセスの変革の動きである。BIM により建築プロジェクトの情報を関係者全体で共有し、設計上の様々な意思決定やシミュレーションを前倒し (フロントローディング) で行い、環境性能やライフサイクルコストを配慮した設計、手戻りや無駄なコストを低減し、品質を大幅に改善することを目指している。このような動きに先立つように、アメリカの大規模発注者が BIM-IFC 活用を開始している。以下に

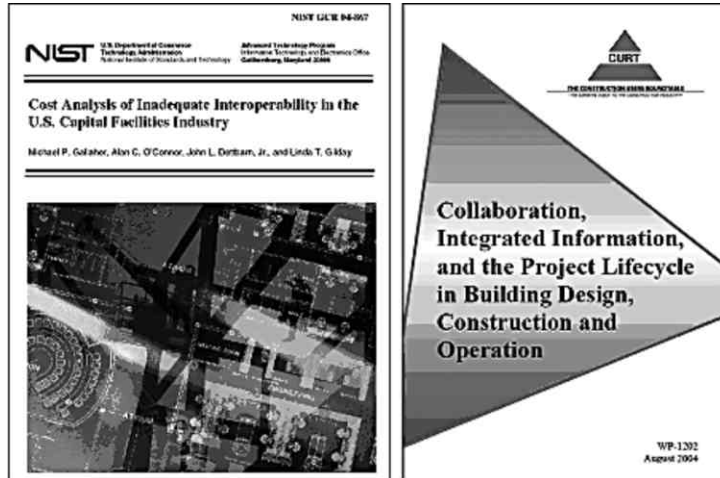


図6 NIST 報告書 (左) と CURT 白書 (右)

GSA (連邦調達庁) および USCG (沿岸警備隊) の事例を紹介する。

GSA (連邦調達庁) :

連邦調達庁 (GSA : General Services Administration) は2003年に3D-4D BIM 計画を発注させ、数々の BIM-IFC 実証実験を経て2007年度予算からの発注案件から BIM-IFC 活用を発注条件とすることを開始した。

GSA は全米に存在する約8,300の連邦政府所有施設を管理する連邦政府機関であり、政府関連施設のライフサイクル全般にわたる調達業務に関わっている。また、約127億ドル (1兆4千億円) の年間予算を持つ発注者としての側面も持ちあわせている。

GSA は、膨大な量の施設管理を効率化し、価値を増大させるミッションを持ち、発注した建築プロジェクトのコスト・工期のオーバーラン等の課題を解決するためのソリューションとして、BIM を活用していく方針を決定した。BIM を採用する背景には、BIM ソフトウェアの普及、当時北欧やシンガポールで行われていた IFC による BIM データ連携実証実験の成果、地球温暖化への対策、建設業における課題や改善の方向性を

指摘する NIST の報告書や CURT の白書の発表等が挙げられる。

GSA が関わってきた BIM-IFC 実証プロジェクトは約50件程度に上る。実証プロジェクトの対象になったのは、連邦政府ビル、連邦裁判所、税関施設等の連邦政府関連施設に関する改修工事や新築計画である。IFC によりデータ連携を行い、空調・エネルギー・LCC 等のシミュレーションプログラム、施工スケジュール計画を検証するため BIM データに時間軸情報を加えて可視化する 4D シミュレータ、部屋やゾーン計画が GSA や ANSI-BOMA 基準のガイドラインに合致しているかを自動的にチェックするモデルチェッカー、部署移動時の意思決定支援ツール、Google Earth を用いた GIS (地理情報システム) 情報との統合等、初期設計段階における様々な BIM 活用の検証を試みた (図7)。また、既存建物の BIM データ化を行うために、3D レーザースキャンを活用したモデリング実験も行っている。

USCG (沿岸警備隊) :

アメリカ沿岸警備隊 (USCG : US Coast Guard) もまた1,600隻の艦艇、240機の航空機、そして全米に 8,000以上の建物・港湾施設を持つ



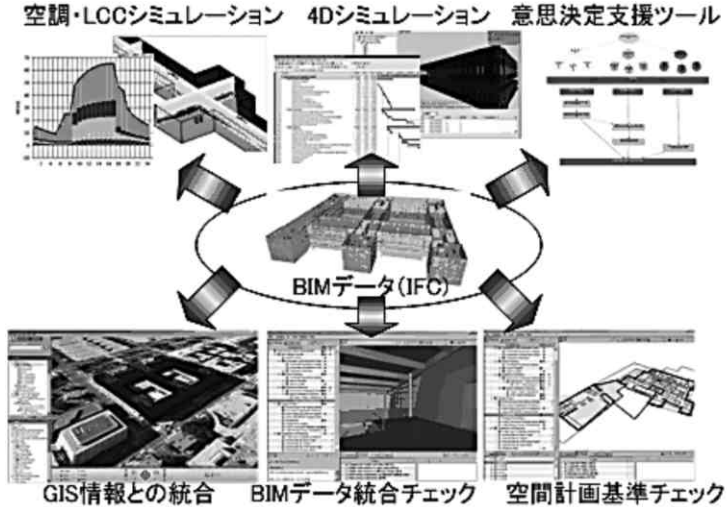


図7 GSAのIFC実証実験イメージ

建物オーナーである。USCGは2002年にSFCAM (Shore Facility Capital Management initiative) と呼ばれるチームを新たに設立し、沿岸警備隊業務の意思決定支援システムの構築と運用を開始した。このWebベースの意思決定支援システムにより、沿岸警備隊の様々な施設

情報、人や機材のリソース情報等が BIM データと GIS (地理情報システム) によって統合され、沿岸警備隊業務のロジスティクス、警備艇配置・移動計画、施設のセキュリティ分析等が効率的に行われることが可能となった (図8)。



図8 USCGのBIM・GIS統合例

このシステムでは、USCGの所有している様々な施設、船舶や、航海に必要な機材・人員等のリソース情報が管理されており、USCGの

様々なミッションを計画、実施する際に、効率的な意思決定が出来るようになっている。データ連携にIFCが活躍している。

USACE（陸軍工兵隊）：

米国陸軍は全世界に大量の建物・施設を持ち、新規発注や既存建物の維持管理に非常に大きな労力を費やしている組織である。米国陸軍では戦略プログラムの一つとして MILCON（Military Construction）Transformation を進めており、BIM を活用したライフサイクルコスト削減を計画している。陸軍工兵隊（USACE：US Army Corps of Engineers）の建築研究所はこの動きを受けて、後述する NBIMS に準拠した BIM-IFC の活用を米国陸軍の建築プロジェクトにおいて進める動きを見せている。2006年 10月に USACE は米国陸軍における BIM 活用ロードマップを公開し、以下のゴール設定を明らかにしている。

- ・ゴール 1：プロセス改善計測に使用する測定基準の確立
- ・ゴール 2：2008年までに初期運用における BIM の可能性の確立
- ・ゴール 3：2010年までにライフサイクルにおける相互運用の確立
- ・ゴール 4：2012年までに NBIMS に準拠した電子商取引（e-Commerce）の全運用における能力の達成
- ・ゴール 5：2012年までに NBIMS を用いた資産管理および施設維持管理

NBIMS について：

近年の北米における AIA の IP、GSA、USCG、USACE 等の BIM 活用の動きを受けて、NIBS（National Institute of Building Science）では、様々な BIM 活用の動きを加速させるため、BIM 活用の指針を明確にするために NBIMS（National BIM Standard）プロジェクトを立ち上げた。このプロジェクトでは、building SMART Alliance と名称を変更した IAI 北米支部が中心となって BIM 活用の全般的なガイ

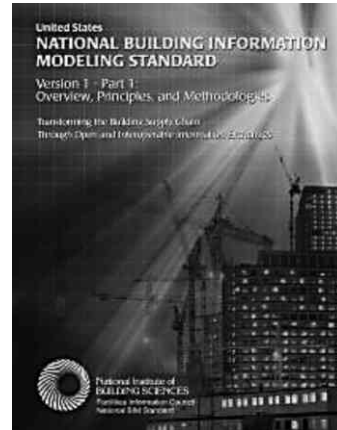


図 9 NBIMS Part 1: Overview, Principles, and Methodologies

ドラインを公開することを進めており、2007年12月にガイドラインの Part 1（図 9）が正式に公開された。BIM によって生じる建物の情報を建物ライフサイクル全般に関係する様々なアプリケーションソフトウェアで共有する重要性やその手法、IFC によるデータ連携の仕組み等が記述されている。

#### ⑤ フィンランドの事例

フィンランドは、IFC 標準化や実用化等で重要な役割を果たしてきている。1997年から 2002年にかけてフィンランド国立技術研究所（VTT）が中心となって推進した VERA プログラムにおいて、IFC 策定や IFC の基本ソフト、モデルチェッカーやモデルサーバ等の開発等で様々な成果を挙げてきている。2003年以降、SARA プログラムや Pro IT プロジェクト等により、IFC の標準化から実用段階に移るための数多くの IFC 活用実証プロジェクトが行われてきた。

2007年には、大手不動産管理会社 Senate Properties 社が、自ら発注する建築プロジェクトへの BIM-IFC 要求を開始した。Senate 社は発注者、建物オーナーとして建築プロジェクト初

期段階における投資コストやライフサイクルコストを、BIM データを IFC 連携によって効率的に分析・シミュレーション実施、さらには維持管理

フェースにおいても活用することを目指している (図10)。

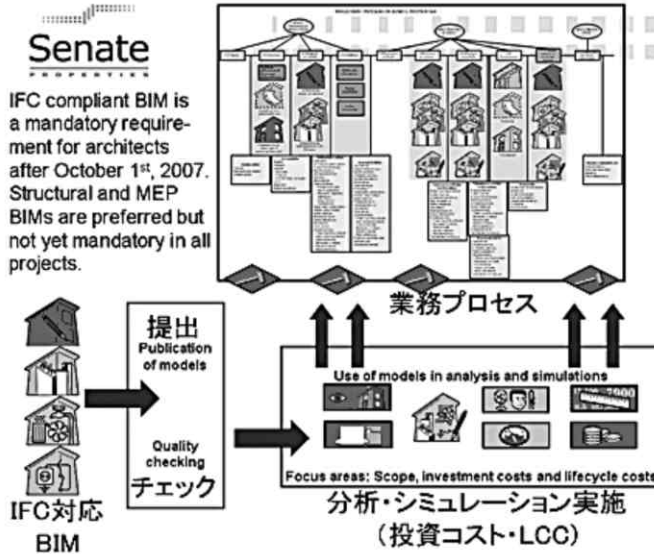


図10 Senate社のBIM-IFC活用イメージ

Senate社は、BIM-IFC活用に関してのガイドラインを発行しており、フィンランド語に次いで英語版を2007年末に公開した。ガイドラインは9巻からなり、以下のような内容となっている。

- Volume 1 : General part (概要)
- Volume 2 : Modeling of the starting situation (背景説明 : GSA, 北欧等の現状分析)
- Volume 3 : Architectural design (建築意匠設計)
- Volume 4 : MEP design (設備 (MEP) 設計)
- Volume 5 : Structural design (構造設計)
- Volume 6 : Quality assurance and merging of models (BIM データ品質管理)

- Volume 7 : Quantity take-off (積算)
- Volume 8 : Using models for visualization (CG 可視化)
- Volume 9 : Use of models in MEP analysis (MEP 解析 : エネルギー・LCC・LCA・CFD・VR等)

#### (6) デンマークの事例

デンマークにおいて、2001年にデンマーク国立放送局の建築プロジェクトにおいて IFC 実証実験が行われ、それ以後、産業界・大学・行政等が継続して BIM 実用化を進めてきており、2007年1月からデンマークの公共工事においては BIM-IFC 活用が求められるようになった。

デンマーク国立放送局の IFC 実証実験においては、部材集計の自動化、空調シミュレーション、部材の干渉チェック等を行い、従来の幾何形

状情報中心の2次元CADデータ交換と比較した有益性を、より良い建材選択の機会増大、シミュレーションによる他の選択肢・シナリオの即時評価検討の可能性等に見い出している(図11)。ま

た、この成果を基にIFC対応ソフトウェア導入ガイドライン開発が開始され、次に述べるデンマークDigital Constructionプロジェクトでそのガイドラインが活用されることになる。

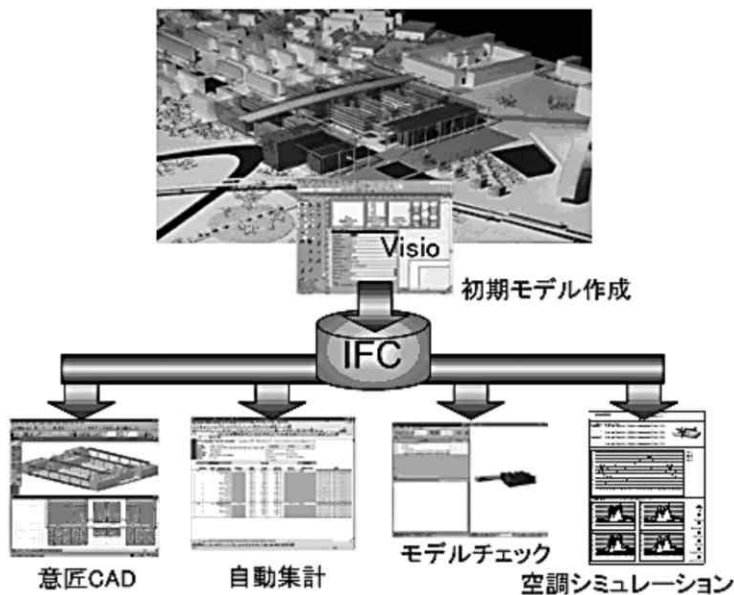


図11 デンマーク国立放送局 IFC 実証実験イメージ

このようなデンマーク国内の実証実験を経て、デンマーク政府のNational Agency For Enterprise And Construction (企業建設局)が進めている建設分野のICT活用により効率化を目指すDigital Constructionプロジェクトが2007年1月から正式に発足し、デンマーク国内の公共工事においてBIM-IFC活用推進が開始された。デンマーク語のBIM活用ガイドラインが2006年に発行、英語版も2007年後半に公開されている。

#### (7) ノルウェーの事例

ノルウェーでは building SMART Norway (IAI ノルウェーフォーラム) に産官学メンバーが参加し、2003年以降、活発にBIM-IFC活用実証実験、建築計画審査システムへのIFC活用プロジェクトを進めてきている。

ノルウェーの建設行政における建築計画審査の効率化をICT活用によって実現することを目指すByggSokプロジェクトが2000年末に発足した。ByggSokでは建築計画審査プロセスの効率化を進めるため、GIS情報、建築プロジェクトDB、知識DB、製品DB等を統合的に扱うことが可能な以下のようなシステムの構築を進めている。

- ByggSok Information：建築行政情報のポータルサイト。
- ByggSok Plan：ゾーニング計画申請をGIS(地理情報システム)とIFCデータを統合して情報化。
- ByggSok Building：建築確認申請の電子化システム。

今後シンガポールの e-PlanCheck と類似した IFC を活用した自動建築法規チェックシステムをサービスインする計画を進めている。

ノルウェーで現在進行中の Akershus 大学病

院プロジェクトでは、2005年に行われたコントラクター入札時に IFC データが提出され、BIM が全面的に採用されている (図12)。

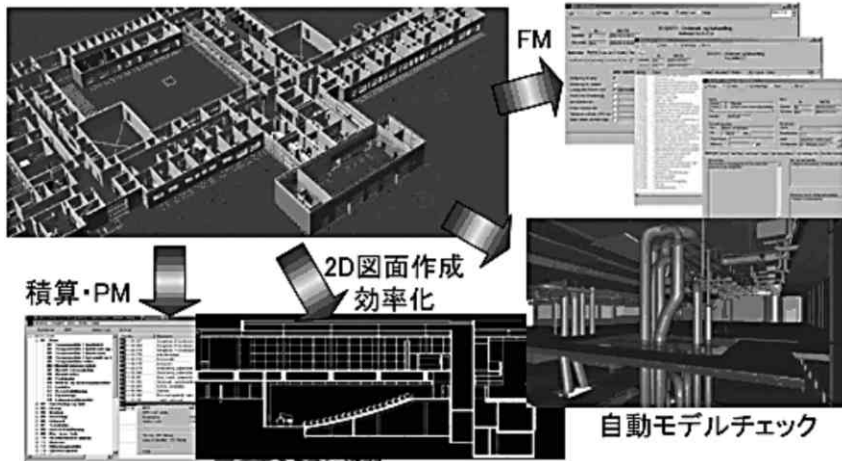


図12 大学病院プロジェクトにおける IFC 活用例

BIM により、設備との干渉チェック、2D 図面の自動生成、要求仕様と設計の整合性チェック等を行った。IFC による BIM データ連携により、モデルチェッカー、エネルギー消費シミュレーション、LCC シミュレーション、4D シミュレーション等が実施された。約5,500ある部屋に1,000種類に上る装備品が正しく設計図に配置されているかをチェックするため、部屋オブジェクトの属性を活用して自動的にチェックするデータベースシステムが使われたが、これも BIM 採用の大きな効果である。また、竣工後の FM システムへのデータ連携も IFC を活用して行われる予定である。これらの BIM 活用により、最終設計案において30,000㎡の延べ床面積カットが実現され、建設コストおよび運用コストの大幅な削減、給排水管設計ミスの低減、2次元図面間の整合性向上等に大きな効果が得られたと報告されている。

**(8) 建築確認の自動化の取り組み**

最後に、BIM データを使った建築確認の自動化への取り組みを紹介する。

モデルチェッカーとは、IFC データを読み込み BIM データが含んでいる幾何形状・属性・関連等の情報を基に様々な検証をプログラム的に行うソフトウェアの総称である。あらかじめ組み込まれているチェックルールには、意匠・設備・構造等のオブジェクト間干渉、避難経路、バリアフリー等の様々な拡張可能なチェック機能が含まれている (図13)。モデルチェッカーによる自動チェック機能は BIM データの精度を高めるとともに、定型的な建築基準や建築条件の不整合を削減することが可能となり、BIM プロセス効率化に貢献するものと期待されている。

シンガポールの e-PlanCheck システムはこのような機能を Web アプリケーションとして構築したものである。

アメリカの ICC (International Code Coun-

cil) は、2006年から SMARTcodes と呼ばれる自動建築法規チェックシステム構築のための実証実験プロジェクトを開始した。このプロジェクト

では複数のモデルチェッカーを用いて、ICCで発行している建築基準がモデルチェッカー技術により有効に動作するかをテストしている。

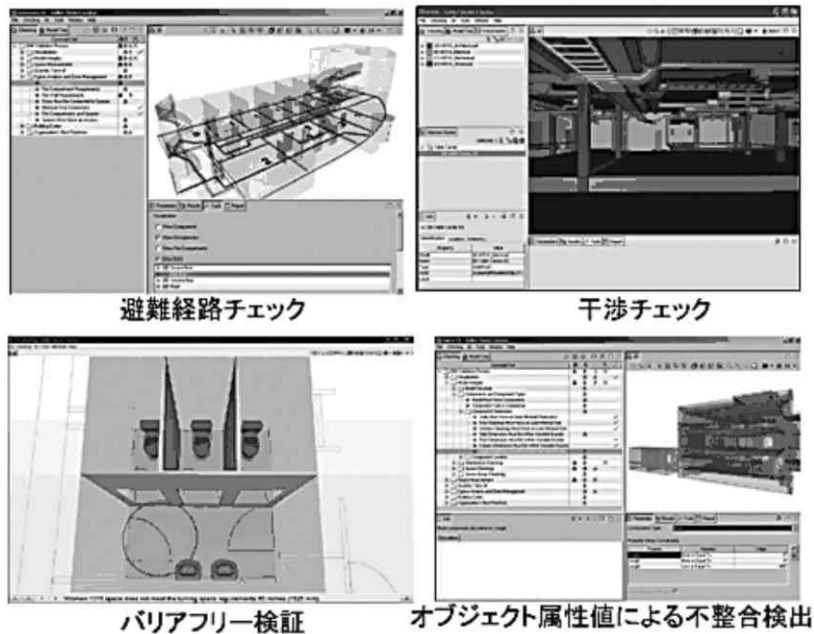


図13 モデルチェッカー機能例

#### 参考文献

- (1) IAI international web site  
<http://www.iai-international.org/>
- (2) IAI 日本支部ウェブサイト  
<http://www.iai-japan.jp/>
- (3) IFC Wiki  
<http://www.ifcwiki.org/>
- (4) buildingSMART Forum 2008 Tokyo  
講演資料 2008年4月 (IAI 日本支部)
- (5) IFCsvr ActiveX Component Forum  
<http://groups.yahoo.co.jp/group/ifcsvr-forum/>
- (6) 「建設業の国際標準活用動向 Vol.2」  
IAI 日本支部
- (7) フィンランド Senate Properties 社 BIM-IFC  
活用ガイド  
<http://www.senaatti.fi/document.asp?siteID=2&docID=588>
- (8) アメリカ連邦調達局 (GSA : General Services Administration)  
<http://www.gsa.gov/bim>
- (9) NBIMS (National BIM Standard)  
<http://www.facilityinformationcouncil.org/bim/index.php>
- (10) デンマーク Digital Construction BIM 活用ガイドライン  
<http://www.bips.dk/Bips/Main/Mainpage.htm>
- (11) building SMART Norway  
<http://www.buildingsmart.no>

# BIM の特性を生かした設計プロセス 改訂をめざして

安井建築設計事務所  
情報・プレゼンテーション部  
中元三郎

## 1 はじめに

BIM は2005年ごろに米国建築家協会（AIA）で関心をもたれたが、当時の米国設計者達はそれほど強い関心を示さなかった。

2007年より大統領令に端を発したサステイナブルやグリーンビルに BIM が有効だと関心が高まり、米国の連邦調達庁（GSA）も国有施設のデータを IFC 形式（3次元共通形式ファイル）で竣工時に納品することを義務づけた。これが引き金となり、米国内では3DCADを用いた BIM 利用の関心が一気に高まった。しかし、日本の建築業界での3DCADへの関心はそれほど高くなく、現在も BIM の手法や実効性に疑問をもつ企業も少なくない。

2005年ごろからその動向に注目していた日本建築学会をはじめとして、日本建築家協会や建設業振興基金など、いくつかの団体に委員会が設置され、BIM 研究活動が近年活発化してきているのも事実であり、建築界の関心は着実に増大している。日本のメディアも、ここに来て BIM に関連した活用事例の増加に関心をもち、昨年末ごろより「BIM 元年」として、さまざまな特集記事が組まれつつある。

## 2 BIM と情報連鎖

BIM は欧米の建設プロジェクト遂行手法を基にして考案されたものであり、図1に示すように、3次元建物モデルを情報共有の中核に置くため、3DCAD ツールの利用が前提となる。図1に示すように、BIM サークルは企画段階から設計・発注・施工・施設維持管理に至るまでの、いわば建物情報活用ライフサイクルを示している。建物プロジェクト情報はシームレスに活用・利用されていくことが理想ではあるが、情報連携利用の少ない現在の日本では大変に難しい問題である。

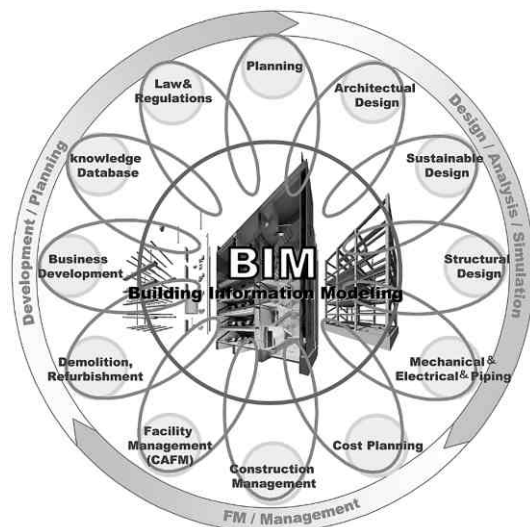


図1 BIM サークル

また「業務形態や発注権限の異なる日本で、このような業務連携が実現できるのか」という質問に答えきれていないところも BIM の導入・実現を妨げている一因でもあろう。

### 3 三面図から想像する建物

3DCAD は従来の2DCAD と同じように平面図を入力しているように見えるが、それは入力方法の問題であり、実は建物立体モデルを作成して計画を進めている。このため2次元設計のように平面計画を一段落させて立面検討に入ったり、平面・立面を終えてから断面検討に入るなどのように、建物を三面図に分解して考えることがない。設計者は3次元の建物を本来の発想・思考過程に基づく立体モデルによって設計を進めていくため、平面・立面・断面の各図面から建物を3次元的に想像する必要はない。また、契約や施工に必要な2次元図面は立体モデルから作り出されることになるので、各図面間の情報不整合（思い違いや食い違い）が生じることもない。このため、三面図から立体形状を想像し、認識するという特別な教育訓練を受けていない建築主にも設計初期の段階から常に立体的に建物が示されることになり、計画中の建物形状や要求機能を容易に確認することができる。

### 4 オブジェクト指向型3DCADによる属性情報連携

このような3DCAD はオブジェクト指向型3DCAD といわれ、建築物の構成材である壁や床、柱や梁などを全て立体的オブジェクト図形で

扱い、その図形には属性が与えられている。オブジェクト図形はその属性が定義されると同時に振る舞いが付加され、壁には窓やドアの建具を配置できるが床には配置できないなどというように、建築的に常識とされるような条件制限が加えられている。

また、図形属性にはさまざまな関連情報を入力することができ、種類や材質、メーカーや耐久性、価格など、建築プロジェクトを遂行するのに必要なさまざまなデータを保持させることができる。

こうした機能を利用すれば、あらかじめ自社図面用に作られたテンプレート（情報連携機能が組み込まれた図表）を準備し、CADソフトが管理する属性データベースと情報連携を図ることにより、建具表や仕上表などを自動的に作成させることができる。これは図2に示すように、建物モデル（DB）を中心にして建具表や図面類が連携していることにほかならず、設計変更が生じて建物モデルが修正されると同時に建具表の内容や個数がDBと連動して自動的にリスト類が更新されることを表している。通常、設計者は図面とリストの不整合をなくすため、設計図面を変更するごとにリスト類の修正を行うことになるが、このように建物モデルとリスト類を情報連携させることで、設計者は設計変更後のリストチェックに忙殺されることなく設計業務に専念できる。当社設計者へのヒアリング結果でも、こうしたストレスがなくなるだけでも業務的・精神的に非常に効果的であるとの回答を得ている。

各室面積などについても同様のことが行える。3DCAD では空間ごとに属性定義が行えるため、



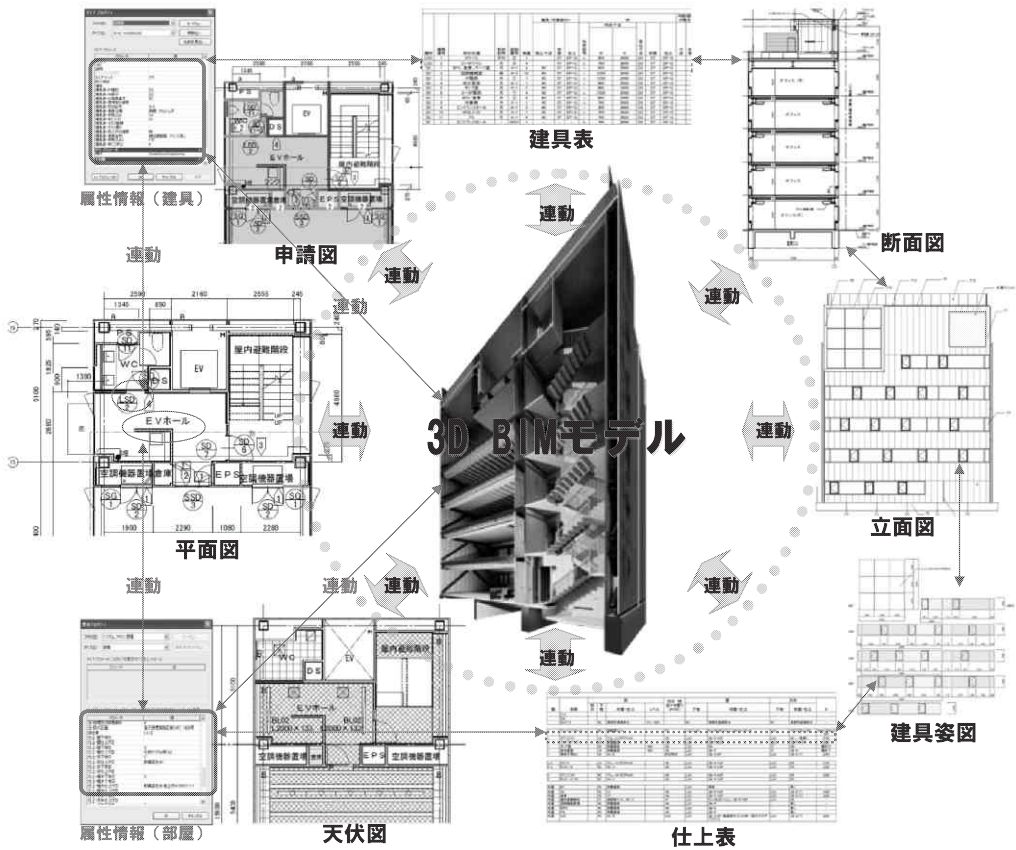


図2 BIMモデルと図面の関係

壁・床・天井など各室単位の面積集計を自動化することができる。もちろん、壁内法や壁芯など面積算定方法も必要な形であらかじめ指示することができるので、先の建具リストと同じように、計画変更などで図面と面積表との不整合が生じることはない。

こうした数量算出機能を利用すれば、計画案に対する概算コストをいち早く把握することもでき、比較検討案と概予算を同時に建築主に提示することが可能となる。当社では、数量と概算コストの連結についてはさまざまな問題もあり、まだ

開発検討段階にある。

## 5 設計プロセス改訂に向けて

設計者は建築主から与えられた設計と条件を基に設計業務を進めていくが、建築主はその計画が自己の望む施設計画であるかを確かめるために具体的な確認方法での設計情報提示を望む。建築主と設計者のトラブル原因の多くは、建築主の計画プロジェクトの理解不足によるものであるとの報告もある。

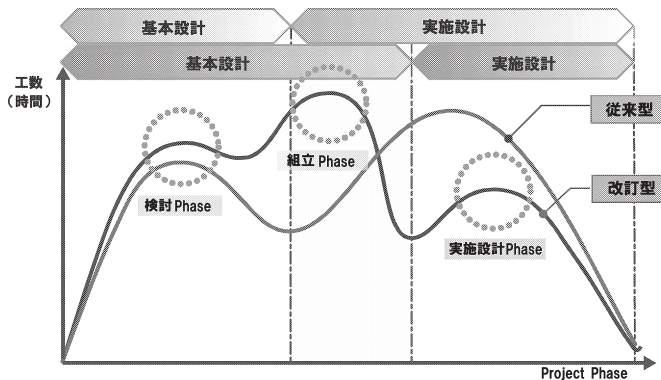


図3 業務量の分析カーブ

設計者は計画初期の段階から、建築主に「なぜこの形になるのか」、「なぜこの方法を用いるのか」など、多くの説明を行い建築主に内容確認しながら設計を進めているため、プロジェクトマネージャーはデザイン決定の際に各専門技術者との連携を図り、力学的な要素や熱・音・光で代表される計画原論的要素を加味して統一デザインの実現を試みる訳であるが、内容は非常に複雑で専門的である。そのため検討過程は非専門家の建築主も理解できるようビジュアルで平易な表現が必要であり、数値はグラフ化され、検討比較も容易でなければならない。計画動線の理解にはCGアニメーションなども併用し、視覚による説明を多用し、理解を助ける必要がある。

BIMの導入・採用は、図1に示したようにBIMモデル(建物モデルDB)を中核に据え、さまざまな設計フェーズに必要な解析ソフトと建物情報を結び、数値的裏づけを取りながら設計を進めていくことができる。これは基本設計段階での未決定要素を最小限にし、数値検証されたデザイン決定が可能であることを示している。すなわちフロントローディングの実現であり、設計プロ

セスの改訂である。

設計プロセス改訂を考えるため、われわれは過去の自社業務から工数分析を行った。業務量カーブは欧米設計業務分析で示されるIAIのカーブとは異なり、図3に示す「従来型」のように基本設計段階と実施設計段階に二つの業務量ピークが生じるものであることが判明した。そこで、われわれは基本段階でのデザイン検討を充実し、確実な計画・設計とするため、基本設計期間を拡張して前半と後半に分け、前半部分を従来検討手法も含めた「検討フェーズ」、後半はBIM手法を用いた「組立てフェーズ」とする「改訂型」カーブを考案した。これにより基本設計段階ではデザインを含めた建物の必要要件を早期に決定し、実施設計段階では創るための設計に傾注できる設計プロセスを導き出した。このプロセスは実業務の中で試行され、今その方向性と効果が確認されつつある。

## 6 BIMの推進普及と教育

われわれは約20数年前に2DCADを導入し、設

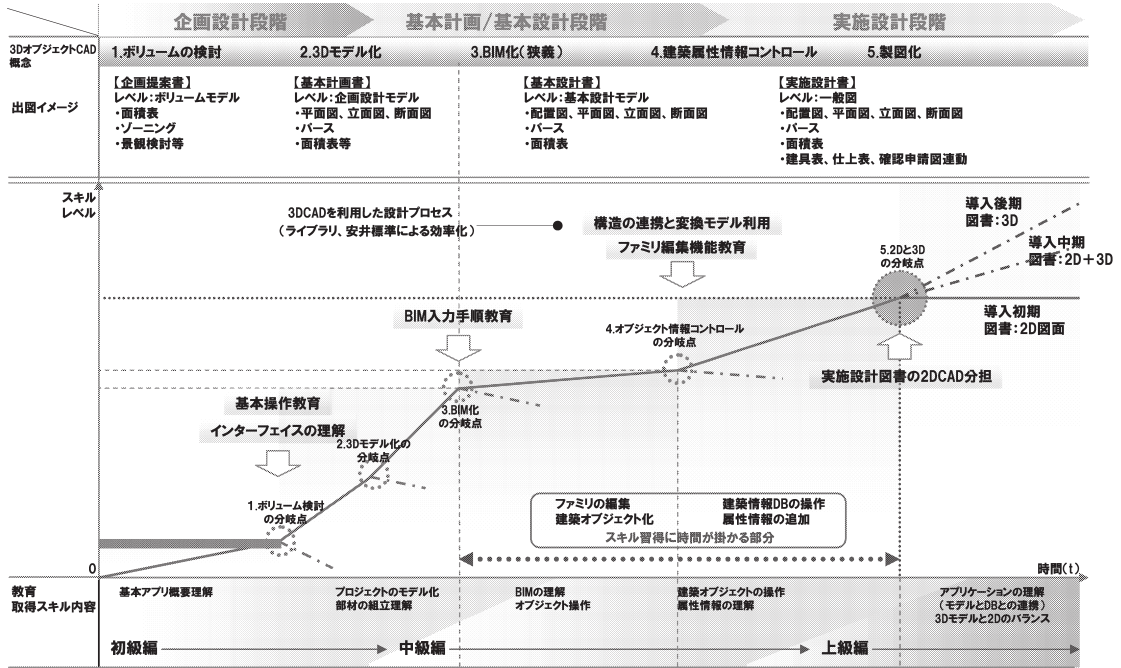


図4 BIMスキル習得のための社内研修

計製図業務の効率化に有効だと考えた。電算システム関係者は製図板とドラフターをPCに変更するため、CADシステムの改良・開発を行い、設計製図作業効率の改善に努力した。それは製図道具の改善・改良であったといえる。ところが、BIMの採用はプロセスの改訂であり、システム整備やCADソフトの購入だけで業務変革は起こらない。むしろ、設計者にとっては「新たに余計な業務が増えるだけ」という被害者意識に等しい受け取りとなり、普及は進まない。

3DCADはCGパースを描くためのツールと誤解する設計者もあるが、4～5章で述べたように、プロジェクト情報を統合し、輻輳する業務関係を明快にするシステムであることを設計者が理解する必要がある。このため、当社では意匠設計

者を中心に図4に示すような教育研修を継続的に行い、建物モデルから2次元図面を生成できるBIM利用スキルの育成に努め、図2に示したような基本設計図面や実施設計図面を3次元建物モデルから出力することが実施プロジェクトで実現しつつある。

## 7 おわりに

理想的なBIMは、輻輳した業務関係を明快にする。プロジェクト関係者は各々の立場で建設プロジェクトに携わるのではなく、BIMの導入を行い、建築主と設計者と施工者が協働し、良好な社会資産である建築物を構築する体制が必要ではないかと考えている。

# 大成建設における BIM の取り組みについて

大成建設(株)

設計本部テクニカルデザイングループ

プロジェクトリーダー

高取 昭浩

## 1 情報共有のコア

BIM (Building Information Model) とは、コンピュータのメモリ空間に仮想建築を作り上げて、建設プロジェクトの情報を一元的に管理するものである。従来の二次元 CAD はもちろん、三次元 CAD やモデリングソフトとの違いは、BIM の I、つまり Information に象徴されている。

BIM を構築する部品は立方体や円柱といった無機質な幾何学図形ではなく、壁、ドア、窓といった建築専用部品である。この専用部品はその部品にふさわしいプロパティ（固有性、特性）を保持しており、このプロパティを集計することで、建設に関わる数量や情報を把握することができるようになる。

さらにこの部品は自らの振る舞いを覚えているため、従来のモデリングソフトに比較して飛躍的にモデリングが容易になっている。また、この部品はユーザーが容易に作成可能なため、デザインの幅を大きく広げていくことができる。

加えて大事なことは、そこから生産される図面がリアルタイムですべて整合している、という事実である。整合がもたらす情報の信頼性はデータの可用性を広げるためにきわめて重要である。

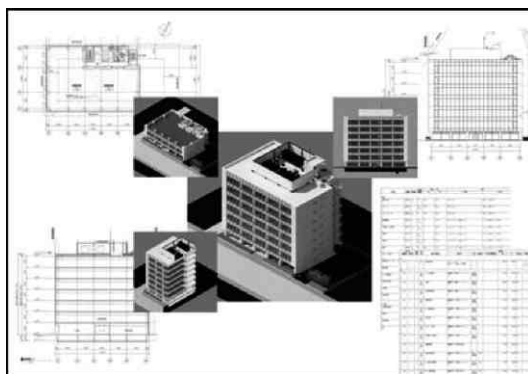


図1 BIM の情報は常に整合している

## 2 デジタルモデルの可用性

三次元 CAD の普及により、自動車や電気産業を中心として、デジタルモデルでの情報交換が主流になってきている。デジタルモデルを導入する多くの理由は「情報共有のスピード化」である。

本来、立体的な物体の情報を複数の二次元図面（正面図、側面図、断面図など）で表現すること自体に無理があり、必ず情報の欠落、不整合が発生する。この欠落と不整合が全体の生産工程に及ぼす影響は甚大であり、情報の下流になればなるほど被害が増大する。多くの産業はこの情報のあり方を改善することで、開発サイクルやコストを下げることに成功してきた。この新しい情報共有

のコアがデジタルモデルである。デジタルモデルの最も優れた点は「可用性」である。可用性とはデータをいろいろな目的に転用することが容易である、ということだ。様々な解析、シミュレーションプログラムでデジタルモデルを活用すれば、そのモデルを製品化したときに起こりうる様々な現象を事前にチェックできるため、リスクとコストを低減することが可能になる。

建築の部品は単一マテリアルであることはまれであり、壁を例に挙げても、LGS、石膏ボード、仕上材料と複数の素材が複雑に関係している。建築はこうした複雑な部品が無数に集まって構成されているため、デジタルモデル化は困難であるといわれてきた。しかし、近年のソフトウェア、ハードウェアの進歩により、建築もデジタルモデル化が可能となってきた。

### 3 コミュニケーションツール

BIM が表現する建築の三次元形状の情報は、それ自体に建築を判りやすく伝える力があり、建築の情報交換において非常に不利な立場に立たされていたクライアントにとっては福音である。建築図面を読みなれていないクライアントにとって、設計図とは保険の約款を解読すること以上に難解なものである。今までは、こうした「よくわからないもの」に基づいて契約を行わなければならないかった。そのため、打ち合わせにおいて「決定」を下さなければならないときに非常に時間がかかる、あるいは決定そのものがなかなかできないといった状態になる。BIM を日常的に活用できれば、クライアントはこうした不利な状態から脱するこ

とができる。クライアントは設計者とある意味、ほぼ対等な立場で情報交換をすることが可能だ。

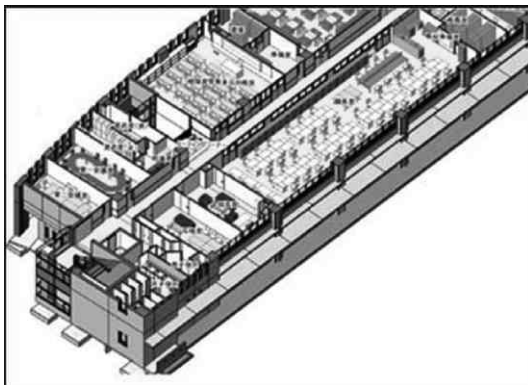


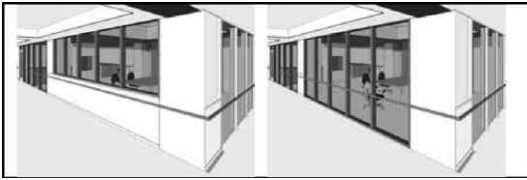
図2 誰にでもわかりやすい表現

## 4 デジタル三次元設計図



図3 設計図をどこからでも閲覧可能

BIM が従来の CG と異なるのは、それ自体が設計図書であり、視覚的な表現を得るために設計図とは別に作成されたものではない、という点である。BIM はデジタル三次元設計図なのだ。したがって、あらゆる部分を、いつでもどこでも閲覧することが可能だ。任意の位置にカメラをおけばどこでも確認することができるし、その場で変



更結果を確認することも可能だ。

BIM を使いこなせば、設計者も自分の意見を伝えやすくなり、またクライアントの意思を把握しやすくなるため、無駄な検討を省くことができるようになる。

## 5 BIM への取り組み

当社で BIM に取り組み始めたのは 4 年前のことである。当時我々は、設計図データから数量情報を取り出すこと、施工図を作成すること、の二点に注目していたが、二次元情報の不整合が問題となっていた。そこで不整合がないという点に着目し、BIM の導入を検討することとなった。

実際のプロジェクトにおいて図面の不整合と並んで問題となっていたのが変更であり、そこにはクライアントとのコミュニケーションエラーが山積していると推測された。この問題も BIM を利用することによって、ある程度解決できるのではないかと考えた。

## 6 多彩な表現

BIM を初めて実際のプロジェクトに適用したのはコンペ案件であった。実働時間はわずか10日であったが、BIM を活用することにより、短期間でムービーとカットパース30、図面と様々な情

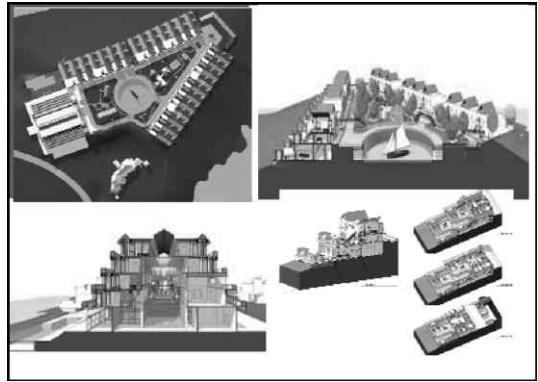


図4 従来にはない多彩な表現が可能に

報を提出することができた。ここで気が付いたことは、従来から使われてきた表現方法以上に、非常に多彩な手段で建築を表現することが容易であるということだ。

また、このプロジェクトは、図のように切妻屋根を持ったコテージが立ち並ぶリゾートホテルであったが、最終段階で設計者が切妻屋根の角度を変更した。こうした従来の二次元 CAD では非常に対処困難な変更においても、BIM であればモデルを修正するだけですべての図面を瞬時に変更することができる。BIM は設計者自身にとっても大きなメリットがあると確信したプロジェクトであった。



図5 モデルの変更がすべての図面に反映

## 7 設備との取り合い

BIMの大きな特徴に整合性が挙げられる。そうであれば、当然意匠、構造、設備の情報すべてをモデリングして、干渉をチェックすることが求められる。しかしながら、設計作業の現状を考察してみると、設備情報をモデリングするのは時間的に無理があるといわざるを得ない。そもそも設備は建築（意匠と構造）が決まらない限りは作業に入ることはできないのであるから、締め切りぎりぎりまで建築が決まらないことが一般的になってしまっている現状の設計プロセスの中で、モデリングを求めること自体に無理がある。

そこで、我々は実際の設備設計作業を調べてみた。その中でわかったことは、建築の情報は意匠と構造に分かれた上、不整合も多く非常にわかりにくい上、断面図が圧倒的に不足しているため、設備エンジニアは自ら複数の情報を統合して断面図を作成し、検討に時間を費やしているということだ。BIMを使えば、任意の断面をほぼ自動的に作成することができるし、構造体を透視して平面図上に表示することも容易だ。

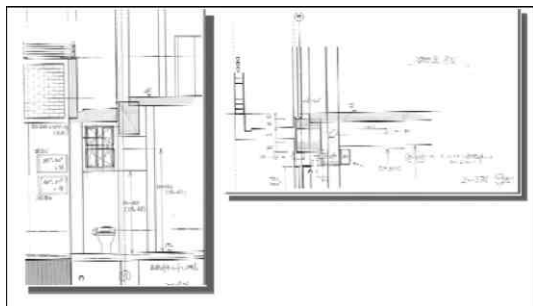


図6 BIMを切断し設備収まりを検討した例

図6は実際のプロジェクトで設備設計者がBIMを切断して作成した断面を出力し、手書きで検討を加えた様子である。この検討過程はデジタル化されているとはいえないかもしれないが、BIMを現状に即した状態で活用した好例といえるのではないだろうか？

## 8 数量の算出

BIMの属性を集計すれば数量がつかめる、ということは容易に想像できるが、これも実際にはそう簡単にはいかない。最も問題となるのは「責任の分解点」である。

現実には設計と積算の間でやり取りされている情報は図面という二次元の紙の上に表現された情報であり、あくまでも図面が正となっている。例えばBIMにおいて柱が複数重なってモデリングされていたとしても、そこから生成される図面情報は正しく表現されている。しかし、数量を集計した場合、柱は二重にカウントされることになる。

さらに現在の積算手法が紙情報を前提とした積算手法であることが問題であり、デジタル情報にまったく対応できていない。こうした問題を解決するには時間がかかるが、当社ではアナログをデジタルがアシストするというスタイルでデジタル情報を活用し始めている。

## 9 デジタイザショットの削減

BIMには部屋という部品がある。「部屋」は空間ボリュームと仕上の情報を保持している。加えてその部屋を構成している部品を容易に把握するこ

とが可能だ。この点に着目し、BIM から以下の情報をデジタルデータとして受け渡しを行っている。

- ①部屋領域の座標
- ②領域の辺がどういった壁または柱に接しているか
- ③領域の辺に取り付いている建具情報
- ④仕上の情報

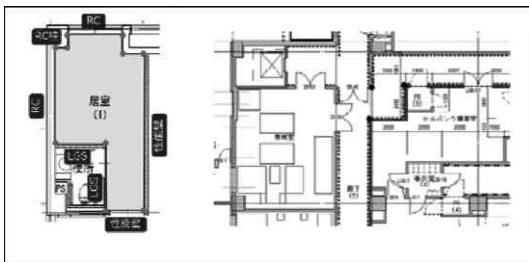


図7 部屋の領域座標と壁種別を出力

以上の情報を数量の広いソフトに取り込むと、デジタイザショットを省略することができる。さらに、その一辺一辺がRCの壁なのか、LGSの壁なのかといった情報や、部屋名、仕上や下地の情報を把握できるため、拾いにかかる手間がある程度削減することができる。

この情報はあくまでも在来手法の補助でしかないが、情報の正確性を図面と照合することで目で見て確認できるため、受け入れられやすい方法として採用している。

また何よりも図面が整合しているという事実が数量拾いの工程で多大なメリットをもたらしていることは言うまでもないだろう。

## 10 施工図への展開

施工図も積算と同様、現状の作業方法を大幅に

変更するようなことでは、まず受け入れられない。そこで、施工図自体は2D-CADを用いて、今まで通りの表現のものを作成することとし、BIMからどういった情報を転送すれば最も効果的かを調査した。その結果、

- ①構造体の情報
- ②間仕切壁の位置と種別
- ③建具の情報
- ④部屋の情報

といった核となる情報のみを受け渡しこととし、その他の詳細な情報は施工図作成者が自らの目で確認し、施工のノウハウを加味しながら作図を行っていくこととした。

さらに、これらの属性情報を有効に引き継ぐために、2D-CAD上で稼動する建築専用オブジェクト「インテリシェイプ」を開発した。このインテリシェイプは、壁、建具、柱などの建築部品があり、BIMの部品の情報を余すことなく引き継ぐことができる。

図8はBIMから出力された直後の状態で、これに手を加えることで最終的な施工図状態にまで持っていく。これにより40%以上の作図手間を削減することが可能になった。

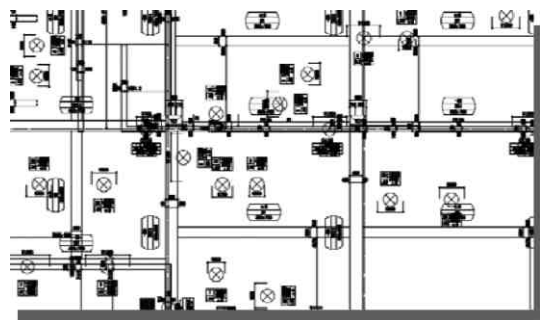


図8 BIMから出力された直後



## 11 バーチャルリアリティ

BIM データをバーチャルリアリティのシステムに取り込むことで、建物が建つ前にその空間を体験することが可能だ。当社の技術センターにある VR システムは、「3D」「実際の質感」「リアルスケール」という三つの大きな特徴を持っている。しかしながら、今までは設計図とは別にモデルを作成する必要があったため、コストと時間がかかっていた。BIM を使って設計を進めていけば、モデルデータ自体はあらかじめ存在しているため、手間無くバーチャル空間を作り上げることが可能になる。あるプロジェクトでは、仕上の材料を決めたり、空間の広がり感を握んだりしてもらうために VR を利用した。



図9 バーチャルリアリティ

## 12 終わりに

2D-CAD が普及を始めて約15年が経過した。今ではほとんどの設計者が2D-CAD を利用している。残念ながら2D-CAD は業務のあり方を変えるほどのパワーはなかった。2D-CAD は戦前戦後から始まったと思われる、平面図、立面図、断面図といった二次元思考で建築をとらえる、というびつな思考形態を断ち切ることはできず、むしろその流れを加速して問題を複雑化してしまった。

BIM は設計のあり方、建築情報のあり方そのものを変革しようとしている。BIM の究極の目的は図面をなくしてしまうことである。二次元図面という存在自体が建設プロセスを複雑化してしまっているのだ。二次元図面では、現在建設業界が抱えている様々な困難な課題を克服することはできない。デジタルモデルを核として、建設業を新たなステージに引き上げなければならないと考えている。