

# 建設メタバース

## メタバース技術研究所における合意形成の検証

脇田 明幸

BIM (Building Information Modeling) の普及により急速に3次元モデルの活用が建設業の現場に広がっているが、3次元モデルを閲覧する環境は十分には整備されていない。そこで3次元モデルのアウトプットとしての建設メタバースの活用について独自の視点で検証する。建設メタバースの活用は、商用とは目的が異なり、操作性や自由度、アップロード方法などに課題もあるが、従来にはない新しい合意形成の手段として期待される。これまでの方法と比較し今後の建設メタバースのあり方を探る。

キーワード：建設メタバース、技術研究所、合意形成、デジタルツイン、フィジカル空間とサイバー空間

### 1. はじめに

商用が進むメタバースを建設業務に生かそうとする建設メタバースの検証を進めている。フィジカル空間をサイバー空間に複製するデジタルツインの考え方は製造業から始まりさまざまな分野に広がっており、建設メタバースもそのひとつの流れと考えられる。BIM活用の取り組みによって構築された3次元モデルを建設メタバースにコンバートして、関係者がアバターとして仮想空間にログインし、建設実務に活かす試みである。そこには一般のメタバースとは大きく異なる側面があり、フィジカル（現実）にはないコミュニケーションや合意形成の手法として積極的に検証を進めている。

### 2. 建設メタバースの目的

商用でのメタバースの活用目的は、コミュニケー

ションの形成や物品の売買、販売促進・広報活動などである。人々は自らをアバターに置き換え、メタバース空間の中をフィジカルの延長として自由に楽しむ。メタバースはそのための舞台として大きな役割を果たす。メタバース内のコミュニケーションの場面や会議においては、参加者がその場にいるような感覚で自由な討論ができる。発表者と視聴者という一方向にとられない双方向のコミュニケーションが可能である。たくさんの人々が集まる商用空間では、人々の動線や空間デザインが求められ、音楽イベントなどのエンターテインメントの場面では、音響性能やアバター同士の交流のしやすさなどが必要になる。

一方、建設メタバースでは、アップロードされる3次元モデルそのものを対象にする（図-1）。背景となる空間は体育館のような屋内空間でも良いが、少しでも通信量を減らし、スムーズな動作を実現するため、対象物以外は何もない屋外空間とすることが望ましい。将来、都市クラスの3次元モデルが自由にアッ

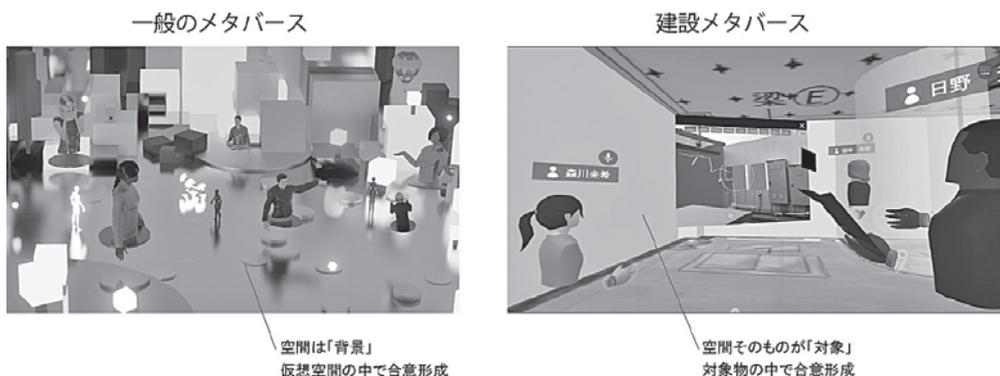


図-1 一般のメタバースと建設メタバースの違い

プロードできて、グリッドコンピューティング等の技術が進めば負担なく閲覧できるようになるかもしれないが、現在の環境では閲覧性を優先すべきである。

建設メタバースには、関係者がアバターとしてログインし、対象物である設計・施工の3次元モデルについて1人称視点で意見を交わす。BIMモデルやVR・AR・MRなどのデバイスと異なるのは、それぞれの視点で自由なタイミングでオブジェクトを確認し、共有の話題をそれぞれの視点で意見交換できる点にある(表-1)。また、テレビ会議と異なり、自由なタイミングで方向や視点変更が可能となり、突発的なアイデアが生まれたり、異なる職種の関係者が同時に閲覧することで新たな発見につながったりする可能性もある。BIMモデルの閲覧とは異なり、参加者はまだ建設されていない建設対象物を、アバターとして仮想体験できることになる(表-2)。

### 3. BIMモデルの閲覧性、操作性

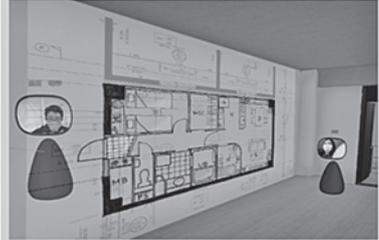
次に建設メタバースの閲覧性について検証したい。今では建設業の業務において、BIMモデルは関係者間の合意形成のために広く利用されている。BIMモデルを自在に使いこなせる人材であれば、ソフトウェアを操作して必要な箇所を見せることができるが、閲覧が中心の一般ユーザー自身がBIMソフトウェアを操作するのは少しハードルが高い。その操作が3次元であること、属性や時間軸、レイヤという各種の機能を使い分けてオペレーションする必要があることなどがその理由である。操作を簡略化したViewerアプリやクラウドをベースとしたCDE環境なども進んできているが、ソフトウェアによって操作性は大きく異なるなど課題も多い(表-3)。

メタバースにおいても同様な事情はあるが、VRデ

表-1 VR/AR/MRとメタバースの違い

	VR	AR	MR	メタバース
イメージ				
定義	仮想現実	拡張現実	複合現実	仮想交流空間
デバイス	VRヘッドセット	スマートデバイス	MRヘッドセット	PC VRヘッドセット スマートデバイス
活用例	エンターテインメント	家具配置シミュレーション	製品シミュレーション	販促・交流
建設業の用途	完成予想	完成予想	完成予想	複雑な合意形成

表-2 BIM/CIMモデルとメタバースの比較

	BIM/CIMモデル	メタバース
活用イメージ		
活用方法	方法を変えながらBIMモデルを見る	アバターとして3次元モデル内に入る
LOD	200~300	100程度
デバイス	PC・スマートデバイス	PC・スマートデバイス・VRヘッドセット
視点	3人称	1人称(アバター)
ツール	画面共有、ワークフロー	レーザーポインター
記録	マークアップ	定点カメラ

表一3 BIMソフトウェアとメタバースの操作性比較

デバイス	BIMソフト-A		BIMソフト-B		メタバース (NEUTRANS)		
	キーボード	マウス	キーボード	マウス	キーボード	マウス	コントローラ
前進・後進	W・S	—	—	ホイール	W・S	左クリック	スティックキー
拡大・縮小	↑↓	Ctrl+ホイール	Page Up Page Down	Ctrl+ホイール	W・S	—	—
上昇・下降	Q・E	—	—	ホイール+ドラッグ	Q・E	—	—
左右見回し	—	左クリック+ドラッグ	—	右クリック+ドラッグ	← → (定量回転)	右クリック+左右ドラッグ	スティックキー (定量回転)
見上げ・見下げ	—	右クリック+ドラッグ	—	右クリック+ドラッグ	—	右クリック+上下ドラッグ	—
並行移動 (パン)	A・D	左クリック+ドラッグ	—	ホイール+ドラッグ	A・D	—	—
オブジェクト 中心移動	←→	—	←↑→↓	右クリック+ドラッグ	—	—	—

バイスと専用コントローラを用いたシステムでは、ある程度直感的に仮想空間内を移動することができる。前述のように日常的に建設メタバースを利用する場合には、パソコンやスマートデバイスの利用の方が向いている。その場合はカスタマイズできるゲームコントローラの利用によって、できるだけ移動のための負担を減らすことも重要である (図一2)。発注者やエンドユーザーに体験していただくケースもあり、3次元モデルの中を歩き回るための最適なUI構築は重要な要素である。ICTやDX活用は意識することなく使えるものでありたい。



図一2 ゲームコントローラによる建設メタバースの操作

4. 建設業における合意形成の本質

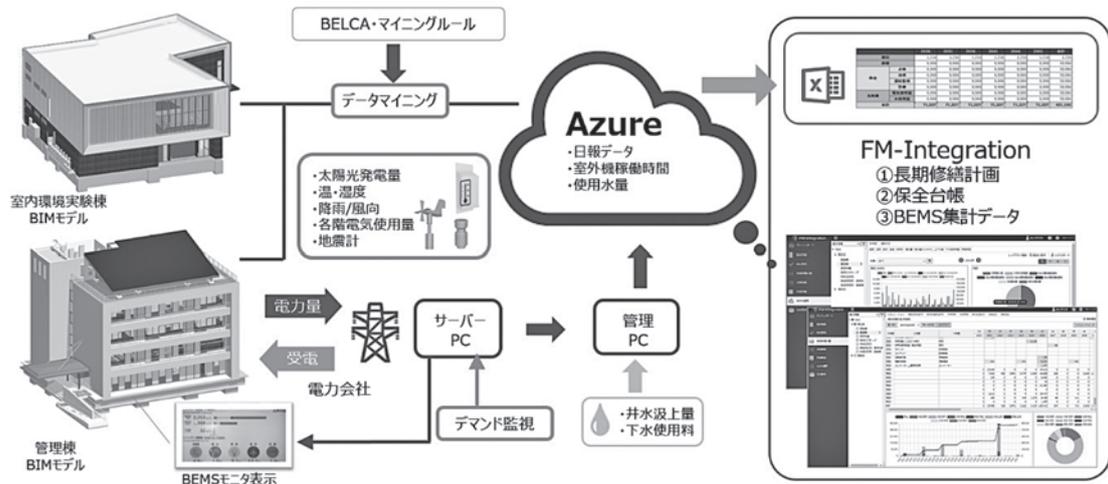
ストレスなく建設メタバース内を歩き回れる環境を整えば、対象物であるBIMモデルの在り方が問われる。BIMモデルはその構成要素・部位部材別にLOD (Level of Detail) という詳細度が定義されている。基本計画レベルの3次元モデルでは躯体などが1/100の平面図で表される程度の概略で表現されるが、維持管理BIMモデルでは建物の修繕・保全に必要な配管・

機器類や設備機器属性を入力するなど、その目的によって詳細度が上がる。建設メタバースにはこのBIMモデルを特定の形式にコンバートしてアップロードすることになる。DMU (デジタルモックアップ) においては仕上材などのLODレベルを上げ、テクスチャ画像を入力するなどフィジカルに近いリアルなモデルを再現する。このモデルをメタバースに再現するときには、容量制限に抵触したり、通信速度に依存するなど制約も多い。将来、通信環境等が向上した際は、LODの高いBIMモデルがストレスなくアップロードできることが期待される。改修工事の打ち合わせが目的の建設メタバースでは、あえて詳細度の低いモデルで討論をおこない、技術者の知見をもとに先入観を持たず打ち合わせを行うべき場合もある。このあたりは手書きスケッチを取り囲むフィジカルの建設関係者打ち合わせに通じるものがある。このように、これまでBIMモデルを囲んで机上で打ち合わせてきたシーンは、そのまま建設メタバース空間に置き換わることになる (図一3)。

当社は、国土交通省『令和3年度BIMを用いた建築生産・維持管理プロセス円滑化モデル事業 (先導事業者型)』に参画し、技術同研究所のBIMモデルを基に、維持管理業務の効率化等の検証に取り組んでいる



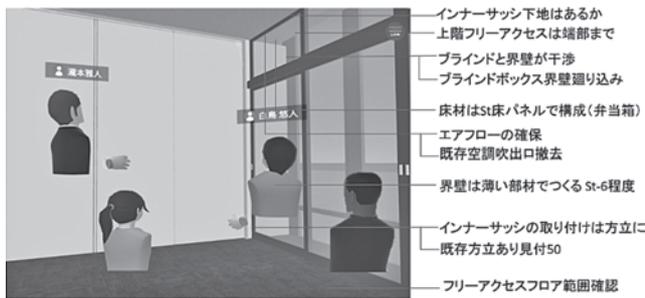
図一3 机上打ち合わせから建設メタバースへ



図一4 国土交通省 BIM モデル事業「技術研究施設における BIM モデルを用いた維持管理業務効率化等の検証」

(図一4)。

このとき用いた BIM モデルは、実際に建設メタバース空間にアップロードされ、関係者間のミーティングに使用されている。当施設は各種室内環境実験を行うことを主目的として建設されており、そのための増改築工事が年度毎に予定される施設である。関係者が実際に建設メタバース内に集まり、改修計画に際して実験予定の内容と照らし合わせ、アルミサッシ等の増設工事について建設メタバース内で協議する場面を図一5に示す。

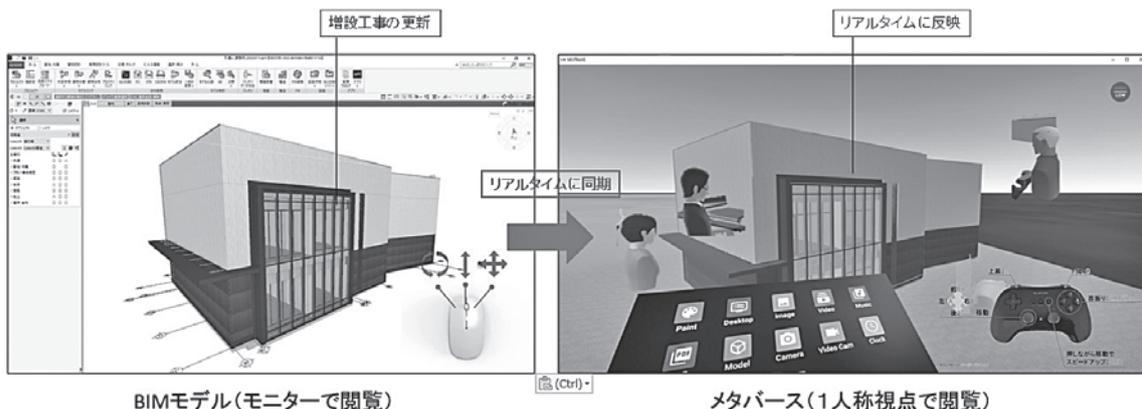


図一5 室内環境実験棟における改修工事メタバース打ち合わせ場面

### 5. デジタルツイン

建設メタバースはデジタルツインの一種であり、フィジカルの施工現場そのものをバーチャル空間に再現し、施工計画や安全管理に生かす取り組みが様々な角度から進められている。現在、土木工事における土砂運搬状況を情報としてリアルタイムに収集し、記録や施工計画に生かす試みはすでに行われている。この情報をさらに建設メタバースにリンクすることができれば、究極のデジタルツインとなり関係者はアバターとしてその様子を視認できる。安全面で課題のある場所を発見するためバーチャル空間を巡視して指示を出したり、フィジカルの建築物のセンサー情報を建設メタバースに同期し、維持管理メタバースとして機能させることも考えられる。

常に更新され続けるメタバースデジタルツインが実現されると、検討が進んでいるモデルの状況を関係者が常に閲覧でき、進捗を目で見て確認したり、意見を発信したりできるようになる。BIM モデルでもクラウドやビューアーを用いて閲覧が可能であるが、手軽



図一6 デジタルツイン建設メタバース概念図

さが大きく異なりインターネットを見るような感覚で最新の情報をすぐに確認できるようになる。インターネットと異なる点は3次元であること、1人称で好みの視点で見られること、時間軸を加えればタイムシフトにより4次元デジタルツインメタバースも可能である。現在までの検討の経緯や過去の検討案までを確認し、未来にシフトすると完成形も見られる（図一6）。

### 6. 建設メタバースの未来

以上のことを考えると建設業メタバースに求められる性能が見えてくる。現在のメタバースは商用目的が先行していることもあり、必ずしも建設業に適しているとはいえない。建設メタバースの本質を考え業務内容やワークフローの見直しを併せて考えるとその将来像がみえてくる。

建設技術の伝承という場面でも建設メタバースは効果を発揮する。図一7は、建築納まりを表現したBIMモデルを教育のために建設メタバースにアップロードして、解説を加え合意形成しているところである。施工した現場にしか存在しない各種のディテールや見えない部分などを先輩技術者と共有して語り合う



図一7 デティールモデルを基にしたメタバース教育

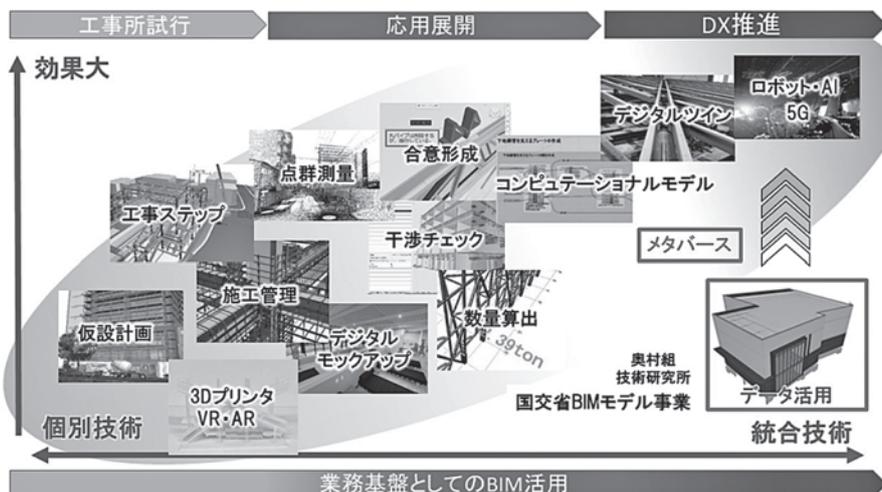
ことは新しい体験である。

ただし、現在のメタバースに不便を感じる場面も多い。建設業における合意形成が特有のものであるため、必要事項を明確にして業界標準をつくるなどの取り組みにより将来の業務改革につなげられると予想する。

表一4に建設業メタバースの要求性能をまとめてみた。アップロード形式の複数対応やLODの選択ができること、属性管理機能を持ち表示・非表示や4Dシミュレーションが行えることに加え、メタバース内での材質、部材の変更機能などが必須である。また重要となるのはメタバース内を見ながら歩き回ることにストレスを感じないこと。対象物を中心に自身が回転移動することなど、建設業特有の要望事項もある。異なるメタバースサービスにおいても操作性が共通化で

表一4 建設メタバースの要求性能

	項目	内容
BIM親和性	アップロードファイル形式	FBX、SKP、IFCなどBIMソフトウェア汎用形式
	LOD (BIMモデル詳細度)	LOD100、LOD200、LOD300などの選択肢がある
	属性情報	IFCに定義される属性情報の表示機能
	レイヤ機能	BIMモデルのレイヤの再現や複数モデルの表示・非表示の制御
操作性	モデル更新	常に最新のBIMモデルを更新し、確認できる
	キーボード	WASDキーなど標準の操作性
	マウス	対象物を中心とした回転移動機能
閲覧性	コントローラ	誰もが使いやすい操作性の標準化
	オブジェクト	属性変更機能 (色、テクスチャ、大きさ変更など)
	タイムシフト	オブジェクトに時間軸の情報を与える4Dシミュレーション機能
	記録、閲覧	キャプチャ撮影、参加者との情報共有、合意形成につながる機能
	断面クリップ	BIMモデルの中で該当箇所を切断できる機能
	マークアップ	その場でコメントを書き込んだり、マーキングできる機能
	ジャンプ	指定ポイントへのジャンプやポイント登録、集合
	対象指示	レーザーポインター、差し棒、赤チェック、雲マーク
	スケール	縮尺変更機能
	計測	BIMモデル上で距離を計測できる
デバイス	PC	ブラウザ閲覧、専用Viewer
	スマートデバイス	PCやVRデバイスがなくてもブラウザ閲覧できる
	VRデバイス	Meta Questほか主要なデバイスへの対応



図一8 業務基盤としてのBIM活用と建設メタバースの位置づけ

きることが望ましい。

## 7. おわりに

BIM 活用は建設業務の基盤として位置づけられ、その全ての段階において活用されるべきものである。目的に応じた個別の要素技術が習熟し、DX 活用として進化する先には建設メタバースが存在する（図—8）。

ここで必要になるのは建設業従事者の意識改革である。CAD が BIM に進化し、インターネットはメタバースにバージョンアップされる。デバイスや ICT の進

化に着目し常に最新の情報に注目する必要がある。

サイバー空間がフィジカルに近づく未来はすぐそこであり、その世界を待ち望むと同時に乗り遅れないように準備をしておきたい。

J|C|MA

### 【筆者紹介】

脇田 明幸（わきた あきひで）  
（株）奥村組  
ICT 統括センターイノベーション部  
BIM 推進室長

