

# 仮想世界「メタバース」を用いた川づくりの合意形成

猪井 知明<sup>1</sup>・房前 和朋<sup>2</sup>・佐藤 隆洋<sup>3</sup>・中村 圭吾<sup>4</sup>

<sup>1</sup>九州地方整備局 インフラDX推進室 係長（〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-10-7）

<sup>2</sup>九州地方整備局 インフラDX推進室 建設専門官（〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-10-7）

<sup>3</sup>日本工営株式会社 事業戦略本部 DX推進部 部長

<sup>4</sup>リバーフロント研究所 主席研究員

九州地方整備局では、2018年からインフラ分野におけるゲームエンジンを用いたメタバース・デジタルツインの社会実装に向けた技術開発に取り組んできた。2021年7月には、「河川CIM標準化検討小委員会成果報告書」においてゲームエンジンによる川づくりを河川CIMの標準化案の一部として提案。2021年12月16日には、山国川の未来の姿をメタバースとして構築し、我が国で初めて社会実装（住民との合意形成）した。

その結果を取りまとめ、インフラ分野のメタバース活用のマニュアル、解説動画、プログラム等を公表、国土交通省や学会等が主催する講演会にて普及促進に取り組んでいる。

キーワード：メタバース、デジタルツイン、BIM/CIM、ゲームエンジン、Unreal Engine

## 1. はじめに

メタバースとはニール・スティーヴンスンのSF小説で用いられた「Meta（超越）」と「Universe（宇宙）」を組み合わせた造語である。統一的な定義はないが、ここではメタバースを「ゲームエンジン等を用いてオンライン上に構築された仮想世界に自分の分身であるアバターで参加し様々な活動を行う」ものである。

Epic Gamesのフォートナイトは、公式Twitterで2020年5月に登録プレイヤー数が3億5000万人を超えたと発表する等、現時点でも大規模なメタバースが運用されている。さらに、2022年1月にはMicrosoftが公式ホームページ等で米ゲーム大手アクティビジョン・ブリザードを687億ドルで買収する意向を発表するなど、多くの企業がメタバース分野に注力、急速に利活用が進んでいる。このメタバースを支える技術群は、ゲーム業界以外にも製造業や映像作成等の多くの分野で活用されている。

土木分野では測量技術が発達しており、LP（Laser Profiler）、MMS（mobile mapping system）等で計測された国土の正確なデジタルデータが大量に蓄積されている。

現実世界のデータをもとに作成されたメタバースはデジタルツインとも呼ばれ、ビジュアライゼーション、シミュレーションなど様々な用途に用いることができるた

め一品受注生産と呼ばれる建設業などのインフラ分野では特に重要である。

土木分野で蓄積されたデジタルデータは、メタバースで用いられる「ゲームエンジン技術」で扱うことが可能である。一方で、土木分野ではそもそもゲームエンジン技術を活用するという発想が乏しく、今までその技術を組み込んだワークフローが検討されていなかったため、活用されることが少なかった。

## 2. 九州地方整備局の取り組み

九州地方整備局では、2018年6月に九州技術事務所にVR研究室を設置し、インフラ分野におけるゲームエンジンを用いた技術開発を開始した。

2019年6月には国立研究開発法人土木研究所とデジタル技術の開発に関する協定を締結した。

2021年には土木分野のデジタルデータをゲームエンジンで取り扱うことを可能にする技術を開発し、同年7月には「河川CIM標準化検討小委員会成果報告書」で、河川CIMのワークフローを繋ぐ手法の一つとしてゲームエンジンを活用することが提案された。

2021年12月16日には山国川かわまちづくり（福岡県吉

富町)において、ゲームエンジンを用いて整備後の姿をサイバー空間上に構築し、住民との合意形成を実施した。

2022年2月には、本技術の活用マニュアル、学習用動画、データ変換プログラム、九州の河川における植物重要種の3Dモデルデータなどを作成しインターネットで公開するとともに、整備局や学会等が主催する講演等で普及促進の取り組みを行っている。

本技術で用いるゲームエンジンのソフトウェアは無料であり、蓄積された国土のデジタルデータが容易に利用可能となったことから、土木分野での急速なメタバース技術の活用や展開が期待される。

### 3. デジタル技術を用いた川づくりの課題

近年、BIM/CIM等のデジタル技術を用いることで、効率的かつ新たな利点を持った川づくり手法の開発が進められている。このような川づくりにおいて、以下の2つの課題がある。

#### (1) 完成イメージの共有手法

図面から完成イメージを正確に把握するには、高度な専門知識が必要となる。このため住民等に図面で完成イメージを説明しても正確に伝わらないことが予想される。

基本計画の段階での完成イメージの共有には、イメージパースやフォトモンタージュ、3DCG等が用いられることも多いが、限定された数枚の固定された視点からの映像では、得られる情報が少なく細部については完成イメージ等を類推する必要が生じる。専門知識の大小等によって類推するイメージに齟齬が生まれ、円滑な合意形成を阻害することも予想される。

#### (2) デジタルデータの不連続性

近年の河川整備事業では、3次元データの活用が進められている。例えば、測量の段階では、LP (Laser Profiler) やALB (Airborne LiDAR Bathymetry) といった手法によって、河道の3次元測量データが取得できるようにな

ってきた。設計の段階では、BIM/CIMの推進により、3次元設計が必須になりつつある。施工の段階ではICT活用工事の中で、施工用の3次元データが作成され、このデータを搭載したICT建機による施工が行われている。

一方で、先に述べたように、基本計画の段階ではパースやフォトモンタージュが用いられることが多い。このため合意形成段階において、デジタルデータからアナログデータ (パースやフォトモンタージュ) を作成する必要があり、意見等を反映した合意形成後は逆に、修正後のアナログデータからデジタルデータを作成することになる。このため、後工程への設計意図の伝達の点で、技術者の熟度や専門性により受け止め方が異なることが課題であり、さらに、データを引き継げないことによる効率性の低下やコスト高につながってしまう (図-1)。

### 4. メタバースの活用による課題の解決

前章で述べた課題は、ワークフローにアナログとデジタル作業が混在することによるデータ連携の観点と、完成イメージから想像する空間認識の齟齬によると考えている。そこで、データ連携と空間認識の観点に着目し、メタバース技術を用いて解決した。

#### (1) メタバースを用いた完成イメージの共有

LP等の測量データや工事の設計データを元にメタバースを作成することで、施工前に施工後の仮想世界を体験することで、極めて正確に完成イメージの共有が可能である。また、自由な位置、自由な角度から完成後のイメージを確認できる他、時間や天候、季節等も自由に設定可能である。

従来は作成した範囲外にはデータが無いため、遠景の景観を考慮できていなかったが、現在ではゲームエンジン用に公開されている地球全域の3Dデータを取り込むことで、作成した範囲外についても仮想世界を広げることができる。このため、遠方の山なみ等も簡単かつ正確に表現可能である。

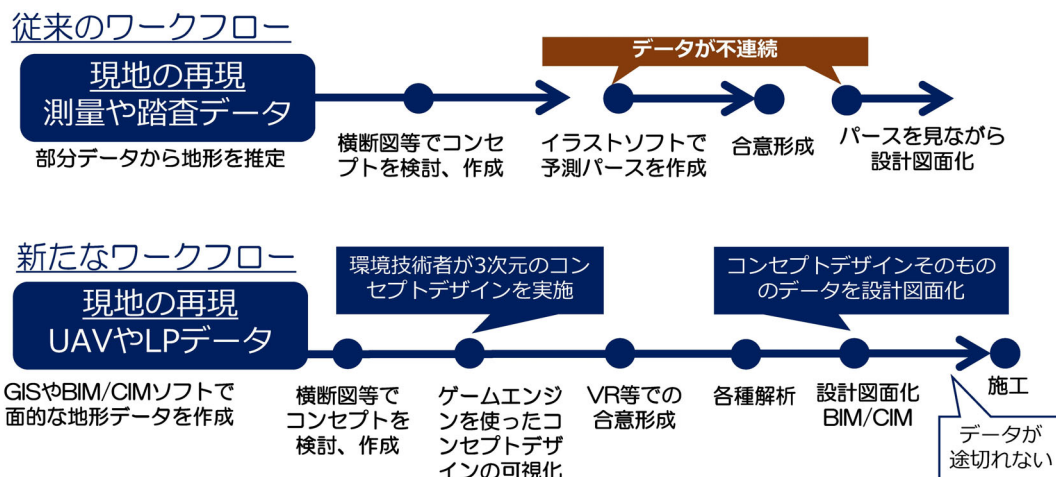


図-1 多自然川づくりの従来のワークフローおよび課題と新たなワークフロー



図-2 ゲームエンジンで作成した河川空間例

さらに、ゲームエンジンで用いるリアルタイムレンダリング技術では専用のハードウェアであるGPUを使用することで1秒間に30枚～60枚程度の高画質な3DCGを作成可能である。近年では光の工学的振る舞いをシミュレートしたray tracingを用いた描画も可能となり、きわめて高い品質の画をリアルタイムで描画する（図-2）。

このため質感等を含めたデザインの修正がリアルタイムで反映され、修正結果の確認に要する時間が大きく縮減される。これまでイメージ作成に要していた時間の一部を検討の試行回数を増やすことに使うこともできる。

その他、ゲームエンジンはVR（Virtual Reality）化することも容易なため、実際の空間が完成する前に、人間の目線で空間の使い勝手や危険箇所の確認をすること、遠隔地のユーザーと仮想空間を介して完成イメージを共有することが可能である。

## (2) デジタルデータの連続性の確保

デジタルデータの連続性を確保するため、メタバース技術を用いたワークフローを図-1に示す。測量・計画・設計・施工の全工程を、すべて連続したデジタルデータで行うことが可能となり、効率性が向上した。

これまでパースやフォトモンタージュ等が用いられていた計画段階にはゲームエンジンを活用している。ゲームエンジンとしては、Epic GamesのUnreal Engineを使用した。Unreal Engineを選定したのは、映像品質が他のゲームエンジンと比較して優れており建築・製造業向けテンプレートが配布されているためである。

河川CIM標準化検討小委員会においてゲームエンジンの活用が検討され、前段階の測量や後段階の設計とデータの連続性確保が可能となった。このワークフローを実践するため、測量、計画、設計、施工の各段階におけるデータのフォーマットについて整理をした。整理結果を図-3に示す。

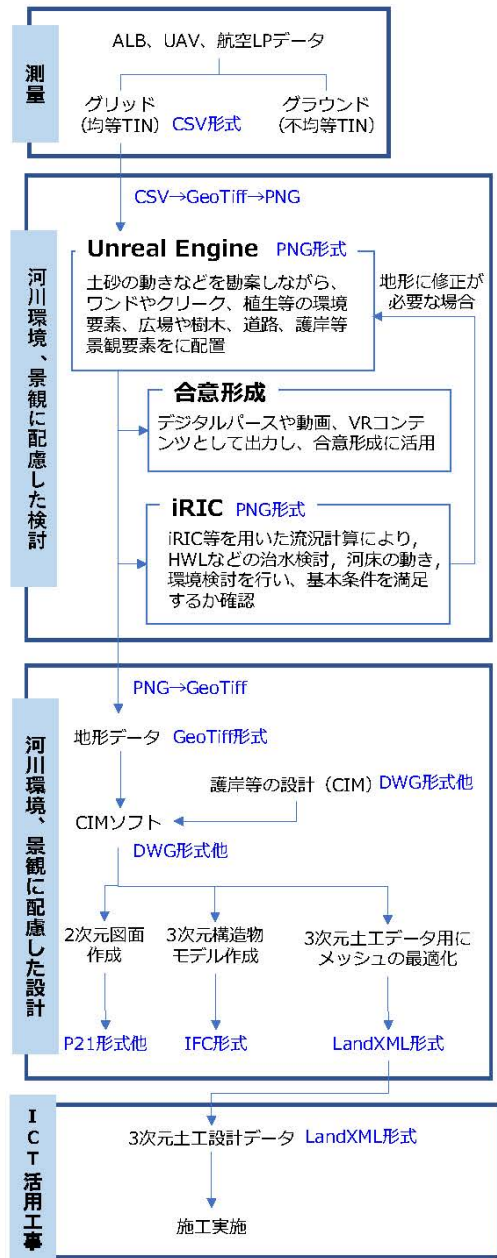


図-3 ワークフローのデータフォーマット整理

ワークフローの開始点の測量段階では、LPデータやALBデータ等の3次元点群データが整備されている。一般にこれらはCSV形式等で納品される。次の基本計画の段階では、測量段階のデータをゲームエンジンに読み込ませ、ゲームエンジン中に現況地形を再現する。ゲームエンジン中の地形データは、マウス操作等によって簡単に切土や盛土といった地形の編集が可能である。この機能を用いて河川空間のコンセプト検討を行い、検討した空間で合意形成を実施する。

しかし、上記のようにゲームエンジン中で地形を編集するためには、PNG形式のデータから地形を再現する必要がある。よって、測量段階のCSV形式等のデータをGeoTiff形式を介してPNG形式に変換し、これをゲームエンジンに読み込ませて現況地形を再現する。コンセプト検討、合意形成を終えた後の設計段階では、再びデータをGeoTiff形式に変換して、BIM/CIMソフトへと受け渡し、設計図化を行う。BIM/CIMにおいては、土工データはLandXML形式で納品されることになる。このデータは施工段階のICT活用工事で活用されることになる。

## 5. 土木分野におけるメタバースの社会実装

土木分野におけるメタバースの社会実装を、2021年12月16日に山国川かわまちづくり（福岡県吉富町）における住民との合意形成にて実施した。

説明会には住民約60名が参加した。かわまちづくりの設計を基にゲームエンジンを用いてサイバー空間上に整備後の世界を構築し、大型モニターにて体験した。また7名にはHMD（ヘッドマウントディスプレイ）を用い、VRで仮想世界に入り整備内容の詳細について体験した。住民等からの主な意見を以下に示す

- ・インフラ整備前に「整備後」を体験できる点が画期的。
- ・詳細まで整備内容を確認できる。
- ・HMDを使用することで立体視が可能となり規模（サイズ）を把握しやすい。
- ・ドッグラン箇所の夏の日影が再現でき、利用時の快適さを確認できた。（図-4）
- ・子供たちが利用する親水水路の水深や飛び石の間隔、段差など、安全に関する内容の確認が容易。
- ・樹木の配置や護岸の形状をその場で変更できるため、比較検討が容易。



図-4 ドッグランの日影の確認映像

## 6. 土木分野におけるメタバースの課題

メタバースはゲームエンジンを用いることで比較的容易かつ低コストで作成可能であるが、実際の測量結果にもとづいたデジタルツイン（現実を正確に再現した仮想世界）については、高度で複雑な作業が生じる。このため九州地方整備局では2022年2月1日に「ゲームエンジンを用いたインフラ整備の設計手法のマニュアル（案）」としてとりまとめ、14の解説動画、作業を簡略化するプログラムやデータファイルを合わせて公開した。今後も本技術の普及促進のため情報提供や講演会などを積極的に行う必要がある。

またゲームエンジンに標準で使用できる植物モデルは外国のものが多い。このため九州管内の河川周辺に生息する重要種50種類の3Dモデルを作成した。今後も植生や護岸、特徴的な地形などのデータを作成、公開する必要がある。（図-5）

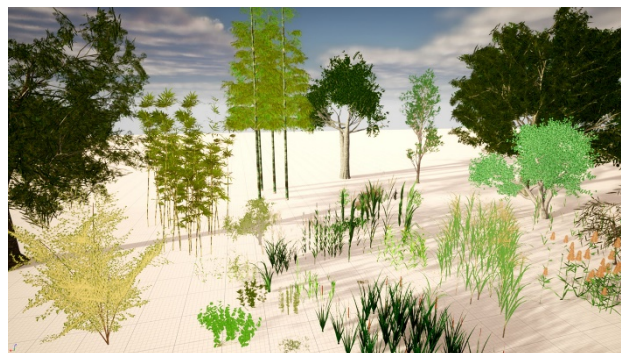


図-5 作成した重要種の3Dモデル

## 7. まとめ

土木分野においてメタバース技術を活用することで、インフラ整備の計画・設計段階で完成後の状態を疑似体験することが可能となった。住民との合意形成等での活用効果が高く、より優れた社会資本整備を推進することが期待できる。

また、測量・計画・設計・施工を一貫してデジタルデータで行うことにより、事業の円滑な実施や効率性の向上が期待される。

今後は本技術の普及促進を行うとともに、各種のシミュレーション結果やAIと組み合わせることで、さらなる活用手法の開発を行う。