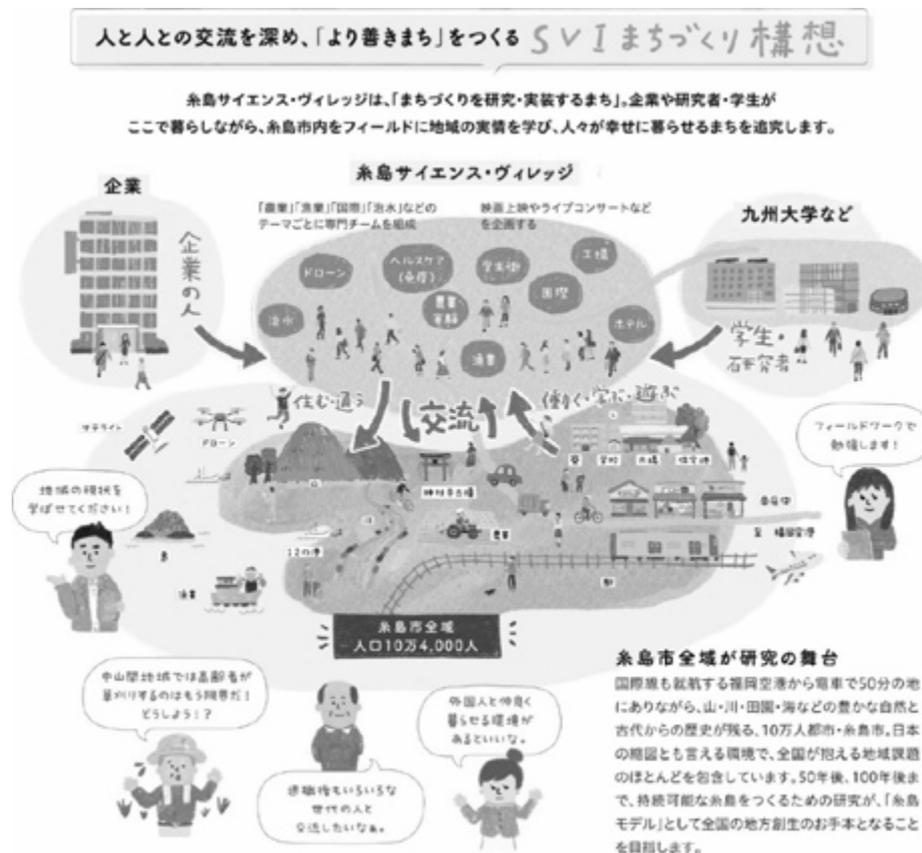


寄稿

「メタバースとデジタルツインの構想と課題」

慶應義塾大学 AIC 特任教授・慶應義塾大学名誉教授 奥出 直人

2023年11月、筆者たちが構想した糸島サイエンス・ヴィレッジが糸島市により正式の計画として受理され、本格的な開発を本年度から開始することになった。(『広報いとしま』2024年1月号、<https://www.sciencevillage.jp>) 筆者はこの構想においてメタバースとデジタルツインの設計に深く関わった。その経験を元に、今後メタバースとデジタルツインが都市基盤としてどのように展開していくのかを概説してみたい。



1 メタバースとは

メタバース (Metaverse) という用語は3次元仮想環境を指す言葉として使われている。現実と模倣されたオブジェクトから構成されるハイブリッド世界を特徴とする。メタバースは物理的空間をサイバースペースに取り込み、そこで人々は交流することができる。人々はアバターを使って交流し、オブジェクトを構築し、取引を行うことができる。現実世界で行われる取引は、仮想世界にも存在する。

メタバースシステムとは、高度な仮想現実 (VR) 及び拡張現実 (AR) デバイスを使

用して、空想と現実を仮想環境に統合した没入型3次元(3D)仮想世界のことである。生成AIの進歩は、多くの領域で技術の進歩をもたらした。医療、教育、スマートシティ・サービスは今後生成AIの能力でメタバースのなかで豊かになっていく。もちろんこうした技術環境はまだ開発途上であるが、具体的な詳細な計画をたてることは出来る段階にきている。

## 2 デジタルツインとは

メタバース・サービスを実現するためにデジタル・ツイン(Digital Twin)を構想した。デジタルツインとは、現実世界の物理的なオブジェクトやプロセスをデジタルのミラーイメージとしてモデリングしたものを示す概念である。デジタルツインは、センサーデータ、リアルタイム情報、履歴データなどを使用して、物理的なオブジェクトやプロセスの状態や挙動がリアルタイムで反映する継続的なエンド・ツー・エンドのメタバース・サービスを維持するフレームワークである。デジタルツインは、以下のことが出来る。

- メタバース体験を提供：デバイスの品質と効率的なリソース管理を維持しながら、強化されたメタバース体験を提供することが出来る。
- 監視と予測：デジタルツインは、物理的なオブジェクトやプロセスのリアルタイムの状態をモデリングし、問題や異常を検出するために使用できる。また、将来の挙動を予測し、問題を予防するのにも役立つ。
- シミュレーションと設計：デジタルツインは、新しい製品やシステムの設計段階で使用され、シミュレーションやテストに役立つ。
- メンテナンスと効率化：デジタルツインは、設備や機械のメンテナンスを効率的に行うのに役立つ。デジタルツインは、機器の健康状態をリアルタイムでモニタリングし、必要に応じてメンテナンススケジュールを最適化するために活用できる。

メタバースは、現実世界の物体やプロセスに対応するデジタルツインを持つことで物理的なオブジェクトやプロセスの状態をリアルタイムでモニタリングし、仮想空間内での相互作用や体験を向上させることができる。デジタルツインをメタバース内に統合することで、設計プロセスを向上させ、リアルタイムでの反応やフィードバックを受け取ることができる。デジタルツインを活用して新しい製品や建築物の設計やシミュレーションを行うプラットフォームとしメタバースを使用することが出来る。

## 3 エンド・ツー・エンド (End-to-End)

メタバースとデジタルツインはエンド・ツー・エンド (End-to-End) でつながっている。エンド・ツー・エンドは、コンピュータネットワークにおいて情報やデータが送信元から受信先まで、ネットワーク内の各コンポーネントや中間ノードを信頼せずに直接通信する原則やアーキテクチャのことを指す。この原則は、ネットワーク通信の信頼性、セキュリティ、効率性を確保するために重要である。

エンド・ツー・エンド原則は、インターネットの設計原則の一部であり、信頼性の高い通信やセキュリティの確保に貢献する。

## 4 データのクローン化

オブジェクトを物理世界から仮想世界へ複製するには、オブジェクトを正確に類似させる。データをクローン化し、インテリジェントにデータ分析を実行する。ここでAIおよび生成AIを活用したソリューションが関与する。メタバースで行われるトランザクションやインタラクションは、XRデバイスを通じて行動が把握され、現実世界と仮想世界の両方のオブジェクトの動きと特性は、高い精度を持って結合される。

## 5 ブロックチェーン

メタバースには、参加者間の大量のインタラクションとトランザクションが組み込まれている。信頼性と完全性の問題が最大の関心事である。そこで分散型のデジタル台帳技術が導入されなくてはならない。従来の中央集権型システムとは異なり、ネットワーク上の多くのコンピュータノードにデータのコピーが保存され、ネットワーク全体で合意を形成して新しい情報を追加または変更する方式である。以下に、分散型のデジタル台帳技術の特徴といくつかの重要な要素を説明する。

- 分散性：データは中央サーバーではなく、ネットワーク内の複数のノードに分散して格納される。この分散性により、システムは単一障害点を持たず、耐障害性が向上する。
- 透明性と不可逆性：ブロックチェーンのデジタル台帳は、過去のトランザクションが不可逆的に記録され、誰でも閲覧できるようになる。この透明性は信頼性を高め、不正行為を減少させる。
- 暗号化：ブロックチェーンは強力な暗号化技術を使用してデータのセキュリティを確保する。トランザクションや情報はプライバシー保護のために暗号化され、安全に保護される。
- コンセンサスメカニズム：データの変更や新しいデータの追加には、ネットワーク内のノード間で合意が必要である。これを達成するためにさまざまなコンセンサスアルゴリズムが使用され、不正行為を防ぐ。
- スマートコントラクト：スマートコントラクトは、ブロックチェーン上で実行可能なプログラムであり、特定の条件やルールに従って自動的にトランザクションを実行する。これにより、契約の自動化や実行の透明性が向上する。

分散型のデジタル台帳技術は、主に仮想通貨（例：ビットコイン）、供給チェーン管理、投票システム、不動産取引、金融サービス、ヘルスケア、エネルギー管理などの様々な分野で活用されており、中央集権型の制約を克服し、信頼性と透明性を提供する。集中型ソリューションは非効率的であり、現状では適応不可能である。現状ではメタバースで行われるトランザクションのほとんどは、暗号通貨の形で行われることが想定されている。したがって、トランザクション認証のための分散型ソリューションが必要である。

ブロックチェーンはメタバースに統合することで、非中央集権性、透明性、認証の信頼性を維持することができる。ブロックチェーンは、この仮想エコシステムにおいて、信頼と説明責任を可能にし、実施することが期待されている。ブロックチェーン

によって、取引の真正性ブロックチェーンを通じて取引の真正性が確保されるだけでなく参加者の完全性、プライバシー、評判も維持される。

## 6 実現までのステップ

ステップ1：さまざまなオブジェクト、オペレーション、サービスのデジタルツインを作成する。さまざまなタイプのデータを実世界から収集し、デジタルツインを構築するために使用できる有用なデータを抽出し、クリーニングする。その後、生成AIをつかったデジタルツインレイヤーのモデルがデータを処理・分析し、デジタルツインを構築・更新する。

ステップ2：データはブロックチェーンに追加される。参加者がメタバースへの参加リクエストを開始すると、他の参加者につながる。

ステップ3：ブロックチェーンから設計環境のデジタルツイン情報を抽出して3D構築に必要なタスクを実行する。そして、ブロックチェーンとデジタルツインレイヤーの間にデータ・トラッキング・ブリッジを作成し、デジタルツイン情報を転送し、メタバース環境をリアルタイムで更新する。

XRレイヤーは、専用トラッキング・ツール（ハンドヘルド・トラッカーやセンサー）をつかって参加者がメタバース内でインタラクションを行うことを可能にする。

## 7 結論と今後の課題

メタバースのコンセプトは、技術とともに進化している。メタバースが単なるアバターのエコシステム以上のものになることが想定される。単なるアバターとバーチャルな相互作用のためのエコシステム以上のものになり、メタバースはコンテンツ創造、仮想経済、社会的交流創造、仮想経済、社会的交流、サービス提供のためのサイバースペースとなる。(完)