(37) 土木BIM/CIMデータ利用方向性に関する検討

中嶋　道雄[1]・前田　庫利[1]

[1] 正会員　東洋建設（株）土木事業本部　土木技術部
（〒101-0051 東京都千代田区神田神保町一丁目 105 番地　神保町三井ビルディング 11F）
E-mail: nakajima-michio@toyo-const.co.jp

BIM/CIM とは調査・設計・施工・維持管理のすべてのフェーズにおいて，3 次元情報を中心とした情報蓄積及び活用を目的としている．建設フェーズにおいては 3 次元で施工計画を行い，施工前に干渉等の不具合や，より安全で効率的な施工方法を発見し，その結果をいかに正確に現場で実施できるかの管理に活用している．2012 年に国土交通省が CIM を発表(2018 年から BIM/CIM)してからすでに 8 年が経過しており，2023 年度にはすべての工事が BIM/CIM 対象工事となる予定である．今後これらのデータを活用する方向性を，従来のデータ構築方法や，現状での活用方法及び将来性を元に検討したものである．

Key Words : *BIM/CIM, i-construction, construction procedure, virtual construction*

1.　概要及び背景

(1)　検討概要

BIM/CIM とは調査・設計・建設・維持管理の全フェーズにおいて，3 次元モデルを中心とした情報蓄積及び活用を目的としており，2020 年で 8 年が経過している．土木での今後のデータ活用方向性を，これまでの経緯や現状での活用方法及び課題，将来性を元に検討する．

(2)　BIM/CIM の発展背景

1970 年代にカーネギーメロン大学のチャックイーストマン教授が，ソリッドモデリングと建物オブジェクトに情報を持たせる概念を発表した．これが BIM（Building Information Modeling）の始まりと言われている．BIM は，従来の様に意匠，構造等の様に上流から検討を進める手法に対して，意匠，構造等はそれぞれが他を同時に干渉・影響するため，同時に他の状況を確認しながら検討を進めて行く手法を用いている．その後 1980 年代には GraphiSoft 社の ArchiCAD や Charles River Software 社（現 Autodesk 社）の Revit 等の BIM ソフトが誕生する．これらはパラメトリックオブジェクトを使用し，意匠，構造等の他に構造・日照計算等を相互に確認，検討しながら設計するものである．これらの概念図を以下の**図-1** に示す．2000 年台に入るとハードウエア環境等の発達と共に BIM ソフト利用は増加して行き，建築では，設計合理化手段として BIM が活用されている．

土木分野では，2012 年に国土交通省が CIM (Construction Information Modeling)を提唱し，建築 BIM を土木の世界にも広げようとした．工事が実施されると Modeling≒設計概念から Management の意味合いを持つようになった．CIM の名称は日本のみで使用されてきたため，国際性及び建築統合のため，2018 年には BIM/CIM と改称された．2023 年には全ての国土交通省発注工事は BIM/CIM とする事が発表されている．

2.　データ流通及び規格

(1)　IFC 規格

BIM の共通フォーマットとして 1995 年から Autodesk 社等の複数のソフトウエアベンダーが中心となる IAI(現 bSI)によって IFC (Industry Foundation Classes)規格が作成されている．IFC 規格は，3 次元形状のモノの他に人や時間等の資源分野があり，それらをリレーションで結び付けて表現が可能なオブジェクト指向となっている．これまでの IFC の変遷を以下の**表-1** に示す．2020 年現在，国土交通省の BIM/CIM 対象納品規格は，IFC2x3 となっており，定義されているモノは以下の**図-2** に示す通り建

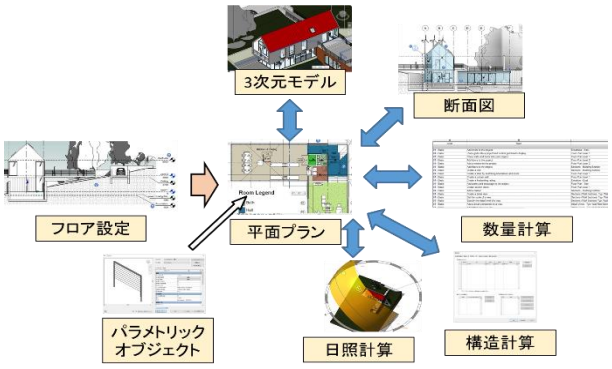

図-1　BIM の概念図

築要素中心である．そのため，bSIにより土木構造(道路，鉄道，トンネル，港湾)の追加活動が行われており，2021年の夏頃にはIFC4.3として発表予定である．ただし現状での土木対応のため，「土木構造物モデルビュー定義2018」が土木学会から発刊されており，これを元に各ソフトウエアにIFC規格の入出機能が実装されている．

(2) データ流通性の課題

構造物の国土交通省BIM/CIMデータ納品基準はIFC2x3及びオリジナルファイル形式（各ソフトウエア固有形式）である．オリジナルを利用する場合データ流通のためには関係者が同じソフトウエア利用の必要がある．デファクトスタンダードが無い現状ではIFC等の形式を利用する事が望まれる．ただしIFC規格は多機能であり，全機能に対応したソフトウエアは現状見受けられない．また，土木構造物モデルビュー定義2018に準拠したソフトウエアでも3Dモデルの形状及び属性情報だけが正確に交換できる状況である．

(3) プラットフォームの現状

旧来のデータ流通は，DVD等の電子媒体で手渡す方法であったが，インターネット接続が高速・安価になると，e-mail添付が主流になってきた．近年ではデータ紛失防止や共有利便性からクラウド利用に移行してきている．更に，クラウド上でデータ保管の他に検索等のサービスを加えることでプラットフォームと呼ばれるようになってきた．これにより，データ紛失やソフトウエアバージョン管理が不要，様々な端末でのサービス利用等が利点である．プラットフォーム提供側は，提供データの利用や利用者囲い込み等の利点がある．代表的な建設系の例を**表-2**に示す．国やソフトウエア会社，建設機械メーカー等で独自のシステムを構築している．

表-1 IFC 規格の変遷

発刊	バージョン	ISO	適用
1996年	IFC1.0		建築規格
1999年	IFC2.0		
2007年	IFC2x3TC1	ISO/PAS 16739:2005	
2013年	IFC4	ISO 16739:2013	
2017年	IFC4ADD2TC1	ISO 16739-1:2018	
2020年	IFC4.3RC2	RC:リリース候補版	土木を含む

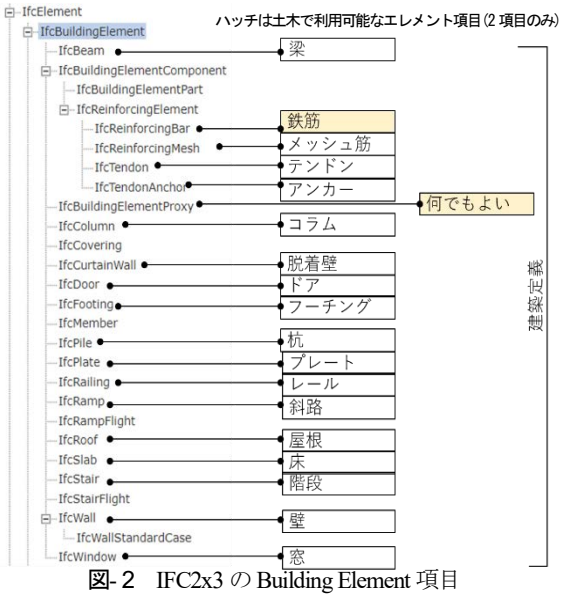

図-2 IFC2x3 の Building Element 項目

3. 土木での BIM/CIM，ICT 等の現状

(1) BIM/CIM での設計

BIM は建築設計を中心にその活用分野を広げてきたが，土木分野では IFC 規格の課題があり，ソフトウエアの数・質共不十分な状態であると言える．また建築と土木の設計手法の違いから建築ソフトウエアを流用しにくい状態である．ただし，土木を含むIFC4.3 がリリースされると，今後対応ソフトウエアが増加するものと考えられる．

(2) BIM/CIM を活用した施工

建設現場での活用は，3D-Lidar 等で現地地形や障害物をデータ化可能となったため，設計データと組み合わせて建設施工シミュレーションが可能となった．**図-3** に活用事例を示す．シミュレーションは旧来の施工計画書をベースとして各作業の代表的な状況を作成し施工可否を判断している．現場開始後は，シミュレーション結果をディスプレイや VR 等を活用して作業者に伝える事が中心となっている．完成後は，構造物寸法等の出来形や品質管理値を 3 次元モデルに付与し，電子検査や維持管理などに活用している．また先進的な例として，BIM/CIM データを元に，ICT 建設機械との連携例[5]も見られる．

(3) ICT 建設機械や自動化の開発

建設会社，建設機械メーカーは旧来よりシールド機等の開発を進めてきた．更に 2012 年から国土交通省が掲げる i-Construction の ICT 全面活用の施策に連動して，数々の ICT 機器開発を加速している．ICT 機器は建設会社＋建設機械メーカーとの共同で開発している例が多い．た

表-2 建設にかかわる主なプラットフォーム

名称	概要	目的
国土交通データプラットフォーム	国土交通省保有データを地図上で検索可能なシステム.	国保と民間データ連携．国交省施策高度化、産学官連携でのイノベーション創出
Autodesk BIM360	Autodesk 社の CAD データの保管の他，WEB 上のアプリケーションが利用可能	データ保管サービスやアプリケーションの WEB での提供が目的
KOMATSU スマートコンストラクション	施工データ⇒サポートセンター⇒自動施工化機械⇒ドローンデータ活用	自社開発の自動施工機械の活用を目的としている.

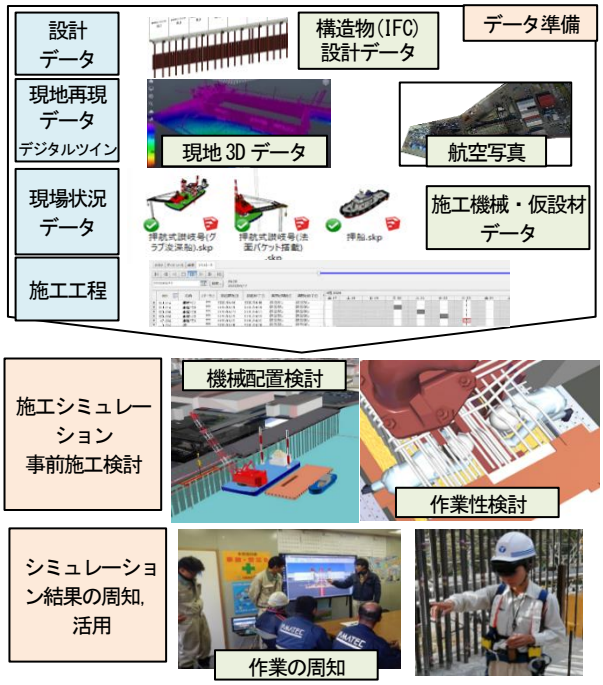

図-3　建設現場での活用事例 [1),2),3),4)]

だし ICT 機器は試験実施している場合が多く，本格活用されるのはあと数年かかるものと考えられる．

(4)　全体最適の導入（プレキャスト化，DX）

i-Construction の実施施策の 1 つに全体最適の導入があり，プレキャスト化や DX（デジタルトランスフォーメーション）化を導入している [6)]．DX はアナログ処理を無くし全デジタル処理で効率を上げる概念であるが，建設業では建設現場（アナログ）は無くせないため，ボトルネック作業を機械やデジタル処理する方向に向かっている．こういった最適化と BIM/CIM はデジタル処理の点で親和性が高く，今後活用が進むものと考えられる．

4.　土木での BIM/CIM データの活用方向性

(1)　建設機器の動きの機能

表-3 に主な建設シミュレーションソフトの一覧を示す．実際の現場での作業指示は，機械などの移動や方向等，動きとその範囲を指示する必要があるが，現状のほとんどのソフトは，建設機械等の静止状態のみ対応している．そのためソフトウエアにこれらの動きの機能が必要と言える．この概念を**図-4** に示す．この機能は現在 CG ソフトで用いられており，実現化のハードルは高くない．

(2)　プラットフォームの必要機能

プラットフォームの機能は，製作者側の要求事項のみを満足しているものが多いため，設計，施工，維持管理

表-3　主な建設シミュレーションソフト

メーカー名	ソフトウエア名称	シミュレート範囲
Autodesk	Navisworks	4D, 5D
川田テクノシステム	V-nas clair	4D, 5D
Forum8	UC-Win/Road ver15+プラグイン	4D

4D：3D+工程，5D：4D+工事費

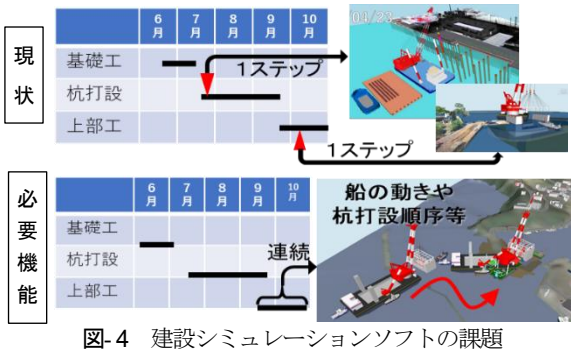

図-4　建設シミュレーションソフトの課題

などのフェーズや発注者受注者等の関係者のニーズを同時に満足する事が望まれる．また，オリジナル形式は，データ構造が秘匿されている場合が多い．プラットフォームの利用は自動化等の将来的な機能提供の素地となるため，その構造は，IFC 等の公開規格で機能追加可能な構造とする事が必要である．

(3)　建設生産性の向上

i-Construction 及び BIM/CIM の最終目的は，生産性の向上である．生産性は建設物価格／作業時間で定義されており，自動化機械等のコストは主に機械の製作コストをベースとした供用費をベースにしている．自動化を行う場合，人から機械に置き換わった分のコストが下がり作業時間が短くなると，数字上の生産性は向上しない．開発費を建設コストに反映させ建設物の価値価格を維持する事で，開発への動機付けを満足させる事が望ましい．

(4)　建設自動化の推進

建設機械による自動化は，自動化機械を現場にセットして終了後別の機械を入れ替える方式になるものと考えられる．以下の**図-5** に概念を示す．自動機械を開発する上で最も障害となる事項は，機械が想定できない状態に遭遇し対処できない事である．その要因は風や波，人間である．特に人は影響の大きさから自動運転車は詳細なピッチで計測，予測，反映を行い退避している．ただし建設現場は，第三者が入れない場所を確保可能である事から，試行が容易なため自動化が進む基盤を有する．

(5)　現状の自動建設機械開発と今後

現在は建設会社と建機メーカーが共同で自動建機を開発している例が多い．ただしこの手法では建機メーカー主導で開発を行うため，**図-6** に示すように他メーカーが

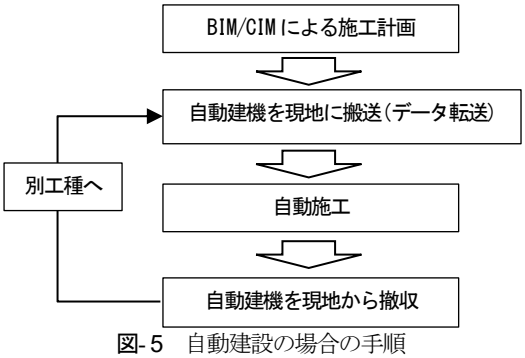

図-5　自動建設の場合の手順

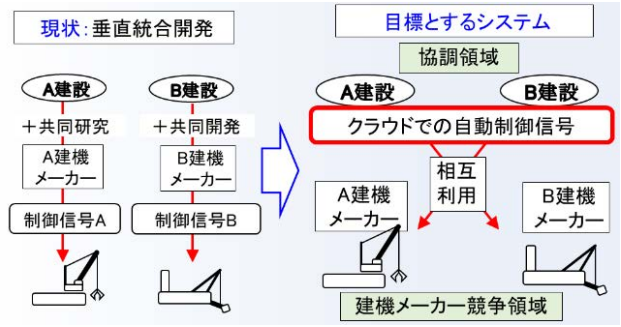

図-6　自動化制御信号と開発形態

開発した建設機械と制御信号が違う事から建設会社側は相互利用が出来ない．建設シミュレーションソフトが，機械の移動機能を実装した場合，この動きデータをプラットフォームから自動建機に転送すると自動建機の制御信号となる．建機メーカーはこの信号を受けてスムーズな動きを反映できるシステム開発などを行う事で，建設会社同士での協調領域と建機メーカー同士の競争領域の両立が可能となる．

(6)　施工データの自動登録と判定

現状では構造物の位置を自動追尾式トータルステーション等でリアルタイムに計測して施工を行っている場合も多い．その例を図-7に示す．この様に構造物の位置はすでにデジタル化されている例も多いため，このデータを自動的に BIM/CIM に属性情報として付与すると，作業効率化やデータ転記ミスを防止する事が出来る．

建設自動化でこのシステムを利用する場合，計測データのリアルタイム判定が必要となってくる．点群等データ量が多い場合，現状では判定可否までの時間がある程度必要になるが，今後ソフトウエア・ハードウエアの発展に伴いリアルタイム判定が可能になるものと考えられる．

図-7　起重機船での函体設置時のリアルタイム計測状況[5)]

(7)　ナレッジベース

BIM/CIMでは部材の意味や，機械の意味を含めた3次元モデルでシミュレーションを行うため，これらをデータベースとして保存しておくと，作業に対する安全性や最適な手順と言ったものを数値化可能と考えられる．

従来の建設業は経験工学と言われる部分が多く，現場見学や体験と言った要素がベテラン技術者に必要な要素であったが，施工可否の判断基準がこういったデータから導き出せる可能性が大きい．

参考文献

1)　中嶋道雄：港湾工事での CIM の活用，土木施工 (株)オフィススペース, 2019 年 1 月号，pp.99-102，2019.
2)　安達昭宏，中嶋道雄，前田庫利：港湾における CIM の活用と展望，土木学会年次講演会,No.74,pp.VI928_1-2,2019.
3)　前田庫利，中嶋道雄，森川敏行，他：舞鶴港第 2 ふ頭地区岸壁における CIM の活用，土木学会土木建設技術発表会，2019,pp.I-5_1-I-5_7,2019.
4)　中嶋道雄，前田庫利：港湾工事における BIM/CIM の VR への活用方法の開発，海洋開発論文集, 76 巻 2 号,pp.I_534-I_539,2020.
5)　小田切祐樹、和田眞郷、加藤直幸他：ケーソン自動制御システム「函ナビ-Auto」による起重機船併用方式での最適な据付条件，土木学会年次講演会,No.75,pp.VI1143_1-2,2020.
6)　廣瀬健次郎：国土交通省における DX の推進について，国土交通省発表資料, pp.18-62,2020.