

VPSを活用した生産準備領域の仮想化

Virtualization of Production Preparation Domain Using VPS

● 船木滋夫 ● 坂田恭一 ● 村田寿憲

あらまし

FUJITSU Manufacturing Industry Solution VPS (Virtual Product Simulator)は、実機中心で行っていた生産準備領域の業務プロセスを3次元データを活用して仮想化することにより、製造レビューから製造指示ドキュメント作成、工程検討に至るまで一貫支援し、ものづくりのQCD (Quality, Cost, Delivery) 向上に貢献するツールである。本ツールを活用することで、早い段階から製造レビュー、検討、検証を行う生産準備のフロントローディングを実現できる。本ツールに生産準備段階で必要となる属性情報、注意事項などを入力することにより、帳票作成、部門間の情報共有、設計変更時の情報配信を効率的に行うこともできる。最近では、製品データの仮想化にとどまらず、生産ラインや生産設備など工場全般へと仮想化領域は広がっている。適用フェーズに関しても、量産前の製造レビュー、検討、検証だけではなく、量産開始後に行う改善活動においても活用できる取り組みを進めている。

本稿では、VPSの活用を中心とした生産準備領域における仮想化の取り組みについて述べる。

Abstract

FUJITSU Manufacturing Industry Solution VPS (Virtual Product Simulator) is a tool that helps enterprises to enhance the quality, cost and delivery (QCD) in *MONOZUKURI* (manufacturing). Leveraging 3D data, it helps them to virtualize work processes during production preparation, a stage where they have so far been relying on machines that are operating. It provides comprehensive support from production reviews through to the preparation of manufacturing instructions and process considerations. The tool makes it possible to front-load operations during production preparation, which means that the manufacturing reviews, deliberations and verifications are incorporated in the early stages of the production processes. With attribute information and precautions required in the preparatory stages in production loaded on the tool, subsequent tasks of preparing forms, sharing information among divisions, and disseminating information on design change, are efficiently executed. Recently, the virtual environment has been extending its coverage to all areas in a plant, from the product data to production lines and facilities. We are also expanding the scope of VPS's application to production phases, from pre-mass-production reviews, deliberations and verifications, to the improvement efforts pursued once the products go into mass production. This paper describes our virtualization in the area of production preparation based on the VPS.

まえがき

日本企業の海外生産は拡大の一途をたどっていたが、昨今の円高是正や新興国における人件費高騰、品質トラブルなどにより、国内回帰の動きが見られる。実際、過去2年間で海外生産拠点を有する企業の約13%が国内に生産拠点を戻し、国内の設備投資も増加傾向にある。⁽¹⁾しかし、少子高齢化による労働の担い手の減少や若者の製造業離れが解消される兆しはない。また、熟練エンジニアの技術継承問題もあり、国内工場が安穏としていられる状況ではない。

一方、海外工場における品質確保も大きな問題となっており、企業の業績を左右しかねない。国内工場とは異なり作業者の習熟による品質向上は期待できないため、習熟度に依存しない適切な作業指示、熟練技術を必要としないシンプルなものづくりが必要である。また、ドイツが提唱するIndustrie 4.0やアメリカのIndustrial Internet, IoT (Internet of Things) の進展を契機とし、次世代ものづくりの議論が活発化している。具体的なプランが提示されているわけではないが、従来の改善だけで対処できるものではないことは確かである。フレキシブルかつマスカスタマイゼーショ

ンが可能なものづくりを実現するために、ロボットを中心とした生産ラインの自動化、センサーやICタグを活用したデータ収集・解析など、ICTをフル活用した付加価値創造が必須である。

このような状況の中、国内工場の役割は一段と重要になってきており、革新的な生産技術の開発、多品種小ロット混流生産・短納期生産の実現、海外工場の立ち上げ支援などが求められている。富士通は製造業のプロセス改革を促し、競争力ある製品を生み出すため、製品の組み立てプロセス検討を3次元モデルで支援するデジタル生産準備ツールFUJITSU Manufacturing Industry Solution VPS (Virtual Product Simulator) を提供している(図-1)。VPSは、CAD (Computer Aided Design) で作成した3次元データを活用し、組み立て生産準備における製造レビューや、製造指示ドキュメント作成といった機能を持つ。また、工程計画ツールとしてGP4、制御系ソフトウェア開発支援としてIOC Expressを加えて、VPSシリーズとして生産準備の業務プロセスを幅広く支援し、500社以上のお客様に活用いただいている。

本稿では、VPSを活用した生産準備領域における「製品データ」「生産ライン」「生産設備」の仮想化の実現について述べ、次に作業現場での人の

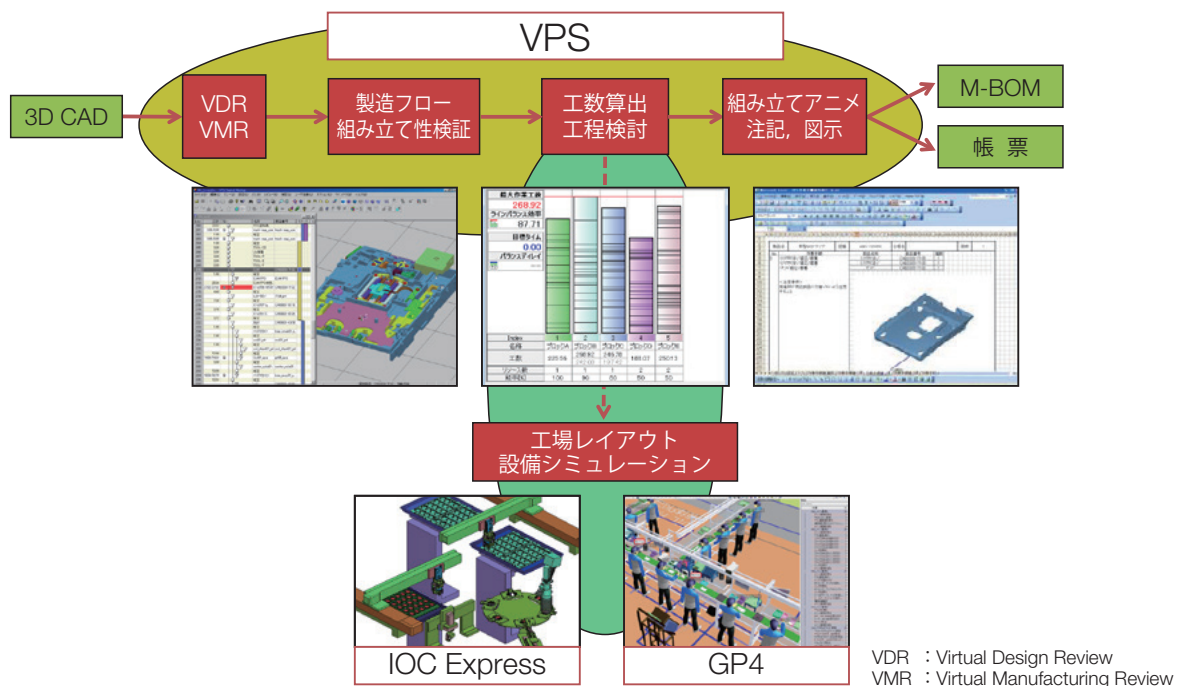


図-1 VPSの概要

動きをセンサーで読み取って仮想化し、VPS上に転写して評価する取り組みについて述べる。

生産準備領域における仮想化

生産準備領域における仮想化は、大きく以下の三つに分けられる。

● 製品データの仮想化

製品データの仮想化を実現するVPSは1990年代に生まれ、3次元CADでは扱えない大規模データを軽快に利用することや、可動部などの動的干渉チェックを行うDMU (Digital Mockup) として活用されていた⁽²⁾。しかし、生産準備業務で活用するには、3次元CADで作成したアセンブリ構成（以下、CAD構成）と形状データだけでは十分ではない。例えば、CAD構成は一般的に設計者単位や機能ユニット単位になっており、組み立て構成にはなっていない。また、工場で管理している副資材や治工具、組み立てや検査といったプロセスに関連する情報もない。したがって、3次元CADの普及だけでは、設計-製造間のコンカレント（同時並行）開発は難しい状況にあった。

そこで、生産準備業務への適用に向けてDFM (Design for Manufacturing) の概念をシステムに組み込み、作業を表記した製造フローに製造要件を付加し、組み立て工数の算出や組み立て性評価を実施できる機能を追加した。また、アニメーションや注記、図示を交えることで組み立て図を必要としない運用を実現し、設計-製造間のコンカレント開発を可能とした。製造に必要な情報をVPSに統合するとともに、設計-製造間の情報不整合をなくし、生産準備業務の効率化を図る。

以下に、VPSを適用した生産準備業務の実施手順を挙げ、各フェーズの効果について述べる。

(1) CAD構成から組み立て構成や組み立て順序の最適化

組み立て構成や組み立て順序の作成は非常に時間がかかる作業であるが、VPSでは部品の形状特徴（大小や抜ける方向）から一括生成する。更に、3次元データをクリックした順で構成を簡単に変更していく順序編集モードも提供し、短時間での製造フロー作成を実現している。

(2) アニメーションの作成

アニメーションは組み立て方向や経路を理解し、

検証するには有効であるが、作成の手間が課題であった。VPSでは、組み立て順序や形状特徴を基にアニメーションを一括生成する。事前準備が不要で視点を考慮して一括生成しているため、アニメーション作成時間を大幅に削減できる。

(3) 組み立て工数などの工程情報の設定と評価

(1), (2) により、視覚的に組み立て手順を理解し、評価できるようになった。更に定量的な評価指標として、組み立て工数や組み立て性の評価を実現している。改善が必要な工程や作業項目を明確化することで、レビュー品質を高めることにつながっている。

(4) VMRの実施

従来の試作機を利用したMR (Manufacturing Review) では、時間や場所、試作台数の制約があり、組み立て性の検証は先送りになることが多かった。3次元CADの設計段階で、作り込んだVPSデータを使用したVMR (Virtual MR) を実施することにより、組み立て性などの改善内容を早期に設計部門にフィードバックすることができる。VMRは、レビュー結果をVPS内に書き込むことができるため、指摘事項への対策状況の進捗や履歴も分かり、情報を一元化できる。

(5) 各種帳票への展開

VPSでは、組み立てアニメーション中の画像に注記や図示、画像を加えることができる。VPSに一元化した情報から複数の帳票 (QC工程図, チェックリスト, 工程別部品表など) に展開することで、帳票間の不整合防止にも役立つ。また、VPSデータを作業指示書代わりに製造現場で閲覧したり、紙が必要なときにExcelなどの形式の帳票に展開したりすることもできる。

(6) 設計変更への対応

VPSの設計変更機能では製造フローへの反映を一括で実施でき、変更箇所の把握、製造フローやアニメーションの修正、変更の影響確認、製造現場への配信が短期間に行える。

上記以外にも、複数の製品バリエーションの組み立て手順を一元管理したり、BOM (Bill of Materials) やMES (Manufacturing Execution System) など製造システムと連携したりすることで、製造現場への適切な作業指示としての活用も拡大している。

VPSを適用することで、出図後の設計変更件数を削減し、再加工、再手配などの設計コスト、部品コストなどを削減できる。更に、帳票作成や作業教育、M-BOM（Manufacturing BOM）の作成などの生産準備工数を削減し、初期流動期間の短縮や量産初期からの高い生産性の実現に貢献している。

● 生産ラインの仮想化

生産ラインの仮想化検証には、3次元データを活用した工程計画ツールであるGP4を使用する。GP4では、VPSで作成した組み立て順番を基に、部品やアセンブリをどこに置き、どのように取り出し組み付けるかを人の動線を含めて評価・検討できる。以下に、GP4を適用した生産準備業務の実施手順と効果について述べる。

(1) 工場レイアウトの作成、検証

必要な設備、部品棚を問題なく配置できるかを事前確認したり、人を配置し作業台の高さを調整したり、面積計算機能により効率的にスペース活用できているかを検証する。検証で使用する部品棚や箱などは、ライブラリに保有している約400種類のデータを活用でき、1パーツずつモデリングする必要はない。

(2) 作業性の評価

人を起点とした組み立て作業の容易さ（届く範囲で部品が取れるか、またその範囲で組み立て作業が可能か）を検証する。製品の重量値によって、片手・両手・助力作業などの作業特性を評価することで、無理な姿勢で手を伸ばす、しゃがんだ姿勢での部品の取り付けなど、ミスの発生しやすい作業への事前対策や検討が可能になる。

(3) 歩行作業の自動生成と動線検証

(1)、(2)で設定したレイアウトや作業手順を基に作業者の歩行をGP4上でシミュレーションする。これにより、作業者の動線に無駄がないか、歩行距離や時間がどれくらいかかるかを検証できる。

(4) 生産性の評価

山積み表^(注)が自動で作成され、ラインバランスや編成効率の評価が行える。各作業者のサイクルタイムとその内訳時間（正味・付随・手待ち）が算出されるため、改善アプローチをどこから手を

(注) 工程ごとの各作業時間を積み上げてグラフ化し、工程間のバランスを把握しやすくするもの。

つけるべきかを気付かせ、生産性向上に向けたアプローチを論理的に検討できる。

GP4の「3次元レイアウト+動線+時間」の分かりやすさを活かし、設計段階から製造現場の意見を反映した生産性の高いラインが構築できる。また、生産数や設備変更など量産後に発生した変化に対し、仮想ラインを用いて様々な改善アイデアを検討し、適切な現場改善に貢献している。

● 生産設備の仮想化

生産設備の仮想化検証には、制御系ソフトウェア開発支援パッケージIOC Expressを使用する。以下、実施手順と効果について述べる。

(1) 実施手順

CADで作成した3次元データを取り込み、仮想化された生産設備（以下、仮想メカ）を作成する。仮想メカは、実機同様の応答を制御装置（PLC：Programmable Logic Controller）などに対して行う。

- ①スライド、回転する部位を関節として定義し、連動して動作する関節を機構（歯車、カムなど）として定義する。
- ②アクチュエーター（モーター、シリンダーなど）やセンサー（リミットスイッチ、光電センサーなど）のパラメーターを定義する。
- ③ワーク（対象物）の搬送条件を定義する。
- ④仮想メカに制御装置のアドレスを割り付ける。
- ⑤制御装置に接続、仮想メカ検証を実施する。

(2) 仮想メカ検証の効果

仮想メカ検証では、実機検証と比較して以下の利点がある。

- ①設備の破損がない。
- ②実機では再現させにくい異常系の検証が可能。
- ③ケガの心配がなく、安全に検証できる。
- ④実機の完成や空きを待たず、制御設計者のペースで検証できる。
- ⑤仮想メカで動きを確認しながら制御プログラムを作成できるため、作成工数を削減できる。

仮想メカ検証の主な効果としては、実機検証時間を大幅に削減でき、立ち上げ期間が短縮できることである（図-2）。既存のラインに設備を導入する場合、稼働の期日内に立ち上げることが要求されるため効果は大きい。また、制御プログラムの品質向上により、量産開始後のライン停止も低減

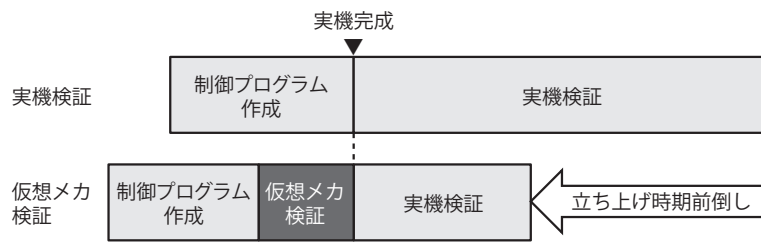


図-2 仮想メカ検証による効果

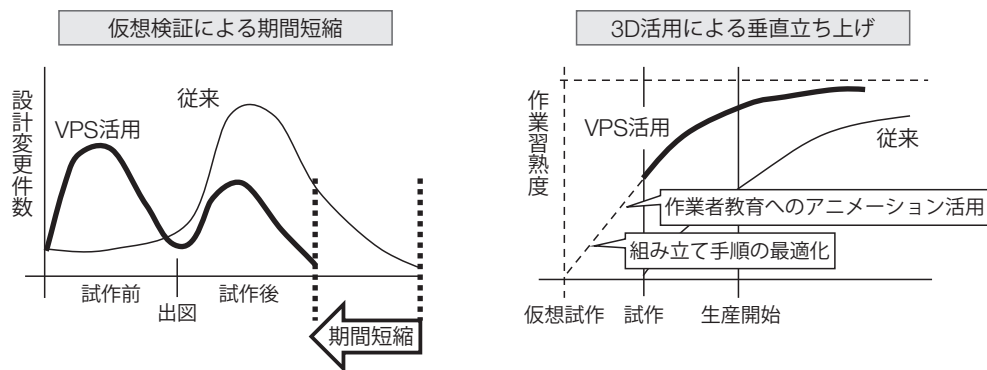


図-3 VPS活用効果例

される。

デジタル/リアル双方向同期化

これまで説明してきたとおり、生産準備の広い範囲で仮想検証が可能となってきた。その結果、開発段階では試作後の設計変更が低減し、開発期間短縮が実現されている。また、生産現場では3D活用により早期に作業習熟度が高まり、生産ラインの垂直立ち上げが可能となった(図-3)。

現在、富士通は、スマートなものづくりを推進しており、生産現場の日々の改善を人手をかけず評価し、仮想空間上に反映して検証している。そこで、リアルからデジタルへのつながりを強化したデジタル/リアル双方向連携の取り組みを開始した。現実の改善活動を仮想空間に取り込むためには、工場の人、モノ、情報をデジタル化することが必要となる。特に、デジタル化が遅れている人の動きについては、歩行動線、上肢、手(指)など、対象範囲や必要分解能により最適なセンシング方法を選択する。

(1) 歩行動線

歩行動線の測定は、作業者の衣服などにビーコ

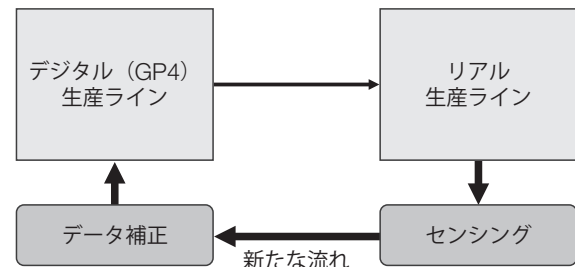


図-4 歩行動線情報とGP4の同期化

ンを取り付け、天井や柱などに配置されたセンサー群により位置を特定する屋内測位システムを活用する。歩行動線のデータ(各ビーコンの時系列位置座標)から、あり得ない位置へのジャンプなどの異常値をクレンジングし、動線を補間した後、仮想空間に展開する(図-4)。

更に、仮想空間に自動生成した動線と現実の作業者の歩行動線を重ねて表示し差分を分析することで、部材供給の動線最適化による供給時間の低減や省人化効果を事前に検証できる。本技術は、作業者だけでなく、保守点検者や無人搬送車への適用も始まっている。

(2) 上肢・手の動線

富士通グループの工場の多くは、混流生産の組み立て作業を行っている。ここでは、歩行動線よりも上肢や手の動きを把握し、指示どおりに作業が行われているのか、両腕は効率良く動いているかなどを分析したいというニーズがある。上肢や手の動線測定は、既存のモーションキャプチャー機器を活用し、人体の関節の時系列位置情報を取得することで実現できる。

(3) 動作から要素作業への意味付け

動作を仮想空間に取り込んだだけではビデオ分析と差異がなく、細かな評価は実施できない。そのため、上肢や手の動作を作業手順書の各作業に分解し、意味付けする技術の開発を進めている。この意味付けの自動化が、日々改善が進行している現場を仮想化するデジタル/リアル双方向同期化の鍵であると考えている。

動作を作業へ変換するには、各動作の特徴量を抽出し、作業変化点を検出する必要があるが、上肢や手の位置情報だけでは不十分であり、作業分析データとしての精度も高くない。このため、加速度や視線、製品の位置情報を融合して総合的に判断し、最終的には既知の作業手順書と整合を取りながら要素作業に分解する。意味付け技術の確立により、仮想空間上ではデジタルとリアルの動作差分だけではなく作業分析（作業時間分析、異常作業検出など）が自動で可能となり、改善の加速が見込まれる。

また、実用化に向けては、意味付け技術のロバスト性向上、低コスト化も課題となる。

む す び

本稿では、VPS活用を中心とした生産準備領域における仮想化の取り組みについて、製品データ、生産ライン、生産設備の三つのカテゴリーに分けて述べた。富士通は、お客様の業務へのVPS適用を支援し、グローバル化、国内回帰、マスカスタマイゼーションなど、製造業のお客様が抱える課題解決に貢献していく。

今後は、操作性を高めて仮想化環境を短期間で簡単に構築できるようにするとともに、三つのカテゴリー間の連携性を高め、相互利用を深めることで適用効果の拡大を図っていく。

参考文献

- (1) 経済産業省：2015年版ものづくり白書。
<http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2015/>
- (2) 湯浅英樹：VPS（Virtual Product Simulator）モノを作らないものづくりⅡ，FOM出版，2009。

著者紹介



船木滋夫（ふなき しげお）

デジタルプロセス（株）
VPSビジネス部
VPSの開発に従事。



坂田恭一（さかた きょういち）

デジタルプロセス（株）
VPSビジネス部
VPSの拡販、適用支援に従事。



村田寿憲（むらた ひさのり）

テクノロジー&ものづくり本部
共通生産技術センター
全社共通生産技術の開発に従事。