

統合モデルを中心としたシームレスなデータ流通の試み

清水建設株式会社 正会員 ○河上 展久

1. BIM/CIMの現状

令和5年度より、国土交通省工事の原則 BIM/CIM 適用が開始された。これに伴い、国交省発注工事だけでなく、様々なインフラ管理者や民間事業者等の発注工事においても、BIM/CIM モデルが作成・納品され、土木事業における各フェーズ（調査・計画・設計・施工・維持管理）で共有・活用されることにより、建設プロジェクト全体の生産性向上や施設の維持管理の高度化・効率化の一助となることが期待されている。

BIM/CIM の本質はデータや情報が様々な用途にシームレスに活用される在り様にあるが、一方で、「3D モデル=BIM/CIM」と偏狭的に考えられることも多く、可視化された 3D モデルを関係者間で共有する考えはあるものの、3D モデルをデジタルデータとして多用途に活用することに考えが至っていないことも多い。また、3D モデル作成、4D シミュレーション、AR/VR の活用、自動施工・マシンガイダンスの活用といった様々な取組が個別の取組としてそれぞれ単目的で行われているため、一つの目的のために一つのモデルを作成する状況となり、インプットデータとなる BIM/CIM モデル作成の費用対効果を悪化させている。本来多用途に用いられることを前提としている BIM/CIM モデルを単目的のために作成していることが BIM/CIM への負担感となり、BIM/CIM 普及への隘路にもなっている。

2. 本試行の目的と概要

本試行の目的は、データ作成から活用までの様々な取組によって、シームレスなデータフローの実現について確認するとともにその課題などについて明らかにすることであり、BIM/CIM の目指すべきデータフローの実現性について確認するものである。

本稿では、3D モデル作成や点群データ取得といったデータを生成するフェーズを「情報収集フェーズ」、情報収集フェーズで作成されたデータを一つの空間で統合した統合モデル作成とその活用に係るフェーズを「施工シミュレーションフェーズ」とに大別し（図-1）、それぞれのフェーズにおける検討結果について記す。

なお本稿において、3D モデルや点群データなどの 3 次元のデータを総称して「モデルデータ」と記すこととする。

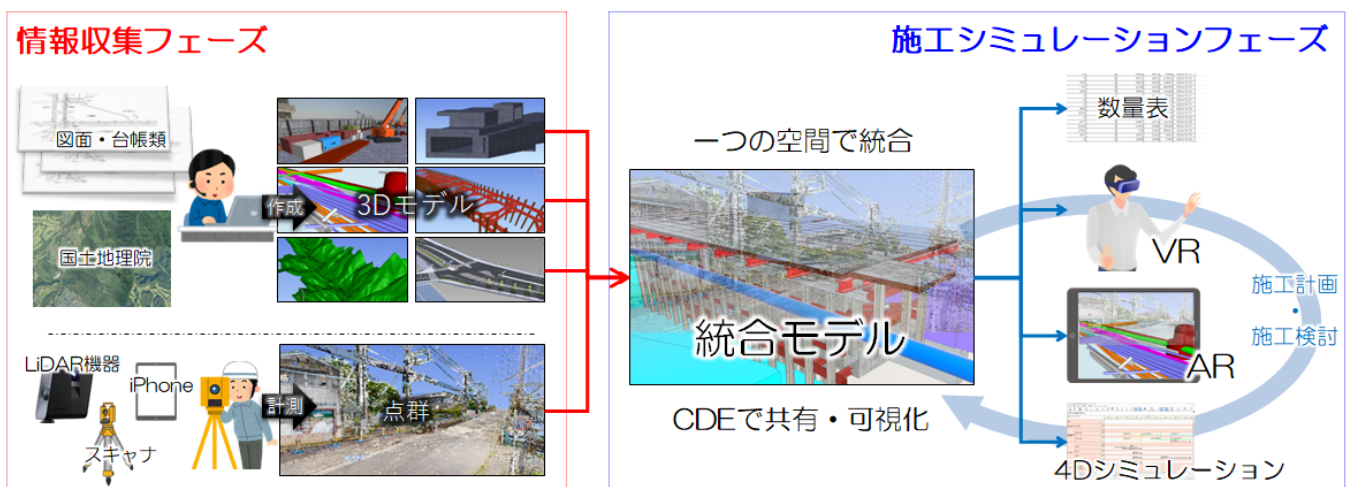


図-1 本試行の全体像

キーワード BIM/CIM, データフロー, 空間座標, 統合モデル, フロントローディング

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設（株）土木技術本部イノベーション推進部 TEL 090-2530-2738

3. 「情報収集フェーズ」における試行

(1) 様々なアプリケーションを用いた 3D モデル作成

土木構造物には、橋梁やダム、カルバートなどのコンクリートや鋼構造で構成される躯体だけでなく、河川堤防や山地造成、道路土工など現地地形を切土・盛土する土構造、地中を掘削するシールドトンネルや山岳トンネルなどのトンネル構造など様々なものがある。道路や鉄道においては、平面的にも縦断的にも3次元的な線形を持つものや、横断勾配も合わせ持つ複雑な構造を有するものも多い。また、土留壁や支保工・覆工板といった仮設構造物、薬液注入や締固めによる地盤改良工など、バリエーションが豊富なことが特徴である。

そのため、土木構造物や地形などを3Dモデル化する場合、現時点において一つのアプリケーションで様々な対象物をモデル化することができず、対象物によって様々なアプリケーションを用いる方が合理的である。そのため様々なアプリケーションを用いてモデルデータが作成されることを前提とした上で、シームレスなデータフローを実現できるモデルデータとしなければならない。

(2) 様々なデータソースの活用

一般的に図面類を元に3Dモデルを作成することが多いが、現地地形の再現には「基盤地図情報数値標高モデル」（国土地理院）を活用したり、計測した点群データから地形モデルを作成したりすることもある。近年は点群データの活用が盛んで、周辺地形・地物のデジタルデータとして点群のまま活用するほか、点群データから3Dモデルを自動生成する技術なども開発が進められている。点群の計測方法・精度も様々で、レーザスキャナによる高精度なものから、ハンディスキャナなどの簡易計測器、市販スマートフォンによるLiDARなど用途やコストによって使い分けられている。

このように、情報収集フェーズで用いるデータソースには図面類、公表データ、点群データなど様々な手段があり、どのようなデータソースを用いたとしても、シームレスなデータフローを実現できるモデルデータを作成しなければならない。

(3) 空間座標の付与

土木構造物のモデル化は様々なアプリケーションを用いるため、様々なファイルフォーマットでアウトプットされることとなる。これら個々のデータを一つの空間で統合するためには、個々のデータが統一した空間座標で作成されていなければならない。

土木設計・施工において用いられる平面座標(XY)は平面直角座標系であることがほとんどであり、本試行ではモデルデータの平面座標には平面直角座標系を採用した。鉛直方向の座標(Z)は、その対象現場によってT.P.m, A.P.mなど用いるが、対象現場内においては必ず統一した標高原点を用いることで空間座標を統一した。

(図-2)



図-2 様々なアプリケーションでモデル化

4. 「施工シミュレーションフェーズ」における試行

(1) 統合モデルアプリケーションの選定

本試行では、上記のように様々なアプリケーション、データソースから作成されたモデルデータを一つの空間に統合するアプリケーションとして、Autodesk 社の Navisworks (Navisworks には Manage, Simulate, Freedom の 3 種類があるが、本稿において特に記載のない場合は Manage もしくは Simulate を指している。) を採用した。Navisworks は、様々な 3D モデルフォーマットをインプットデータとすることができ、3D モデルだけでなく、点群データ (ポイント) や平面図 (ライン)、道路線形などの 3D ポリラインデータ (ライン) も読み込むことができる汎用性の高いアプリケーションである。また、無償版の Navisworks Freedom もフリーウェアとして Autodesk 社から提供されていることから、統合モデルアプリケーションとして広く使われている。

シームレスなデータフローを考慮したとき、様々な用途に活用できる統合モデルデータであることが求められることから、汎用性が高くかつ広く使われているアプリケーションを用いることは合理的と判断した。

(2) モデルデータの一元管理

モデルデータに限らず、図面やその他のドキュメントでもファイルの共有・バージョン管理に CDE (Common Data Environment) を用いることは一般的な手段となっている。本取組においても CDE を用いて確実なバージョン管理することで類似データの重複や先祖返り、取り違いなどのヒューマンエラーのリスクを最小化している。なお、採用する CDE については、様々な現場状況に鑑み、何か一つのシステムに限定するのではなく、受発注社の環境で採用可能なシステムを選択することとしている。

(3) 統合モデルから様々なシステムやアプリケーションへのデータフロー

本取組では、Navisworks で統合モデルを構成することを前提としており、Navisworks のアプリケーションからプラグイン経由でダイレクトに他システムにデータ移行させたり、Navisworks のデータ (NWD ファイル) を変換することなくそのまま利用したりすることでシームレスなデータフローを試行した。

a) AR のシームレスな活用

AR (Augmented Reality) ソフトウェアには様々なものがあるが、Trimble 社の「Trimble Connect AR」を試行したところ、NWD ファイルを同サービスの Trimble Connect にアップロードし、データ変換作業を経ることなく、AR マーカーの作成、端末側でのデータダウンロードまでスムーズに AR を実施することができた。(図-3)

現時点においては、一アプリケーションの試行に過ぎないが、統合モデルから AR の実施までをシームレスに行うことが確認できたため、例えば、統合モデルに更新があった場合でも、更新後のモデルをすぐに AR で描画するといった運用が可能である。

b) VR のシームレスな活用

VR (Virtual Reality) ソフトウェアにも様々なものがあり、本取組では Navisworks からのシームレスな VR を実施するという観点から、「Prospect by IrisVR」と「Mindesk」を試行した。ともに、Navisworks のプラグインツールも開発・販売されているソフトウェアであり、Navisworks 上からファイルに出力することなくそのまま VR を実施することができた。(図-4)

ただし、Prospect は点群データが表示されない、Mindesk は非常にハイスペックなハードウェア (特にグラフィックボード) 環境を要するなどの VR ソフトウェアとしての課題があるものの、Navisworks からシームレスに VR をできるという点において本試行の目的を果たすことができた。

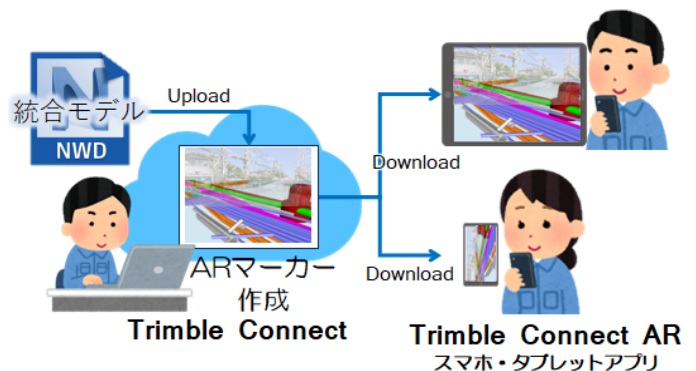


図-3 AR のシームレスな活用イメージ

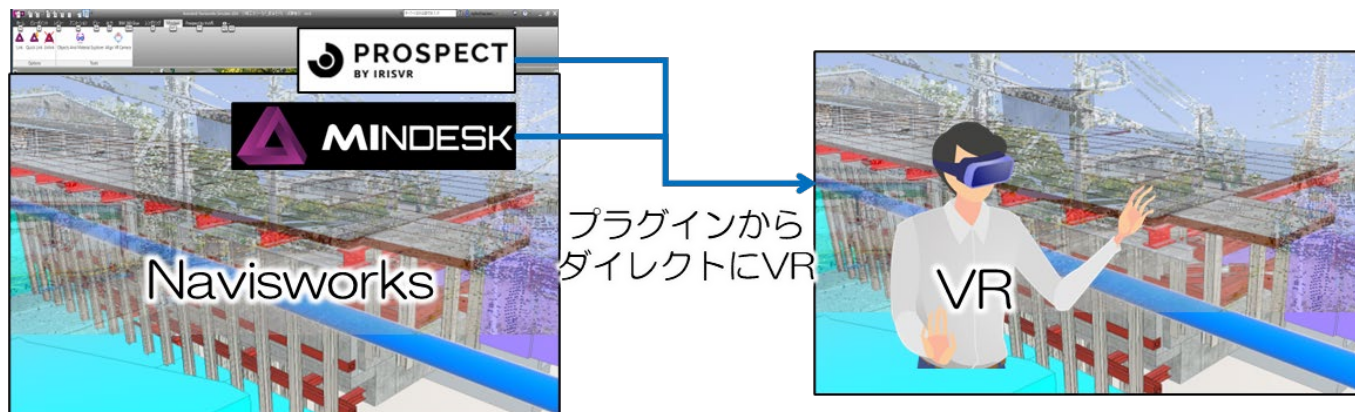


図-4 VRのシームレスな活用イメージ

c) 工程データと連動させた4D施工シミュレーションの可能性

土木プロジェクトの工程管理には様々な工程管理ソフトウェアが採用されている。多くの工程管理ソフトは工程表を描画する機能だけではなく、内部にデータベースを持っており、ユーザは工程表というユーザインタフェースを介して、データベースに工程データを入力していることになる。一方、Navisworksには施工ステップを日付で描画することができる TimeLiner という機能が標準で備わっている。TimeLiner の機能として工程情報を CSV ファイルでインポート・エクスポートする機能があることに着目すると、工程管理ソフトウェアから工程データを前述の CSV ファイルのフォーマットでエクスポート・インポートする機能があれば、TimeLiner との連動が可能と考えられる。

工程管理ソフトで日々管理・更新している工程データと Navisworks で作成された統合モデルデータとを相互に反映することができれば、工程管理ソフトで検討された工程が施工空間のなかで矛盾なく成立するか否かを Navisworks 上で可視化することができる。この手順を繰り返すことで施工ステップのアニメーション動画ではない本来の意味の4Dシミュレーション（空間的検討+工程的検討）が可能となる。

5. 本試行のまとめ

(1) 本試行の結果

本試行では、モデルデータを単一のアプリケーション・一律のフォーマットで効率的に作成できない土木構造物の特有の事情に鑑み、モデルデータに統一の空間座標を付与し、汎用性の高いアプリケーションで統合モデルを構成し、その統合モデルデータをシームレスに様々なシステム・アプリケーションのインポートデータとすることについて試行・検証した。

その結果、統合モデルのアプリケーションに Navisworks を採用することでシームレスに AR・VR を活用できること、工程管理ソフトウェアとの連動させることで4Dシミュレーションが実施できる可能性があることを確認することができた。このようなシームレスなデータフローを実現することが BIM/CIM の本質であり、本試行の一応の目的は達成することができた。

(2) 本試行で確認できた課題

本試行では、3Dモデルを効果的に可視化する要素であるオブジェクトへのテクスチャ情報がほとんどの場合で他システム・アプリケーションに引き継がれないことや、複雑な線形などによりポリゴン数があまりに大きくなると正常に引き継がれない、あるいはエラーが出るなどの諸課題も散見された。

また、本試行では、「BIM/CIMモデル等電子納品要領（案）及び解説」（R4.3国土交通省）に構造物モデルのデータ交換形式として記載されている IFC を用いた試行に至っておらず、IFCの動向も把握しつつ、試行を続けていく必要があると認識している。

6. 今後の取組

上記までに記載したとおり、データ作成から活用までのシームレスなデータフローについて一定の確認はできたが、本試行の全てがクラウド、PC、スマホ・タブレットやVRゴーグルを用いた施工計画・検討のデータフローの検証であり、施工現場で稼働する重機や鉄筋・型枠製作などの資機材関係へのデータフローは試行していない。つまり、直接的な土木施工の生産性向上への検証には至っていない。例えば、鉄筋加工や型枠製作など施工資材自動製作へのBIM/CIMモデルデータ活用や、自動施工・マシンコントロールのための建機へのデータフローについては検討の余地を残している。

また、長期間利用することが前提の土木構造物のストック効果を最大限発揮するために必要な属性項目の検討など、BIM/CIMの果たすべき大きな役割は多岐にわたり、生産性向上やDXの実現に向けて試行・検証しなければならないことは多く、データフローの検証も道半ばである。

ただし、今後どのような取組や技術開発を行う場合でも、システムやアプリケーションにインプットする情報がデジタルデータとなっていくことに疑いの余地はなく、フロントローディングとして日々の仕事の中でデジタルデータを作成・蓄積し、それをシームレスに日進月歩で進化するシステム・アプリケーションに流通させ、その恩恵を享受することがBIM/CIMの実現、DXの実現の第一歩となるのではないか。(図-5)

BIM/CIMやDXが実現されることによって生産性が向上されれば、新たなチャレンジや技術継承などに積極的に投資できるリソースが生まれるはずであり、建設産業全体のスパイラルアップが図られ、新たなアイデアや技術によって土木事業の価値向上が図られることに尽力していきたい。

<デジタルデータを作る> フロントローディング

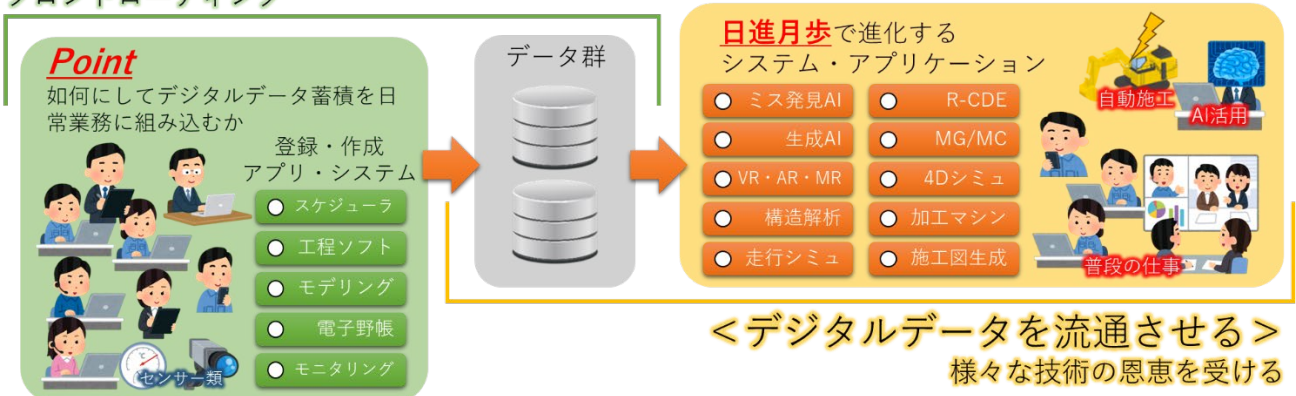


図-5 デジタルデータの蓄積によるアプリ・システムの活用