

デジタルツインとの融合による産業・都市領域への応用



JICベンチャー・グロース・インベストメンツ株式会社 **こみや まさひと**
小宮 昌人

1. メタバースとデジタルツインの融合

近年、あらゆる産業領域で「メタバース」と「デジタルツイン」の融合によるメタ産業革命が進展している。メタバースとは、「アバターを介して相互交流することができる3次元仮想空間」を指す。メタバースの例としては、バーチャル空間上で複数人が自分のアバターを介して共同作業ができるようになる、メタ（旧フェイスブック）が提供している「Meta Horizon Workrooms」や、渋谷をメタバース化した取り組みである「バーチャル渋谷」などが挙げられる。



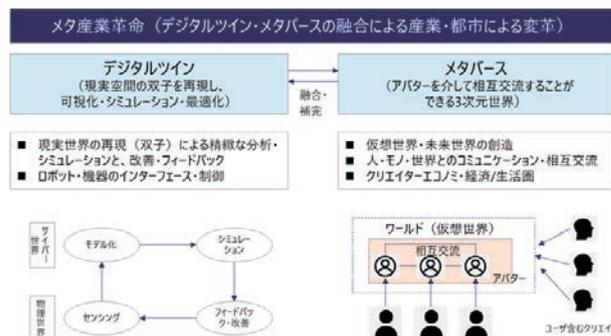
■ 図1. (左) MetaのHorizon works room (出典: Meta)、(右) バーチャル渋谷 (出典: KDDI・渋谷未来デザイン)

一方、デジタルツインとは、現実世界に存在する“物体”にそっくりな双子をデジタル空間上に再現し、可視化やシミュレーション、機器の制御などの最適化などに活用するための技術を指す。産業においては3D設計データや、IoTのセンシングデータに基づく、現実世界の双子にあたるデジタルツインの活用が進んできた。宇宙領域でのアポロ13号でもととなるコンセプトが活用され、ドイツが提唱している製造業のデジタル革命である「インダストリー 4.0」はCPS「Cyber Physical System」による産業革命と定義されている。これらが産業・都市の幅広い領域に広がってきており、図2が製造業や建設業、インフラ管理、農業、スマートシティ・都市におけるデジタルツイン活用の一例だ。



■ 図2. 産業・都市におけるデジタルツイン活用の例

これら可視化・シミュレーション・分析・最適化に重きを置くデジタルツインと、共創・コミュニケーションに重きを置くメタバースが融合・補完しあうことによって、産業・都市に大きな変革をもたらすことができるようになってきているのだ。デジタルツインとして現実世界を再現したものを、メタバース空間の要素として取り入れてコミュニケーションをすることや、メタバース空間で共創したものをデジタルツインとして現実空間の変化に活用するなど双方の垣根がなくなっている。



■ 図3. メタバースとデジタルツインの融合

2. メタバース・デジタルツイン融合による産業・都市の変化

メタバース・デジタルツインの融合による産業・都市の変化の方向性としては大きく3つの方向性が存在する。それぞれについて記載するとともに、事例を示したい。

- ①マクロ変化：都市・社会・工場全体などの全体をつなぐデジタルツイン
- ②ミクロ変化：人動作・気付き・暗黙知のデジタルツイン
- ③自動化のあり方の変化：遠隔操作とメタバース活用によるあらゆる領域への自動化拡大

3. 【変化①】マクロ変化：都市・社会・工場全体などの全体をつなぐデジタルツイン

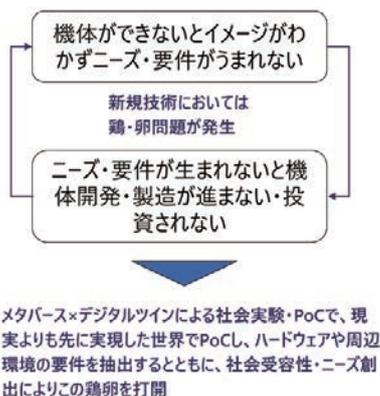
まずマクロ方向での変化であるが、個別の製品やラインなどの部分最適を担ってきたデジタルツインがメタバースの概念やアプローチを取り入れることにより、範囲が広がってきている。例えば、都市や社会・工場全体などだ。図4は



■図4. Dream Onと三菱電機との空飛ぶクルマVRコンテンツの開発
(出所: Dream On)

有志団体Dream Onが提供している都市のメタバース空間上で空飛ぶクルマのデジタルPoCを行っている様子だ。

空飛ぶクルマや、自動運転車、ロボットなどの先端技術の導入検討にあたっては、空飛ぶクルマをはじめとした先端技術では、機体等の目に見える技術が具現化されるにつれて、人々の理解や周辺ビジネスの具体化など社会受容性が向上する。しかしながら同時に、社会受容性が向上しなければ、ニーズや量産規模が見えない、もしくは技術的な要件が定まらないことなどにより開発がドライブされにくいという、「卵が先か、鶏が先か」の関係にある。これがメタバース空間であれば、コスト課題をはじめとした技術の具現化を待たずして、先端技術が実装された社会を示すことができる。先んじて実装された社会を構築して、具体的にシミュレーションや、デジタル上でのPoCを実施するのだ。そのことにより、人々のイメージの具体化・社会受容性の向上とともに、周辺ビジネス・サービスの検討につなげる。そのデジタル上でのPoCの結果が機器・技術開発企業にもフィードバックされ、社会実装に向けた好循環が生まれるのだ。



■図5. デジタルPoC (社会実験) による鶏卵問題の打開
(出所: 筆者作成)

図4での都市空間メタバースでの空飛ぶクルマのデジタルPoCにおいては、都市空間3Dデータや、気象データを活用して、実環境を再現してシミュレーション・体験ができる形を目指している。現在ルートとしては、東京駅を中心とした都市型のルートと、島しょ部をモデルとした地方型ルートを整備。先端技術で街づくりを推進したい行政・自治体や機体部品開発メーカー、空飛ぶクルマのサービス展開を検討したいサービス事業者等との連携が進む。今後、自治体等と連携した、空飛ぶクルマの実現に向けた街づくりや、省庁との規制・標準化などのルールメイキングにも生かしていきたい考えだ。図4に示す取組みにおいてDream Onは三菱電機との連携を行っている。三菱電機は空飛ぶクルマに関する技術実装をメタバース空間上で試すことにより、自社としての空飛ぶクルマ向け部品の要件の具体化を図る。設置箇所や求められる機能・サイズなど、技術要件を定義するためにも、まずは仮想空間で主観に近いユーザー体験を作り上げ、そこから技術要件をより具体化していくのだ。

メタバースの技術やアプローチを取り入れていく中で、こうした社会や都市のデジタルツインの生成が格段に行いやすくなっている。図6は、国土交通省の九州地方整備局でのゲームエンジンUnreal Engineとメタバースを活用して河川開発を行った事例だ。九州地方整備局は、国土交通省の地方支分部局で沖縄を除く九州7県を管轄している。同局は、河川空間とまち空間の融合が図られた良好な水辺空間の形成を目的とした山国川の「かわまちづくり」において、ゲームエンジン（後述のUnreal Engine）やメタバースを活用した住民との合意形成を行っている。川づくりのインフラ整備においては、住民に利活用されることで価値が生まれる。今回、ゲームエンジンを用いて川づくり後の3D世界を構築した。説明会等で住民にヘッドセットを用いて整備後の3D世界に入ってもらい、議論や合意形成、フィードバック



■図6. 九州地方整備局によるゲームエンジンを通じた河川開発の合意形成 (出所: 国土交通省 九州地方整備局)

クを基にした設計のブラッシュアップを行ったのだ。従来は模型やイメージパースを制作し住民へ説明・合意形成を行っていたが、コスト・リードタイムがかかるとともに、イメージを十分に伝えるには限界があった。ゲームエンジンやメタバースを活用することで、設計にかかる工期・コストの削減を実現するとともに、手すりの高さ・階段の段差・川の飛び石の間隔・水深なども含めて住民がイメージをすることができ、スムーズな合意形成につながっている。

4. 【変化②】 ミクロ変化：人動作・気付き・暗黙知のデジタルツイン

続いて、ミクロ方向での変化として、人の気付きや判断・暗黙知のデジタルツイン化について触れたい。従来設備・機器動作や繰り返し動作については標準化がしやすくデジタルツイン化が比較的しやすいが、人の判断や気付きについてはデジタル化が難しく暗黙知化しがちであった。これらがメタバース空間で熟練者の判断・気付き・ノウハウを追体験することによりトレーニングに生かす取組みが進みつつある。

例えばその一例がサービス業のおもてなしだ。日本の飲食店や小売・介護などサービス業は、現場従業員の気付きやおもてなしが強みと言われている。しかし、これらは属人的なものであり、現場の実践の中で背中を見て覚える必要があった。標準化・形式化、さらには外部提供する商材化が難しい領域なのだ。これらサービス業のおもてなしや、人の判断を3D空間でデジタル化することで、標準化・形式化化する動きが進みつつある。製造業や建設業等、設備やモノの動きも重要な産業と比較して、サービス業においては「人」が最重要となる。サービス業として自前でのIT投資や研究開発に限界がある中で、政府の研究機関として重要な役割を果たしているのが産業技術総合研究所（産総研）だ。ここでは、産総研がロイヤルホスト・がんこフードサービスで取り組んでいるサービス業の人の気付き・判断・おもてなしのデジタルツイン・3D化について紹介したい。これら3D化してトレーニングを行うことで、従来とれなかった人の動きや気付きに関するデータを蓄積できるようになり、シミュレーションや改善のサイクルを回すことを目指している。ロイヤルホストの事例では、いままで暗黙知として標準化が難しかった「おもてなし」をデジタル化し、移管を可能としていることがポイントとなる。現状の研究段階では、熟練の従業員から非熟練の従業員へノウハウを継承することを目的としているが、今後サービス業におけるCPS

としては、他社への提供を通じた新たな収益源の確保にもつながってくる。例えば、今後日本のサービス業として、強みのオペレーション・現場従業員の気付き等をCPSを通じてデジタル化して、外販ソリューションとして展開していくことも想定されるのだ。

研究に協力したロイヤルホストは、1971年に1号店がオープンした大手ファミリーレストランである。経済産業省所管の研究機関である産総研と共同で、熟練の従業員の動きや気付きを3D空間上でデジタルツインとして再現し、トレーニングを行う取組みを銀座インズ店で行っている。実在の店舗を3D化し、複数の顧客への対応をシミュレーション・トレーニングすることができる仕組みだ。

飲食店においては、複数の顧客を同時並行で気を配る必要があり、食事が減り下げるべき皿がないかや、水が減っており注ぐことを求めているか、注文待ちでお待ちさせていないかなどを注意する必要がある。これらを同時並行で見て、優先順位をつけて、接客行動の判断をしなければならない。これらは従来は標準化することが難しく、実際にサービスに立ち、顧客とのやりとりや失敗経験、もしくは熟練の従業員の姿を見て「背中では覚える」ことが必要であった。それらが3D環境で再現されていることで、複数顧客の食事や水の量の変化や、顧客の待ち時間によるイライラなどの感情の変化が再現されている。実現場に近い環境でシミュレーション・トレーニングをすることにより、熟練従業員の気付き・判断を標準化し、それを新規入店の従業員へ移管することができるのである。



■ 図7. 産総研とロイヤルホストによる3Dトレーニング
(出所：産業技術総合研究所)

また、プロセス産業ではプラントの異常時の対応が現場の熟練ノウハウであり、これらの標準化や技能伝承が求められている。この領域においても、実際に異常時を経験する機会は限定的であるため、デジタルツインのシミュレーションやメタバースとしての仮想体験が重要となる。同社は、バーチャル上のプラントで異常事態を仮想体験し、対応をシミュレーション・トレーニングする仕組みを提供することで顧客プラントの安心・安全を支えている。



■ 図8. プラント領域の異常時対応シミュレーション
(出典：シーメンス)

5. 【変化③】自動化のあり方の変化：遠隔操作とメタバース活用によるあらゆる領域への自動化拡大

3点目の変化として、自動化のあり方の変化に触れたい。遠隔操作ロボットとメタバースの組合せにより、自動化の対象が大きく広がりつつある。既存の自動化の考え方においては、マテリアルハンドリング業務や、品出し業務など「単純作業であるものの人の判断が必要な工程」については自動化が難しいとされてきた。荷姿などが異なり一様に自動化が難しいからだ。こうした工程は人手作業となり、物流・マテリアルハンドリングや、建設業務、サービス業などでは自動化比率が低いのが現状だ。

現在では人手工程と自動化工程とともに、第三の選択肢として「メタバース×遠隔操作ロボット」の選択肢が生まれてきている。ロボットの判断で動作ができる部分は自動化し、人の判断・介入が必要な部分にはロボットの見ている環境と分析結果で構成されるメタバース空間に入り遠隔操作で人がロボット操作し学習させるというものだ。例えば、東京大学発のスタートアップであるトレイグジシステムは、倉庫のマテリアルハンドリングや、ファミリーマートなど小売店の飲料品の品出し業務においてメタバースと遠隔操作ロボットを用いて自動化を図っている。原則は自動ロボットが当該業務を行うとともに、人の判断が必要なタイミングでは人が介入する。

具体的には、遠隔地に存在するオペレーターがVRヘッド



■ 図9. テレイグジシステムによるニチレイロジグループ倉庫での遠隔ロボット実証、ファミリーマートでの飲料品出し実証
(出典：トレイグジシステム)

セットを通じてロボットの見ている環境と分析結果で構成されるメタバース空間に入り、ロボットの遠隔操作を行う。ロボットが処理できない工程を人が介入して対応するとともに、その結果をロボットが学習することで、人の介入をできる限り減らしていくことができている。これら人の判断が一部必要であり、自動化ができていない工程、つまりメタバースと遠隔操作ロボットにより自動化が可能となり得る工程はあらゆる産業に存在している。メタバースと遠隔操作ロボットの組合せは、今までの自動化対象の範囲を大きく引き上げることにつながるのだ。また、1人が1台に張り付いている必要はなく、20~30台などの複数台や、工程・現場等を掛け持ちし、ロボットが判断に迷うタイミングのみ介入する形となるため、生産性が大きく向上することにもつながる。今後、日本の労働力・生産年齢人口が減少する中で、メタバース×遠隔操作の活用の進展が生産性において重要な鍵となり得るのだ。

6. メタバース×デジタルツイン時代における日本のビジネス

DX時代においては、日本の強みの現場オペレーションや、ロボット・機器等のエッジ技術が十分に生かせず、クラウドプレイヤーや、IT導入を積極的に進める企業に押される状況になっていた。しかし、産業CPS時代においては、いかに現場に基づくモデルを有することができるかが鍵になる。現場において優れたオペレーションやサービス、ノウハウ、制御技術などを持っているかが、CPSへフィードバックされ競争力となる。これら日本の現場・オペレーションでの強みを生かしてデジタルツイン・メタバースの分野で世界に先駆けた取組みも生まれ、スピード感があがってきている。今後メタ産業革命時代において、オペレーション・現場が強く、ゲーム・コンテンツ・IPに強みを持つ日本が競争力を持つことを期待したい。



■ 図10. メタバース×デジタルツイン時代における競争力
(出所：筆者作成)