

仮想大部屋によるスマートなものづくり

Smart MONOZUKURI in Virtual Obeya

● 有田裕一 ● 野崎直行 ● 鎌田聖一

あらまし

富士通グループの開発・製造現場では、従来からスマートなものづくりに取り組んでおり、仮想大部屋はその重要な構成要素の一つに位置付けられている。仮想大部屋は、消費者、退職したベテランエンジニア、サプライヤー、販売者などがものづくりに参加でき、設計現場や実工場とも連携したサイバーフィジカル空間でのものづくりを可能にする場を目指している。そこでは、仮想製品を原寸大の立体視で共有し、図面や規格を確認しながら、人、ロボット、設備や工場などの現場に対する各種センシング情報や過去の検証結果を活用できる。加えて、仮想空間内に構築した場において、ビッグデータ分析によるものづくりエージェントの支援を受けることも可能となる。

本稿では、IoT(Internet of Things)時代を見据えたスマートなものづくりに不可欠な仮想大部屋への取り組みの状況を紹介する。

Abstract

For some time, the Fujitsu Group has been pursuing smart *MONOZUKURI* (manufacturing) in the front end of product development and manufacturing, and Virtual Obeya is an important component in this endeavor. Virtual Obeya is a forum which allows consumers, retired skilled engineers, suppliers and vendors to participate in the *MONOZUKURI* processes. It aims to provide a cyber-physical space, where collaboration among the relevant parties is linked directly with in-production designers, factories, robots and equipment. In Virtual Obeya, three-dimensional, life-size images of the products being developed are shared. Developers can refer to drawings and standards while making use of various pieces of sensing data and past test results specific to humans, robots, equipment and plants. Virtual Obeya can also provide support for *MONOZUKURI* in this virtual space through in-built big-data analysis agents. This paper presents a report on our on-going initiative of this Virtual Obeya, which will be indispensable for smart *MONOZUKURI* in the era of the Internet of Things (IoT).

まえがき

富士通では、ものづくりの現場におけるICTの活用を積極的に進め、生産性を大きく向上させてきた。昨今では更なる進化を目指し、IoT (Internet of Things) 時代に即した「スマートなものづくり」を推進している。^{(1),(2)} その取り組みの一つに「仮想大部屋」がある(図-1)。仮想大部屋とは、リアル(組み立てなど)かバーチャル(設計シミュレーションなど)かを問わず、ものづくりに関わる様々な情報を統合的に扱い、人や情報の遠隔地間コミュニケーションを強化する場である。

従来から取り組んでいる仮想製品やクラウド活用によるICTツール、CADデータなどの情報統合だけでなく、実世界(Physical)から先進のセンサーネットワーク技術で様々なデータを収集し、Cyber空間で人工知能(AI: Artificial Intelligence)技術などを用いることで、更なる情報活用や共有を可能にする。加えて、遠隔地間の情報共有技術や立体視などの仮想製品表現技術により、Cyber空間をより分かりやすく可視化し、ものづくりに関わる全ての人のコミュニケーションを促進する場を構築し、スマートなものづくりの一翼を担う。また、従来の取り組み⁽³⁾では人による伝達が必要であった設計・製造の意図や、ベテランエンジニアが課題を見つけるポイントなどの意思疎通も、後述する「ものづくりエージェント」によりCyber-Physical空間で扱うことを目指している。

本稿では、スマートなものづくり実現に不可欠な仮想大部屋について、仮想製品の表現力強化を中心に、ものづくりに必要な情報の整理や提示技

術、人と仮想製品や各種情報とのコミュニケーション技術の現状と方向性について述べる。

仮想試作機による検証と結果の活用

富士通は、コンピュータ上で仮想的に製品を検証するソフトウェアであるDMU(デジタルモックアップ)を用いた製品開発に長年取り組んできた。⁽³⁾ 実際に試作機を作る前に、DMUを用いた事前検証を徹底し、設計上流で品質を改善するためのツールとして富士通グループ内で活用している。そして社内実践を踏まえ、1999年からVPS/Digital Mockupとして、多くのお客様にもご利用いただいている。最近では、VPS(Virtual Product Simulator)技術をベースに、電気とメカ、CADとCAEという垣根を越えたプラットフォームとして進化させてきている。⁽⁴⁾⁽⁵⁾ その新しいプラットフォームは、デジタルの世界でできる設計などの検証項目を増やすとともに、操作感の統一やデータ連携などにより余計な手間を掛けない工夫を重ねている。詳細については、本特集に掲載の「クラウドベースの次世代ものづくり開発プラットフォーム」を参照されたい。

また、CAD/CAE/DMUだけでなく、ものづくりに関わる多くの人々の知見(ノウハウ)を効率良く取り込んで共有するシステムの構築にも取り組んでいる(図-2)。富士通社内の事例では、検証時に指摘される事案の70%は過去に発生した不具合と類似したものであり、そのうち48%はチェックリストで回避が可能という調査結果がある。したがって、ノウハウを共有するシステムの構築は、このような課題を解決するために有効な手段であ

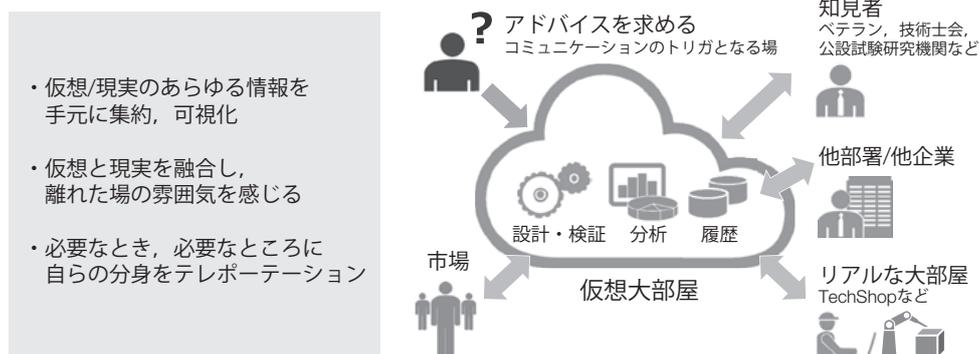


図-1 仮想大部屋会議の狙いと概要



図-2 ノウハウ共有システム

る。このシステムは、DMUを用いて検証した結果を記録・管理する仕組みを基本とし、DMUデータの版数管理やチェックリストとのひも付け、ほかの検証者の検証結果（DMUデータ）を再現する機能などにより、距離や時間の制約を受けないものづくりのコミュニケーション改善に役立ててきた。

筆者らは、2次元図面より直感的に分かりやすいと考えられる3次元形状のDMUデータを用いて継続的な改善活動を進めてきたが、その利用が当たり前になると新たな課題も見えてきた。それは、頭の中に3次元形状が出来上がっている設計当事者以外にとっては、DMUデータでさえも初見で理解するのが難しいことである。そして、その課題の多くは実製品と同じ大きさで立体視（原寸大立体視）できれば解決することが分かってきた。このことから原寸大立体視は、仮想大部屋の実現に必要な不可欠な構成要素技術である。

仮想大部屋に不可欠な立体視の特徴

立体視は、通常のディスプレイやプロジェクター映像では知覚することができない、奥行き方向の知覚を伝達する手段である。人はものを見るときに両眼の位置の差から右目と左目で異なった像を見ている。この見え方の違い（両眼視差）を利用して脳が空間の再構築を行っている。DMUデータに対しても同様な両眼視差を知覚させることで、奥行き方向の知覚を伝えることが可能となる。

立体視を実現する主な方法として、右目用と左

目用の画像を交互に表示してそれに同期した液晶シャッターメガネなどによって、それぞれの目に届く画像を分ける時分割方式と、偏光フィルターを用いて右目と左目に届く画像を分ける偏光フィルター方式がある。パソコンでは前者が、映画館では後者が利用されている。通常表示と同等のレベルを実現するためには、前者は通常表示の倍速で、後者は通常表示の倍の解像度で表示する必要がある。

また、ほかの立体視表示方式として、GoogleのCardboardがよく知られている。スマートフォンとの組み合わせにより安価で手軽に利用できることが特徴であり、類似した製品が各社から発表されている。しかし、右目用と左目用の画像を1画面に表示するため、実質的な解像度はスマートフォン画面の半分となり、偏光フィルター方式と同様の課題がある。

昨今、GPU（Graphics Processing Unit）の性能や表示装置の解像度の向上といった技術の進歩、および安価で表示環境が実現されるようになってきた。その結果、倍速で表示する、あるいは倍の解像度で表示するという課題はかなり解決されてきている。

一方で、表示方法が増えてきていることから、利用目的に合った適切な方法の選択が難しくなっている。そこで筆者らは、設計検証やその意図をほかの検証者が理解できるような表示装置や手法、および従来手法との使い分けを検証してきた。

従来は、表示装置が2次元のため奥行き感を表現できず、段差・前後関係・空き空間を容易に体感できなかつたが、DMUの軽い操作性を有効活用することで視点を様々に変化させて対応してきた。自分一人で操作し、画面を見て検証する場合は、現在でもある程度有効な方法であると考えられる。一方で、複数の検証者、例えば設計、製造、保守担当者がそれぞれのパソコンで同時に一つのDMUデータを見て検証を行う場合では、各自の専門性に基づき異なる部分を見て検証を進めていく。ところが、ほかの人が見たい箇所にDMUを回転・移動されてしまうと、自らの意思と関係なく注視していた箇所が変更されてしまうことから、効率の良い検証の妨げとなってきた。またDMUでは、繰り返し行われる回転・移動操作も、立体視であれば段差や隙間が一目で分かるため、より少ない操作で済む。よって思考が途切れたり、確認すべきポイントの記憶が薄れてしまうことは稀である。

複数の参加者を前提とした仮想大部屋にとって、立体視は必要不可欠な構成要素であると言える。立体視の実現手段としては、DMUデータを精緻に確認するため、高い解像度を維持しやすい時分割方式を基本にしている。

原寸大立体視の必要性と運用上の工夫

DMUを用いて段差・前後関係・空き空間を認識することは、設計検証する際の重要なポイントであり、立体視はそれらの認識に有効な手段である。一方で、DMUは表示上の移動・回転・拡張が自由自在に行えるため、極小さな隙間を大きいものと錯覚したり、段差があるにも関わらずほとんどないかのように錯覚したりしてしまうことも多く見受けられた(図-3)。これらの課題を解決すべく、仮想大部屋の主要構成要素である原寸大立体視が

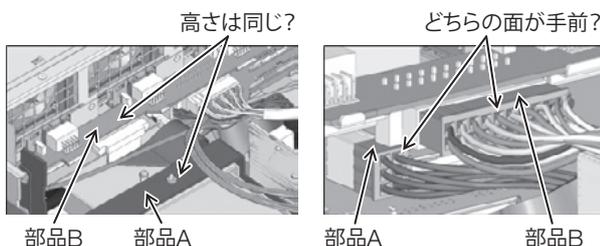


図-3 段差の錯覚例

可能なシステムを開発した。

● 原寸大立体視

富士通のサーバ系装置などのハードウェア製品は、おおむね幅1m×高さ2mの範囲に収まる。そこで、筐体サイズに適した原寸大立体視環境を用意し、設計検証を進めている。複数人で同時に検証することを主目的とし、あえて特定の検証者の視線に追従した画像を生成する手法は取らない。これは、特定の検証者の視線に追従した画像は、ほかの検証者が見た場合には画像が歪んでしまい、DMUによる正しい製品イメージを持つことができないためである。この手法により、複数の検証者間で意見交換が活発に行われるようになり、検証の精度が向上した。

原寸大立体視環境は主に、立体視用プロジェクター、スクリーン、位置検出センサー、立体視用ソフトウェアから成る。プロジェクターとスクリーンとの位置関係を工夫することにより、検証者が映像を遮りにくく、10人程度の参加を可能とするスペースを確保している(図-4)。位置検出センサーは3次元マウスや人の動きを取得し、ジェスチャー操作でソフトウェアを操作するためのものである。

コンピュータや通信機器が搭載されたラックなど、大きな装置を原寸大立体視で投映する場合は、明るく解像度の高い立体視表示が可能なプロジェクターが必要となるが、通常のオフィス用途で用いられるプロジェクターと同等サイズの立体視用プロジェクターもある。この場合、十分な明るさが得にくく、精度の高い検証を行うためには照明を暗くするなどの工夫が必要となるが、通常の会議室などで気軽に利用できるため、簡単な検証を

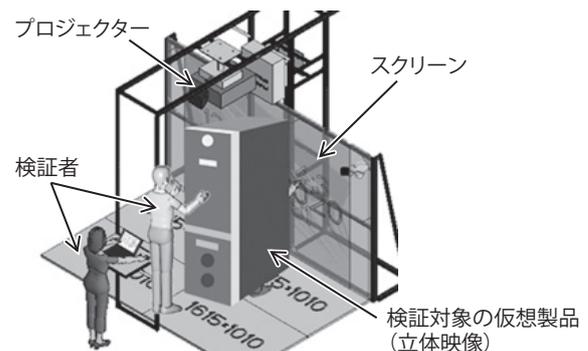


図-4 原寸大立体視の例

行う場合など、目的に応じて使い分けている。

本環境を用いた原寸大立体視の検証は、製品形状そのものだけでなく、隙間・段差・作業スペースなどに対する認識精度が高まることが特徴である。製造・検査・保守部門のメンバーや、設計部門でも直接設計に携わっていないメンバーが、初見で概要をつかみ、様々な意見交換を行ったり、設計変更箇所を説明したりする場合に有効である。また、システムの操作手数が約3分の1になっていることもあり、検証対象装置を把握し問題点を指摘するまでの時間が、立体視を用いない手法に比べると約30～50%程度短縮でき、効率的かつ高品質な作り込みが可能となる。

検証に使用するDMUのデータは、従来と全く同じものである。立体視を行うために専用のデータを作成する必要はないため、事前準備は従来手法の場合と変わらない。

● 陰影表現

立体視によって効率良く隙間、段差、作業スペースなどの作業性の検証を行う際には、影の表示も重要である。影を表示することで立体感を得やすくなり、現物で暗い部分はDMUでも暗く表示されるという現実感の高い表示が可能になる(図-5)。ただし、影の表示は計算負荷が高く、そのままでは操作感に影響が生じるため、実時間相当で表示するために工夫を行っている。GPUやCPUの進化に合わせたソフトウェア側の工夫を続け、影だけでなく、より現物に近い仮想製品を実現するための表示品質の継続的な進化が必要である。

利点の多い本検証環境だが、長時間にわたる検

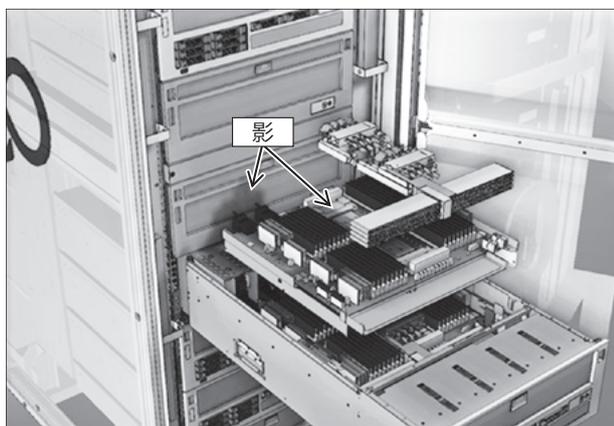


図-5 影を加えた例

証作業を全て立体視で行うのは現実的ではない。それは、いわゆるVR酔いの問題である。ハードウェア性能の向上により、従来よりも少なくなっているが、立体視状態を長時間継続するのは避けるべきである。したがって、立体視で行う検証と、従来手法で行う検証とを整理して運用することが望ましい。言い換えれば、立体視は従来の手法を置き換えるものではなく、従来の手法を拡張補完するものである。ただし、補完手法ではあるが、仮想大部屋の実現には必須の技術である。

仮想大部屋の更なる進化に向けて

IoT時代の到来とともに、CPS (Cyber-Physical Systems) が現実のものになっていくと思われる。これまでの情報流はCyberからPhysicalへの方向が大半であったが、今後はPhysicalからCyberへの方向に増えていくことが予想される。これにより、開発対象製品や工場などもCPSがベースになっていくと考えられる。そして、意思決定に関わるメンバーもCPSの仕組みに参加可能にすべきであると考えている(図-6)。

● 技術要素

仮想大部屋は多くの技術要素で構成されているが、特に次の3点が仮想大部屋参加者の視点から重要と考え、開発を進めている。

(1) より分かりやすい実物を越えたDMU

先述した原寸大立体視の必要性に加え、原寸大立体視によるDMUを、遠隔地間で共有可能にすることが必要である。富士通では、エンジニアリング用途にマッチしたクラウド環境としてFUJITSU Manufacturing Industry Solution FTCP Remote Desktopを提供しているが、現在、FTCP Remote



図-6 仮想大部屋での会議イメージ

Desktop上で原寸大立体視を実現する技術の開発を進めている。また、既に述べたように、表示品質の継続的進化や、ノウハウ共有システムを通じて能動的に送られてくる関連情報の精度向上も重要である。

更に、DMUの操作もマウスやキーボード以外のインターフェースを採用する必要がある、例えばジェスチャーで操作しやすいメニュー体系など、仮想大部屋での利用に適した操作の改善に取り組んでいる。

(2) 膨大なデータを意思決定に用いる技術

様々な情報を常に見えるように整理・表示することは、言うまでもなく重要である。一方で、IoT時代においては膨大なデータが刻々と生み出されていくため、その活用や解釈には様々な工夫が必要である。これに対しては、特にAI技術の活用が重要と考え、機械学習やDeep Learningなどの手法を用いた技術開発や社内試行を進めている。設計向けの詳細については、本特集に掲載の「製品設計における人工知能技術の応用」を参照されたい。これにより、従来から蓄積している製品形状にひも付けたものづくりの情報やノウハウを、センサーから届く最新データと融合し解釈させ、既存のシステムと補間し合える形でサービスの提供を目指している。

(3) 遠隔地間コミュニケーションの改善

遠隔地間コミュニケーションの手段としては、電話やテレビ会議システムを利用することが一般的である。また、関連する資料データを共有する仕組みなども多く用いられている。それらは、DMUやVirtual Factoryシステム、CADデータ管理や文書管理システムをはじめとし、受注状況、直行率、原価、障害、顧客の声などの様々な情報を扱いながら、ものづくりは進められている。更に、これらの情報を基に、議論の過程や整理状況を遠隔地間で共有する仕組みも重要である。富士通では、このような共創を支援するための実証実験を進めており、⁽⁶⁾ 仮想大部屋の重要な構成要素である。

● ものづくりエージェント

次のステップとして重要なことは、場の雰囲気や共有する方法についてである。リアルタイムに製造ラインの様子や出荷済み製品の稼働状況などを、立体的な視界や音場を共有しながら把握し、

人の動きや意識などを取得するセンサー類からの情報を分類・整理した上で、遠隔地間で同期する仕組みも必要である。

様々な場所にいる人々の状況を把握することは、センサー技術の進化により精度が高まり、より現実的なものになっていくと考えられる。例えば「誰が、仮想製品のどこを見て、どのような思いで、どのような指摘をしているのか」を知ることができるようになるだろう。前述のAI技術と組み合わせることで、ベテランエンジニアの検証方法を単に記録・再現するだけでなく、若手にアドバイスしたり、より優れた検証方法を誘導したりすることができる「ものづくりエージェント」を実現していく。技術革新が進めば、自分の分身を仮想工場にテレポートさせることで現場の疑似体験も可能になる。またテレポート先では、AI技術により実現するものづくりエージェントがユーザーの隣で手助けしてくれるようになるかも知れない。図-7の左の人物がものづくりエージェントである。

今後の課題

仮想大部屋の更なる進化に向け、課題となる三つの技術を掲げ、それらの取り組みの状況や方向性について述べてきた。その次のステップとして、DMUにどのように設計意図を持たせるか、どう検証されるべきか、どう作られるべきか、ということに加え、仮想大部屋にこれらの情報をどのように持たせ、人と共有したり人に対してシステム側から検討を促したりできるかが重要であると考えている。仮想大部屋のコンシェルジュとして、また仮想大部屋で行われる各種会議のファシリテーターとして活躍できるように、ものづくりエージェ



図-7 ものづくりエージェント

ントを高度化していく考えであるが、人との関わり合い方を含め技術的に解決できていない部分も多い。

また、本稿では取り上げなかったが、仮想大部屋の実現に向けてセキュリティコントロールは必須となる。特に、オープンイノベーションを実現する環境としての仮想大部屋には、情報へのアクセス権限レベルが異なる人々が参加するため、レベルに応じた情報の見せ方のコントロールが必須となる。開発・製造プロセスに対して、部分的に参加する人が過去の経緯を知る工夫も必要になるであろう。それに対するセキュリティコントロールも細かく行うべきであり、技術と運用の両面において課題は山積している。

上記のような様々な課題があるものの、技術の進化およびIoT時代に対する人の意識の進化に合わせて、柔軟に対応していくべきである。

む す び

本稿では、仮想大部屋実現に向けた富士通の取り組みの状況について紹介した。この取り組みは、富士通グループ内だけでなく、ほかの業界での活用も想定している。直近の事例ではトヨタ自動車株式会社様の社内展示会（2016年1月）に共同でコンセプト展示を行い、好評を得た。

今後、特定業種に特化することなく、最新の関連技術動向に合わせて適合・進化しながら、IoT時代のCPSとしてスマートなものづくりに欠かせない場となるべく、幅広く活動していきたい。

参考文献

- (1) 富士通：人とロボットが協調する次世代ものづくりの取り組みを開始。
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2015/03/6.html>
- (2) 松枝 準ほか：社内実践による「スマートなものづくり」実現への取組み. FUJITSU, Vol.66, No.4, p.81-88 (2015).
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol66-4/paper11.pdf>
- (3) 有田裕一ほか：三次元仮想設計支援シミュレータ：FJVPS. FUJITSU, Vol.51, No.5, p.270-274 (2000).
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol51-5/paper03.pdf>

- (4) 有田裕一ほか：構造系設計プラットフォーム. FUJITSU, Vol.63, No.1, p.32-37 (2012).
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol63-1/paper05.pdf>
- (5) 山岡伸嘉ほか：CAD/CAE一体化環境によるシミュレーションの取り組み. オープンCAEシンポジウム2015, p.25.
- (6) 富士通研究所ほか：部屋全体をまるごとデジタル化するUI技術を開発し、ICTによる共創支援の実証実験を開始。
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2015/07/27.html>

著者紹介



有田裕一 (ありた ゆういち)

富士通アドバンステクノロジー (株)
Eサービス推進室
仮想大部屋の開発・運用に従事。



野崎直行 (のざき なおゆき)

富士通アドバンステクノロジー (株)
開発プラットフォーム統括部
製品設計向け開発プラットフォーム環境の構築に従事。



鎌田聖一 (かまた せいいち)

ものづくりビジネスセンター
ものづくりビジネスに従事。