

産業分野におけるメタバース活用 —「現場拡張メタバース」構想—



株式会社日立製作所
研究開発グループ
研究員

いのうえ ゆうき
井上 祐貴



株式会社日立製作所
研究開発グループ
研究員

さとう たくと
佐藤 拓杜



株式会社日立製作所
研究開発グループ
主任研究員

うつぎ けい
宇都木 契

1. はじめに

メタバースは、近年のVR（Virtual Reality：仮想現実）技術の進歩や高性能なスマートフォンの普及、更にはコロナ時代におけるいわゆる「おうち需要」やリモートワークにも後押しされ、様々なシーンで使われるようになった。一方で、「メタバース」という単語から連想するのはVRのゲームやリモートから参加できる音楽フェスのようなエンタメ業界における事例であることが多いと思う。

しかし、エンタメ業界の華やかなメタバース活用の裏側でインダストリアルメタバースと呼ばれるメタバース技術の産業応用が静かな盛り上がりを見せていることをご存じだろうか。

本稿においては日立製作所におけるインダストリアルメタバースの取組みの1つである「現場拡張メタバース」について紹介する。

2. 産業分野におけるDXの難しさ

日本では高度成長期からバブル期にかけて電力・通信・交通などの社会インフラの整備が進んだことから、現在これらのインフラ設備の経年劣化に伴う改修や維持管理が非常に重要となっている。しかし、生産年齢人口の減少により、改修・維持管理の人材不足が深刻化している。

社会インフラを少ない人数で維持するためには、効率化が必要である。その中でもデジタルテクノロジーを活用した効率化、いわゆるDX（デジタルトランスフォーメーション）には高い期待が寄せられている。

しかし、デジタル技術の適用が比較的容易なIT業界と異なり、社会インフラ分野では現場のデータをデジタル化する仕組みや、そのようなデータを活用するシステムの整備が不十分であることが多い。

その結果、現場の内外で情報の偏りが生じ、それが原因でコミュニケーションの齟齬や作業のやり直しなど効率化を妨げる問題が頻繁に発生してしまう。このように現場の情報を遠隔から把握することは非常に難しく、長年にわたる課題となっている。

3. 現場拡張メタバース

上記の課題を解決するべく、日立では現場の作業状態や環境情報等のデータを効率的に収集して利活用するためのプラットフォームとして「現場拡張メタバース」の研究開発を2022年から進めている*1。

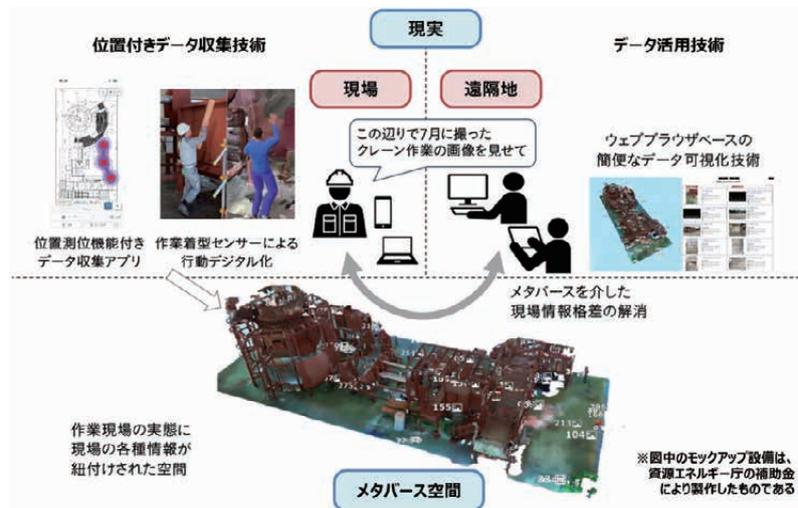
現場拡張メタバースは、図1のように①メタバース空間、②データ収集技術、③データ活用技術から構成される。

中央に描かれているのがこのシステムの核となるメタバース空間である。現場の3DスキャンデータやCADデータ（Computer-Aided Design：設計などのために作成する3Dモデル）により構成され、現場の外観を忠実に再現する。現場を仮想的に再現することにより現場に赴いたことのない人、また、建設現場のように外観が頻繁に変わるような現場においても外観に関する情報がクリアになる。

また、複数のユーザが同時にメタバース空間にログインするとお互いのアバタが表示されるため、こそあど言葉や指さしを使ったコミュニケーションが可能になる。産業分野では特定の場所や設備に関しての会話が多くなるため、会話の対象物を明確に示すことができるのは大きなメリットである。

しかし、メタバース空間だけでは外観の情報しか供給できないため、現場の状況を完全に理解することは難しい。そこで現場拡張メタバースでは、現場から吸い上げたデータをメタバース空間に紐付ける形で蓄積することにより情報

*1 日立評論「日立グループで進める産業分野向け現場拡張メタバース」



■ 図1. 現場拡張メタバースのコンセプト図。図中のモックアップ設備は、資源エネルギー庁の補助金により製作したものである

を補完する。現場から取得するデータは、実際にそのデータが収集された場所や対象の機器などが重要な意味を持つため、データを蓄積する際にはこのような空間的な情報を保持できる形で蓄積することが重要となる。例えば、ポンプがある場所に保守作業時に録音したそのポンプの稼働音データを登録することにより、ポンプの外観だけではなく稼働状況も把握することができる。

データ収集技術に関しては、現場作業員などが使用可能なデータ収集用のスマートフォンアプリを開発した。当該アプリには屋内測位技術を搭載しており、現場内での位置情報が追跡できるようになっている。これを用いることで、作業中に何か記録すべきことがあった場合にその場で写真を撮ったり、メモを作成したりし、それを位置に紐付けて保存することができる。

現場拡張メタバースを構成する最後の要素はデータの活用技術である。

本システムでは、収集されたデータに対し、画像解析、音声認識、文章要約などの技術を適用し、データの種類に応じたデータ検索などが行えるようにした。これにより、大量に蓄積されたデータの中から素早く所望のデータにアクセスすることが可能である。

このように、現場拡張メタバースでは、従来現実世界の特定の場所に限定されていた「現場」を仮想空間内に拡張することで、関係者間での現場データの共有を容易にして現場DXを進めることを目指している。次の章では、具体的な事例を2つ紹介する。

4. プラント施工管理における事例

4.1 施工現場における課題

プラントの施工では、設計者・現場監督者・現場作業員・経営幹部など多くの関係者の間で工事の進捗状況を共有し、必要に応じてトラブル対応や計画見直しについて議論する。その際、関係者が現地状況を正確に把握することが肝要であるが、地理的・時間的な理由から常に現場で現物を確認することは困難であるため、現場写真や報告文章に基づく議論となることが多い。しかし、そのような資料の理解にも一定の現場知識が必要となる場合もあり、現場業務から遠い関係者との間で理解度の差が生じた場合に円滑な合意形成が妨げられる課題がある。また、そういった事態を回避するための綿密な資料を都度用意することも考えられるものの、資料作成に膨大な工数がかかるという別の課題が生じる。そのため、遠隔から誰でも容易に現場状況を理解するための手段が求められており、そのソリューションとして現場拡張メタバースへの期待が高まっていた。

4.2 施工現場における現場拡張メタバース

日立製作所、日立GEニュークリア・エナジー株式会社、株式会社日立プラントコンストラクションの3社合同で、現場拡張メタバースを原子力プラントのモックアップ移設工事において2023年7月から約2か月間使用した。本工事では複数の現場と本社部署の間で状況の共有や合意形成をする必要があり、現場拡張メタバースの有効性を測る場として選ばれた。具体的な実施内容としては、①日々の現地3D点群計測、②独自開発したスマートフォンアプリでの作

業データ収集、③メタバースタ礼の3点である。図1に含まれているデータは、実際に本期間中に集めたものの一部である。

現場にて特に力を入れたのが③のメタバースタ礼である。従来1拠点の現場で閉じていた日々のタ礼をメタバース上で開催し、当日取得した現場3D点群と作業データの基で、遠隔地にいる関係者同士が最新状況に基づく合意形成を行った。これにより例えば、解体状況に合わせた翌日の運搬計画立案や、移設状況に応じたタイムリーな図面修正や部品手配など、遠隔の異なる部署間での合意形成を円滑に進めることができた。また、このような円滑な合意形成が認識齟齬による手戻りや他作業の完了待ちといった効率低下を未然に防ぎ、計画どおりの作業遂行に好影響を与える効果も観測した。2か月間を通じて、現場拡張メタバースを介した合意形成促進効果や、それによる業務効率向上への有効性を確認できた。

5. 鉄道車両保守における事例

5.1 鉄道現場における課題

鉄道車両の事故や故障などの緊急時対応などにおいては、メンテナンスを行う鉄道会社と車両設計製造メーカーなど異組織をまたがった迅速な情報連携が必要とされる。だが、従来の情報管理手法では技術情報やノウハウ情報が散逸しがちであり、状況説明の対象把握にも情報検索にも時間がかかりやすいという課題があった。

5.2 鉄道現場における現場拡張メタバース

東武鉄道株式会社の協力の下、同社のスペーシアX^{*2}を対象に現場拡張メタバースのプロトタイプ（車両メタバース）

を開発し、保守利用シーンでの活用検討を行った。

作業の進捗に応じて見た目の大きな変化が生まれる前述の施工現場の事例と違い、保守を対象とする事例では、個々の詳細部品とその情報管理に着目する必要がある。そのため設計時のCAD情報の活用が有効である。

本プロトタイプではCADデータから再現した車両のデジタルツインを構築し、開発時の設計変更の情報や運用時に発生した事例の情報を3D情報と併せて登録する。保守時に必要となりうる各種の情報を一元管理することで、組織間をまたがる直感的なコミュニケーションと情報取得を促進し、鉄道車両の安全な運用を支えることを目指している。

図2に車両メタバースの利用例を示す。車両メタバースには、車両間の自動ドアに点検時の注意事項に関する情報が登録され、3Dモデルと併せて表示される。このような対象物と併せた直感的な可視化により、設計図面が立体的に理解でき、現場ノウハウや気付き事項の共有促進が期待できる。また、3D空間に紐付けた多種多様なデータの一元管理は、生成AIを用いた検索や活用とも相性が良い。生成AIに対話言語の操作での情報検索や3D可視化操作を行わせることで、ユーザにとって直感的な情報提示が可能となる。

6. 今後の展望

日立における産業向けメタバースの研究開発が開始してから2年近くが経過し、現場のデジタルコピー、そして議論醸成の場としてのメタバースについては実検証も重ね大きく検討が進んだ。現場拡張メタバースの導入により、今まで見えなかった現場で「何が」「いつ」「どこで」起きているかを遠隔からも把握することができるようになったのは



図2. 車両整備における利用イメージ。さまざまな部門の関係者がメタバース空間に参加し、作業内容や場所に紐付く情報を確認することが可能である

*2 スペーシアXは、東武鉄道株式会社の登録商標



大きな成果だと言える。

しかし、現場の見える化は1つの通過点であり、最終的にめざすべきゴールは集めたデータを基に現場にフィードバックし改善していくことだと考えている。そのためのロードマップを図3に示す。

まず、現状の現場拡張メタバースは主に現場データの収集と可視化がメインである。作業員へのフィードバックはデータの見える化や整理、さらにメタバース空間におけるトレーニングなど限定的である。

次のステップとして検討しているのが作業員にアドバイスをするAIエージェントの開発である。通常の一般的な常識しか持たないAIエージェントと異なり、現場拡張メタバースに蓄積された現場ごとの「何が」「いつ」「どこで」に関するデータを基に学習させることにより、より細やかなサポートを提供することが可能になる。これまで熟練者に聞かないとわからなかったことを、AIエージェントが代わりに答えしてくれるイメージである。

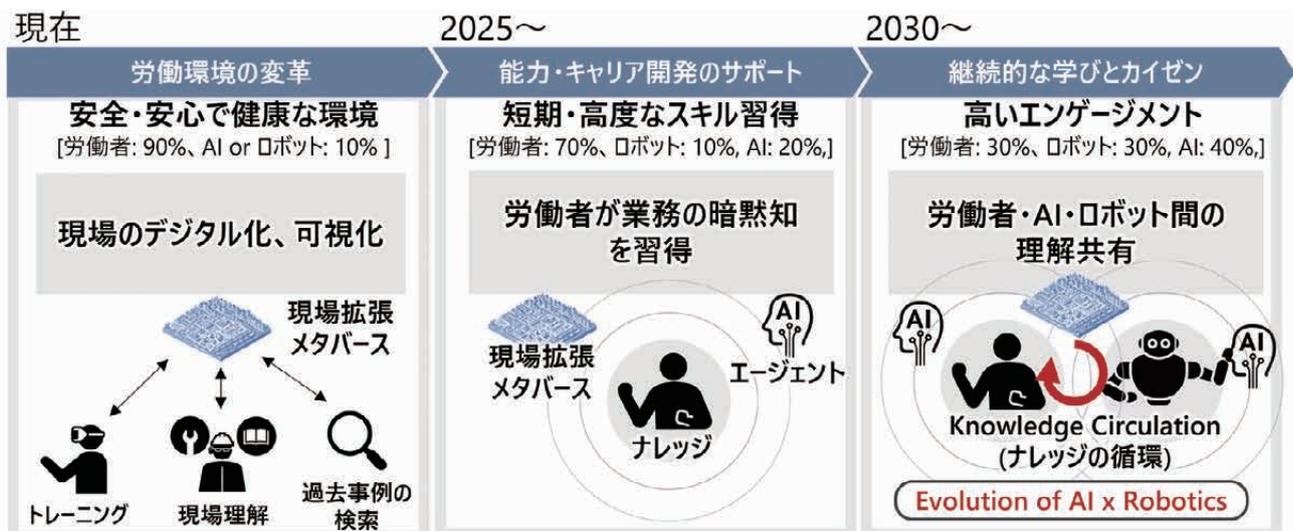
現場拡張メタバースの1つの最終形態は作業員とロボットエージェントの協働だと考えている。現場におけるロボット活用というと組立作業のような単純作業が現在の主流だが、AIやロボット研究の進化、さらに生産年齢人口の減少などのニーズを鑑みると、近い将来ヒューマノイド型ロボッ

トが現場作業員と同じように仕事に就く可能性は非常に高い。そんな将来において現場の仮想的なコピーである現場拡張メタバースは、ロボットを現場にカスタマイズする際に仮想的な試行錯誤を行うシミュレータとしての役割や、現場投入後に逐次更新するナレッジベースとしての役割が期待される。

冒頭で述べたとおり、「メタバース」というとまだまだエンタメのイメージが強い。しかし、我々はメタバースの技術を応用することにより、産業現場にデジタル化の風を吹かせることができると確かな手応えと確信を得ている。現場によっては法令や規制などもあり一足飛びにはいかないが、業務プロセスを徐々に革新していき、労働生産性の向上と人間の成長や幸福に貢献すべく、技術開発を進めていく。

謝辞

本稿で述べたプラントモックアップ設備は、資源エネルギー庁の補助事業である「令和3(2021)年度開始 廃炉・汚染水対策事業費補助金(原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発)」の一環として開発したものである。鉄道車両メタバースのプロトタイプ開発においては、東武鉄道株式会社より同社の車両スペースXを使用する許可をいただいた。関係各位に深く感謝の意を表する次第である。



■図3. 現場作業員支援に向けたメタバース活用のロードマップ