

## 製造ラインの作業性を効率良く確認できる VR技術を用いた設計レビュー手法

Design Review Method Using VR Technologies to Effectively Investigate Workability in Production Lines

清水 洋介 SHIMIZU Yosuke 宮崎 健太郎 MIYAZAKI Kentaro 齊藤 真広 SAITO Masahiro

従来、製造ライン構築時の設計レビューは図面を用いて実施されていたが、現場作業者の視点から作業性を確認することが不十分で、製造ラインの立ち上げ時にレイアウト変更などの後戻りが発生するリスクがあった。

東芝は、この問題を解決するため、製造ラインの設計レビューにVR（Virtual Reality）技術を採用し、製造ライン全体の配置を確認できる機能とともに、VR空間内で手の位置を認識できる機能や、設計を修正できる機能などを備え、実作業に近い感覚で作業性を確認可能な設計レビュー手法を開発した。量産ラインの開発に適用した結果、作業者視点で事前に修正することにより、後戻りのリスクを排除できることを確認できた。

In the production line design process, conventional methods for conducting design reviews that depend on information contained in the design drawings often lead to an inadequate review of workability due to a lack of assessments from the viewpoint of on-site workers, thereby incurring the risk of redesign of such production lines at the time of startup.

To overcome this problem, Toshiba Corporation has developed a design review method using virtual reality (VR) technologies that makes it possible to investigate workability in an environment close to that of actual operations in three-dimensional (3D) space. This VR method incorporates the following functions: (1) a function to investigate the overall arrangement of the production line, (2) a function to recognize the hand positions of workers in the VR space, and (3) a function to make modifications to the original arrangement design. Through the application of this method to the development of a production line, we have confirmed that it can eliminate the need for redesign at the time of startup by identifying problems in advance and allowing effective measures to be taken from the viewpoint of on-site workers.

### 1. まえがき

近年、VR（Virtual Reality）技術は急速に発達しており、ゲームだけでなく、医療現場や、建設現場、生産現場など様々な場面での活用が検討されている<sup>(1), (2)</sup>。東芝は、製造ライン構築プロセスを変革する活動<sup>(3)</sup>の一環として、製造ラインの設計レビューを効率化するVR技術を開発した。

製造ラインの設計レビューは、設計者による図面上の議論が中心である。そのため、現場作業者の視点から作業性を検討することが十分にできず、現場での立ち上げ時にレイアウト変更などの後戻りが発生することがある。これを解決するため、製造ライン設計レビュー向けのVR技術を開発した。VR技術を設計レビューに適用すると、実作業に近い感覚で作業性確認が事前にできるため、製造ライン設計における後戻りのリスクを減らすことができる。

今回、開発した設計レビュー向けVR技術では、製造ライン全体の配置を確認できるようにするとともに、実作業に近い感覚で評価するための機能を開発した。具体的には、作業者が実際の作業感覚を模擬できるようVR空間内で手の位置を認識できる機能や、製造ライン設計の修正をVR空間

間で実施できる機能（モデル再配置機能）などを備えた。

ここでは、VR技術を活用した設計レビューの位置付け、開発したVRシステムの構成、設計レビュー向けに追加した機能、及び適用事例とその評価結果について述べる。

### 2. VR技術を活用した設計レビューの位置付け

通常、製造ラインの設計では、まずポンチ絵レベルでのレイアウト検討を行い、その後、2次元図面上で、設備や、人、供給部材などの詳細配置を決定していく。この段階では、3次元モデルを用いたレビューが行われることもある。3次元モデルを用いると、2次元図面での検討よりも立体的な情報が加わり、実際のイメージが共有しやすくなる。このように、製造ラインの設計が進むにつれて検討方法は高度化する。VR技術による設計レビューは、3次元モデルの次段階でのレビュー手法と位置付けている。

図1に示すように、VRによる設計レビューは、3次元モデルよりも現実に近いレベルの検討手法であり、3次元モデルによるレビューでは難しかった作業性についても評価が可能となる。すなわち、VRによる設計レビューを実施することで、これまで事前に抽出できなかった製造ライン上の不具合が

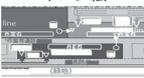
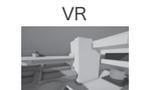
検討レベル	検討手法	作業内容	効果
低	ボンチ絵 	・手書きや作図アプリケーションなどで、大まかなレイアウトを作成	・初期レイアウトの検討 ・大まかなレイアウトの共有 ・設計指針策定
	2次元図面 	・工場建屋や各設備のフットプリントなどから、2次元レイアウト図を作成	・実寸法による具体的なレイアウト検討
	3次元モデル 	・2次元レイアウト図から3次元モデルを作成	・立体的なレイアウト検討 ・2次元図面よりもイメージ共有が容易
高	VR 	・3次元モデルデータをVRデータに変換 ・VRソフトウェアの設定	・作業性も評価したレイアウトの検討 ・現場作業担当者との早期情報共有

図1. 設計レビューにおけるVR手法の位置付け

VR技術を活用した製造ライン設計レビュー手法は、従来の手法であるボンチ絵、2次元図面、3次元モデルを活用したものよりも進んだ手法であり、より検討レベルが高い。

Higher ranking of VR method among various design review methods

抽出できるようになる。

### 3. VRシステムの構成

VRシステムの構成を、図2に示す。このシステムは、主に、パソコン(ゲームエンジンをインストール済み)、及びヘッドマウントディスプレイにより構成される。VRで使用する3次元モデルは、CADで製作したデータを、ゲームエンジン

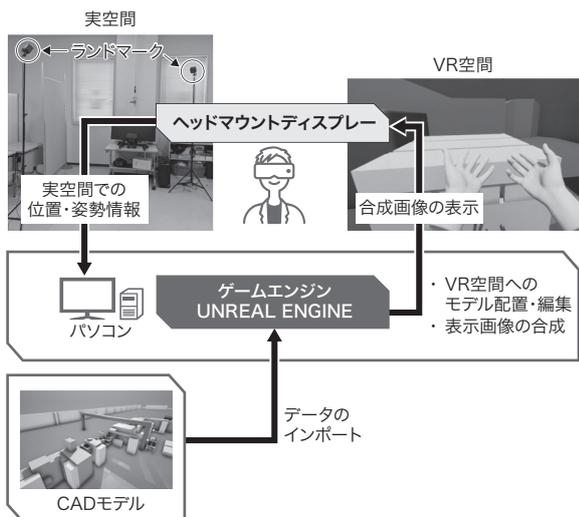


図2. VRシステムの構成

CADモデルをVRデータに変換してヘッドマウントディスプレイに投影し、更に外部のランドマークを認識することで自己位置を推定し、VR上の動きに反映する。

Configuration of VR system

のインポート機能で取り込むことで、VR空間へ配置する。

レビューアは、ヘッドマウントディスプレイを頭部に装着し、投影される映像を見てレビューを行う。ヘッドマウントディスプレイは、現実の空間に配置されたランドマーク情報を元に自己位置を検出し、位置情報をパソコンに送信する。パソコンでは、位置情報に応じてVR空間内での視野を変化させ、ヘッドマウントディスプレイへ映像を伝送する。これにより、レビューアの実空間での動きをVR空間内に反映して表示できる。

### 4. 製造ライン設計レビュー向け機能の追加

このシステムでは、VR空間内でレビューアが移動したり、3次元モデルのパーツを動かしたりといった、基本的な操作が可能である(図3)。また、製造ラインでの組み立て作業における、部材を供給するトレーの位置とレビューアとの位置関係を確認するために、レビューアの手の位置をリアルタイムで検出してVR空間内に表示するハンドトラッキング機能を開発した。手の位置は、ヘッドマウントディスプレイの下部に取り付けたハンドトラッキングセンサーで検出する(図4)。これにより、レビューアの身長や体格による作業範囲の違いをVR空間内で表現し、手がトレーに届くかや、パーツを置く姿勢に無理がないかなど、作業の成立性・効

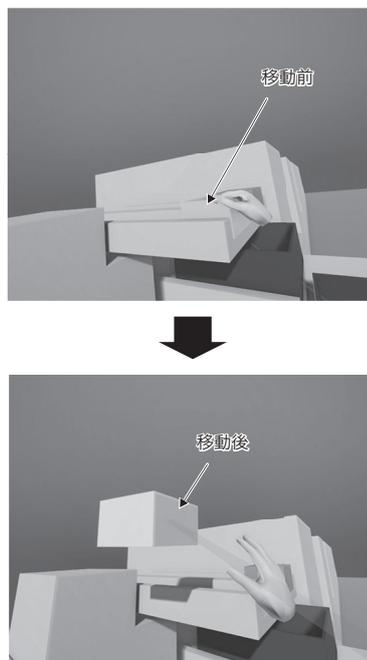


図3. VR空間での3次元パーツの移動操作

レビューでの検討結果を、その場で反映させるために、VR空間内の3次元モデルを再配置できる。

Moving of 3D object in VR space

率性を具体的に検証できる。更に、ゲームエンジンの機能を使ってVR空間を編集し、簡単な3次元形状の物体や光源などを配置できる。これにより、足場や懐中電灯などをVR空間内に組み込んで、外観の確認や、レイアウト変更、懐中電灯を持った作業の模擬なども可能である（図5）。

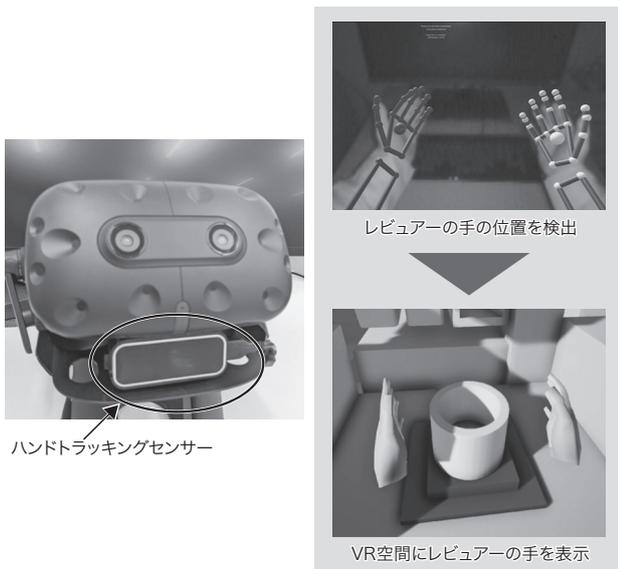
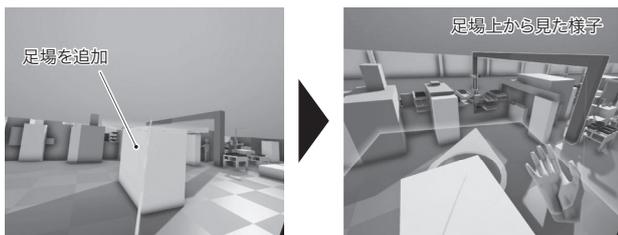


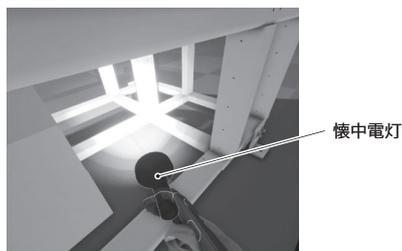
図4. ハンドトラッキングセンサー

レビューーの手の位置をセンサーで認識し、VR空間内に投影することで実作業に近い検討を行う。

Hand-tracking sensor on head-mounted display



(a) 足場を追加して、上から見た様子を確認



(b) 懐中電灯で、暗い場所の様子を確認

図5. 足場の追加や懐中電灯を持った作業の様子

様々な作業を模擬できる機能を備えることで、レビュー機能を向上させている。

Scenes of scaffolding addition and working with flashlight

## 5. VR技術を活用した設計レビューの適用と評価

製造ライン設計レビュー向けVR技術を、東芝グループ内の新規製造ライン開発に適用した事例について述べる。

図6に、このVR設計レビューで使用した3次元モデルを示す。VRデータ作成用の3次元モデルは、目的に応じて粒度を調整する必要がある。これは、3次元モデルのデータ量が大きすぎると、VR空間内で動作遅延が発生し、適切な作業性評価ができなくなるためである。今回の適用例では、広大な製造ライン全体をウォークスルーして検討する必要があったため、低い粒度での3次元モデルを用いた。

作成したモデルをVRデータ化し、現場作業担当者によるレビューを行った（図7）。レビューでは、設備配置や、供給部材の配置、作業者の動線などについて現場作業者の視点から検討を行い、可能なものについてはVR空間内で修正することで、迅速に現場作業者の意見をフィードバック

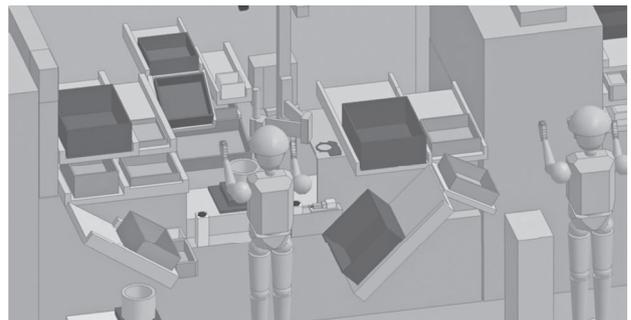


図6. 簡易化3次元モデル

モデルの粒度をレビューの目的に合わせて決定することで、適切な精度でスムーズにレビューを実施できる。

Example of simplified 3D model for VR method

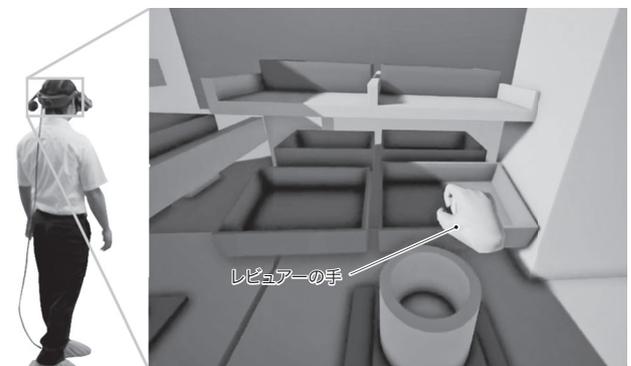


図7. VRを活用した設計レビューの様子

ハンドトラッキング機能を備えたVRシステムを設計レビューに活用することで、実作業に近い形で作業性を検討できる。

Scene of design review using VR system

できた。また、設計者による大きな修正が必要な指摘事項については、設計修正後に再度VRでの確認を実施した。

今回のVR設計レビューでは、生産設備の製品取り出し位置の変更など、実際に製造ライン設置後に不具合が判明していれば、大きな遅れにつながったと推定される指摘も幾つかあり、事前に検討できたことでコストや立ち上げ期間のロス削減につながった。また、実際の製造ライン立ち上げに際しても、レイアウトに関して大きな後戻りはなく、設計時に想定した作業時間で実施できることを確認した。これは、現場作業担当者が、VRを通してあらかじめ製造ラインのイメージをつかんでいたことも要因と考えられる。

## 6. あとがき

製造ライン設計を効率化するためのVR技術を開発した。ここでは、VR技術を活用した設計レビューの位置付け、開発したVRシステムの構成、設計レビュー向けに追加した機能、及び適用事例とその評価結果について述べた。

VR技術の活用は準備に手間が掛かり、ハードルが高いという印象を与えがちだが、開発したVRシステムは、比較的容易に活用できることが分かった。今後は、東芝グループ内の製造ライン開発に積極的に活用していく。

なお、この技術は、日本電機工業会の2021年度（第70回）電機工業技術功績者表彰で奨励賞<sup>(4)</sup>を受賞した。

## 文献

- (1) 石村尚也, ほか. AR/VRを巡るプラットフォーム競争における日本企業の挑戦. 日本政策投資銀行 調査研究レポート. 2021, No.354-1, 13p. <[https://www.dbj.jp/upload/investigate/docs/15b521ee498fac61aec71ff2d93da2e6\\_1.pdf](https://www.dbj.jp/upload/investigate/docs/15b521ee498fac61aec71ff2d93da2e6_1.pdf)>, (参照 2022-01-15).
- (2) PWC. Seeing is believing -How virtual reality and augmented reality are transforming business and the economy-. 2019, 20p. <<https://www.pwc.com/gx/en/technology/publications/assets/how-virtual-reality-and-augmented-reality.pdf>>, (accessed 2022-01-15).

- (3) 岡 一廣, 蚊戸健浩. 生産ライン構築プロセスと生産管理プロセスの変革を加速するエンジニアリングツール. 東芝レビュー. 2021, 76, 1, p.15-19. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2021/01/a05.pdf>>, (参照 2022-01-15).
- (4) 日本電機工業会. 2021年度（第70回）電機工業技術功績者表彰受賞者及び功績概要. 2021, 66p. <[https://www.jema-net.or.jp/Japanese/info/commendation/pdf/70\\_gaiyou2021.pdf](https://www.jema-net.or.jp/Japanese/info/commendation/pdf/70_gaiyou2021.pdf)>, (参照 2022-02-24).



清水 洋介 SHIMIZU Yosuke  
生産技術センター 業務プロセス変革推進領域  
メカトロニクスソリューション変革推進部  
Mechatronics Solution Innovation Dept.



宮崎 健太郎 MIYAZAKI Kentaro  
生産技術センター 生産技術企画統括部 技術企画部  
Manufacturing Technology Planning & Management Div.



齊藤 真拡 SAITO Masahiro  
生産技術センター ロボット製品化技術推進プロジェクトチーム  
IEEE 会員  
Robot Technology Development Project Team