

XR技術によるものづくりの変革

XR Technology Brings about Innovative Changes in Manufacturing



志子田 繁 一①	Shigekazu Shikoda
岩本 雅 弘②	Masahiro Iwamoto
道上 雅 史③*	Masashi Michiue
森 堅 吏④	Kenji Mori
桐生 大 輔⑤	Daisuke Kiryu
西岡 航 太⑥	Kota Nishioka

顧客ニーズの多様化により製品仕様や製造工程は複雑になり、同時に技能伝承が問題となっている。そのために社内外とのコミュニケーションと部門間連携の深化・品質確保・コスト削減・納期遵守のさらなる向上が求められる。この課題を解決するため、デジタル化により得られる3Dモデルデータを用いたXR技術の活用によりコミュニケーションを活性化し、業務を標準化・非属人化することを目指している。

As customer needs are diversifying, product specifications and manufacturing processes are becoming increasingly complicated, and at the same time, the passing on of skills by experienced workers has become an issue. Therefore, we are required to further promote the deepening of internal and external communication, as well as further improving interdivisional cooperation, quality assurance, cost reduction, and compliance with delivery dates. To solve this challenge, we are working to stimulate communication through the utilization of XR (Extended Reality) technology using 3D model data obtained through digitalization, with the aim of standardizing our work and eliminating the dependency on specific individuals.

まえがき

近年、顧客ニーズは多様化しており、メーカーとして顧客のさまざまな要求に答える製品を市場投入していく必要がある。

1 背景

顧客ニーズの多様化に対して、我々メーカーは顧客のことをよく知る必要があり、ユーザとのコミュニケーションが重要になる。また当社製品は量産系製品から個別受注製品まで幅広い製品群を持つが、各工程での品質確保(Q)と業務効率化によるコスト削減(C)、納期遵守(D)が重要である。そのために、これまで以上に業務プロセス改善や作業の標準化が必要となる。技能伝承問題に対しては、ベテランと若手のコミュニケーションを密にすること、ベテランの業務を定量化・標準化することによりデータ化することで技能を非属人化することが必要である。

2 XR技術による課題解決の方針とプロセス

このような課題を解決する手段としてデジタル技術の活用、いわゆるDXの推進が考えられる。たとえば製品情報・

製造情報・技術情報だけでなく、これまでデータ化が困難とされていた人の動作や技能をデジタルデータ化できれば定量的表現が可能になる。これにより業務プロセスを可視化して改善を深化させ、非属人的な標準化を実現できる。一方でデジタルデータを各工程で一貫して活用することで、各部門さらにはユーザとのコミュニケーションも活性化し深化できる。その結果、各工程が連携して業務を進めるコンカレントが実現できる。

ものづくりにおいて最も活用されるデジタルデータとして3Dモデルデータがある。3Dモデルデータは主に設計部門が3次元CADで作成し、バリューチェーン各所で利用可能である。3Dモデルデータは製品や製造装置さらに治具などの作業環境も可視化できる。実物の製品が存在しない段階から関係者間でイメージを共有できるので、コミュニケーション活性化と業務プロセス改善には非常に有効である。そして3Dモデルデータにより可視化された情報を、高い現実感で活用する手段としてXR技術がある。

XRとはVR (Virtual Reality)、AR (Augmented Reality)、MR (Mixed Reality) などの総称である。VRは体験者がCGなどで構成される仮想空間内で、実際にその場にいるかのような感覚を得られる技術である。ARとMRは共に同じような技術であり、現実空間に仮想物体や情報呈示を行う技術である。特にMRは提示する仮想物体を、実際の空間

の位置情報を取得することで常に空間内の同じ位置に提示できることが特長である。XRはエンターテインメントや教育・仮想展示などに活用されることが多く、またハードウェア、ソフトウェアは一般に高価で設備も大型であった。しかし近年、ユーザーインターフェースの価格低下や操作の簡易化などにより活用しやすい状況にある。

XRにより作業の事前検証や直感的に理解できる正確な作業指示が行える。例えば、仕損じ低減や生産プロセスの見直し、実際の作業状況の事前検証などは、実施前に仮想体験することでその実効性を確認できる。また開発途上であっても3Dモデルデータを準備すれば、営業・設計・製造・検査・サービスはもとより顧客まで含めて可視化による製品やサービスのイメージ共有が行えるので、コミュニケーション促進が期待できる。当社では過去に人間工学検証とVRを組み合わせた評価手法を開発し、実際に鉄道車両運転席設計に活用した事例がある^{1,2)}。この当時はまだハードウェア・ソフトウェア共に高価なために活用の横展開が難しかったが、昨今の低価格化により、XR活用へのハードルが下がっている。

3 XR適用事例

以下に溶接作業を行う前に、作業員自身がVRで事前検証することで、作業中に発生するトラブルを削減した事例、MRを用いて作業員が指示書などを手に持たずに複雑な作業を行い、作業効率と品質を向上させた事例、上流工程でXRにより設計効率化を実現した事例を示す。

(1) VRによる溶接作業事前検証

(i) 背景

エネルギーソリューション&マリカンパニー生産本部では、ガスエンジン・蒸気タービン・空力機械・水力機械などさまざまな製品を製造するための生産技術を開発している。特に溶接作業は製品構造を支える筐体を作るために重要な工程である。従来は設計部門から発行された2次元図面を元に完成状態をイメージしながら作業内容を検討することとなり、作業可能だろうという確信を持ってないまま、製造を開始せざるを得ないこともあった。実際、配管取付作業の際、狭あい部のため取付位置に部品が入らないといったトラブルが発生したこともあり、そのために精度高く作業を事前シミュレーションできないかという課題を抱えていた。また、作業検討の途中で設計変更を依頼したい箇所があった場合、設計部門と上手くイメージを共有できず意思疎通が難しい状況も発生していた。

(ii) 対応

そこで図1に示すようにVRにより製品の3Dモデルデータを閲覧できるようにし、VR空間の中で心配な作業箇所を、実際の環境に近い形で作業性を事前確認することで、



図1 VRによる溶接作業事前検証

Fig. 1 Advance verification of welding work with VR technology

作業可否や困難さを事前に把握し実作業前に改善する方法を考えた。現場作業員からは、作業の流れを事前に体験でき、安心して実作業に取り組みそうだとの好感触を得た。

試適用を繰り返す中で、作業員からより良い改善方法の提案が出されるようになり、VRでの検証が活発になってきたため、VRを行うための専用ルームを準備して、いつでも手軽に検証作業を行う環境を整えた。

たとえば、図2に示すような蒸気タービンの狭あい部での配管溶接作業を検証した際には、当初、想定していたより溶接作業時の視認性が良くないことがVRにより確認できた。そこで、製造側から配管周辺の構造見直しを設計部門に提案し、VRを活用して説明を行った。VRを用いることで設計者も実際の溶接作業の状況を理解することができ、設計変更が適切であると判断をした。さらに、本提案により当初は配管を分割して溶接する計画であったが、その分割をなくすことも可能となった。同部門では一品物製品を多く手掛けるので初めて取り組む作業が多く、実作業前にVRで確認できることは高レベルでの作業計画につな



図2 蒸気タービン（発電用）

Fig. 2 Steam turbine (for power generation)

④ 技術開発本部 システム技術開発センター 制御システム開発部

⑤ エネルギーソリューション&マリカンパニー 生産本部 エネルギー・船用推進生産技術部

⑥ 航空宇宙システムカンパニー 航空宇宙ディビジョン 生産総括部 民間航空機生産技術部

がり、生産工程の整流化だけでなく、これまで現物を前に作業計画を検討していた業務の削減に対しても非常に有効で、コスト低減・品質安定化へ寄与することとなった。

VRによる事前検証は設計・製造各部門から好評で、作業計画立案における標準プロセスとして、VR検証目的・タイミング・VR検証手順・判定結果の記録などを業務プロセスとして整理し、標準プロセス制定に向けて取り組んでいる。

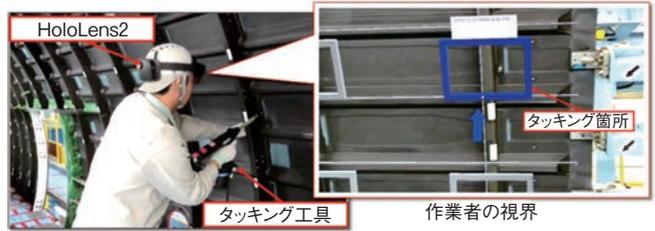


図3 MR作業指示システムによるタッキング作業
Fig. 3 Tacking work using MR work instruction system

(2) MR作業指示システム

(i) 背景

航空宇宙ディビジョンでは民間航空機の前部胴体など主要部品を製作している。さまざまな生産工程の中で、部品取り付けに必要な孔をあける作業がある。ほとんどの孔は自動機で穿孔するが、自動機では対応できない部位は作業者が孔明け作業を行う。孔明け作業には穴位置度と孔品質を確保するためのドリルガイド治具（ドリルプレート）を使用する。ドリルプレートは事前に胴体にあけた基準孔に位置決めピン等で固定する。複数あるドリルプレートを胴体側面に配置するために、従来は半透明のポリエステルフィルム製テンプレートシートを使用している。テンプレートシートは高さ4m、長さ10mあり、治具をかたどった切り欠きがある。作業者は切り欠きに合わせて治具を配置する。テンプレートシートは作成費用が高額で、かつ変更に伴う改修や損傷部の補修を行う必要がある。また設置作業自体は数人がかりで20～30分かかって行うために工数もかかる。このような状況から作業改善を行いたいと考えていたが、テンプレートシートに代わる手段がなかった。

(ii) 対応

XRが活用しやすくなったので、テンプレートシートに依存しないMRを用いた治具配置作業指示方法を検討した。

MR用：Head Mount Display (HMD)としてMicrosoft社のHoloLensを採用した。HoloLensは透過性のスクリーンに映像を投影することで被験者には現実空間で仮想物体を同時に見ることができる。カメラや各種センサを搭載し、HMDの周囲を計測できるため自己位置情報を取得できる。これにより仮想物体を現物と重ね合わせて表示する重畳を行うことができる。図3に示すようなHoloLensを用いて治具配置位置を指示するMR作業指示システムの開発を行った。

2017年に要素試験を行い、2018年には試作システムを開発した。試作システムにより、HoloLensの表示位精度は基準位置から離れるほど誤差が大きくなり、基準からの距離に対して1%程度の誤差が発生することが分かった。さらに当初採用した初代HoloLensは全体重量バランスから、被験者からは装着感が良くないとの意見が多かった。またバッテリー稼働時間も連続2時間程度で実用上懸念された。しかし被験者となった現場作業員からは、胴体上に直接指示が出るので直感的にわかりやすいと好評だった。

2019年には前述の課題の解決に取り組んだ。精度改善のために基準位置を示すマーカを複数配置することで治具配置に必要な表示位置精度を確保した。また2019年末にHoloLens2が発売開始されて、形状変更により装着感が改善された。バッテリー稼働時間は運用方法と複数台運用で対応可能と判断した。併せて生産技術者が指示内容を作成できるように、図4に示すようなMR作業指示作成エディタを開発した。指示製作者はプログラミングを必要とせず、通常の作業指示作成と同様に新しい作業指示を作成できる。

完成したMR作業指示システムはHoloLens2に対応し、QRコードをマーカとして使用する。現場作業員の評価は視野角が広くなり装着感も改善されているためテンプレートシートから置き代えても作業できるという評価を得た。

また、これまでは治具配置作業を念頭に開発してきたが、別の作業への横展開も検討した。フレーム仮結合を行うタッキング作業では、指示された順序に従い胴体内面からタッキング作業を行うが、MR作業指示システムを使うと指示書を見ながら作業する必要がない。そのために作業員は工具のみを手を持つので作業がしやすく、かつ指示内容はHoloLens2越しに胴体壁面に直接指示されて、次の作業位置を矢印で指示するため作業順序を間違えることもない。また一つの作業を完了しないと次の作業に進めないようにチェック機能をつけているので、作業漏れも発生しにくい。今後は検査工程や工作工程へも活用し、適用する機種を増やしていく。さらに作業記録を基幹システムに登録するためのシステム連携も今後検討予定である。今回開発したMR作業指示システムは、全社への横展開を進めている。



図4 MR作業指示作成エディタ
Fig. 4 MR work instruction editor



図5 共創設計
Fig. 5 Co-creative design



図6 XRによるマーケットイン型の開発
Fig. 6 Market-oriented development using XR

(3) XR活用による共創設計

顧客の多様な要求に応じた製品を生み出すには、設計・開発のみならず企画段階から斬新な案を含む多数のアイデアを検証する必要がある。その活動は場所に縛られることなく、また実物がない状態でも検証を進めていく必要がある。当社では顧客など社外ステークホルダー並びに社内関係者間の協働を促し、新たな価値創造を行う共創を進めるにあたりXRの活用に取り組んでいる。XRでコミュニケーションを活性化させ、設計力強化につなげる。

たとえばモーターサイクルの開発では、ライダーがライディングシミュレータから車体のデジタルモデルに操作を入力し、数値シミュレーションによって走行時の車体の挙動を取得できる。この際にXRを併用することで、図5に示すようにライダーは実際にモーターサイクルに搭乗しているかのような体験ができる。また、同時に複数のシミュレーションを実行することで、車体の変形や応力など、さまざまなデータを得られる。これらのシミュレーション結果をXRで可視化して被験者に対してリアルタイムに提示できるので、アイデア検証や意思決定におけるフィードバックを素早く得ることができるようになる。また、上市後も同様に製品に組み込まれた各種センサの情報をXRで可視化し、実際の使用状況を開発者と共有することで、顧客の使い方を踏まえて改良や次期製品開発を進めることも可能になる。

自律配送ロボットの開発にも共創を実現するためにXR活用を行っている。自律配送ロボットは様々な運用場面を想定して仕様を決めていくが、この際にすべての運用シーンを実際に検証すると多大な時間と費用がかかる。またマーケットイン型の開発を行うために、使用場面をユーザと共有し、ユーザの生のコメントを引き出しながら顧客ニーズを素早く把握する必要がある。そのためにXRを活用している。

また、病院向け配送ロボットを開発する場合、人と共存する空間での配送ロボットの走行シミュレーションは重要である。そこで、図6に示すように空間にMRで配送ロボットを重畳して人と配送ロボットの共存を再現し、配送ロボットの挙動をシミュレーションにより算出してMRでその挙動を再現する。評価者は実際の空間で人と仮想の配送ロボットとの挙動を高い臨場感で確認できるようになる。ロボットは仮想であるためハードウェア・ソフトウェアの変更による新たな挙動も容易に再現できる。このような取り組みにより顧客の要求仕様を早期に確定し、真の顧客ニーズを得ることができる。現在、病院内での配送ロボット活用検証を進めている。

あ と が き

XR技術の活用を通じてQCD向上を推進するとともに、社内外とのコミュニケーションを促進して多様な顧客ニーズに対応する。これによりスピーディーな製品やサービスの市場投入を実現していく。

参 考 文 献

- 1) 高橋、田中、中村、武田、濱田、多田：“顧客満足度を向上するためのデザイン設計”，川崎重工技報，No.177，pp.22-25（2016）
- 2) 特許 第6045338号，“姿勢体感システム及び姿勢評価システム”



志子田 繁一



岩本 雅弘



道上 雅史



森 堅史



桐生 大輔



西岡 航太