はじめての

精密工学

ICT を活用したものづくり： 設備シミュレーション技術

Manufacturing System Support Technology Using ICT : Manufacturing Cell
Simulation Technology/Hironori HIBINO

東京理科大学 日比野浩典

1. はじめに

ドイツ発の Industrie4.0 のコンセプトが世界的に注目され、IoT (Internet of Things) や M2M (Machine to Machine) など、ものの情報、および、センサーや機械の情報などをインターネットなどを通して取得し、管理・制御するつながる工場が注目されつつある。IoT や M2M の関連技術は、これまでも先進国などで研究開発され、一部技術は、すでに実用段階に入っている。これらは、工場内やサプライチェーンで利用されている。他方で、生産システムを短期間に設計・構築することは産業界の競争向上に不可欠となっている。生産システムの設計・構築におけるエンジニアリングチェーンのさまざまなプロセスで改革・革新を行い、生産性向上、在庫削減、品質管理向上、不良品削減などの効果を得ることがますます重要となっている。産業界では、従来から取り組まれているコンカレントエンジニアリングによる製品開発から生産準備、工程実装に至るさまざまな活動の同期化に加え、最近では、これらの活動を情報技術を利用して高度化するデジタルマニュファクチャリングを導入しはじめている¹⁾。特に、製品設計では、二次元の CAD (Computer Aided Design) から三次元の CAD へと移行が進み、三次元でモデル化された情報は下流にあたる生産準備・工程実装のさまざまなアプリケーションで再利用できる環境が整いつつある。デジタルマニュファクチャリングにおいて、計算機の中に生産におけるさまざまな要素やそのプロセスをモデル化し、計算機内で生産の事前評価を実施する技術をバーチャルマニュファクチャリング (VM)、あるいはバーチャルファクトリ (VF) と呼び、重要性が高まっている。VM は、生産システムを無駄なく、間違いなく、短期間で構築するための支援技術であり、エンジニアリングチェーンをつなぐ技術と捉えることができる。VM において、シミュレーション技術が特に重要となる。経済産業省主導の技術戦略マップでは、生産システムの関係技術は、システム・新製造領域の設計・製造・加工分野に詳細が記されており、今後 15 年間に VM が最重要技術になるとして、提言されている²⁾。VM による生産システム設計・構築の効率化の概要を図 1 に示す。

本報では、生産システムを実際に構築する工程実装段階での VM に焦点を絞り、工程実装での VM として注目さ

れている設備シミュレーション技術動向を紹介する。

2. 設備シミュレーション技術

設備シミュレーションは、生産システムを実際に構築する工程実装の早い段階で部分的に実機と仮想モデルを連動し、その時点で存在しない実機やソフトウェア (各種プログラム)などをシミュレーションで補完しながらリアルタイムな時刻の進行に沿って生産システムを模擬動作させる³⁾。これにより、システムの動作、状況、現象などの事前評価や三次元モデルによる挙動の可視化を可能とする。仮想モデル上の設備動作や状況の変化に伴うタイミング制御などは実コントローラとの同期により精密さをもって実現できる。図 2 に設備シミュレーションの概要を示す。具体的には、設備シミュレーションの利用により、ロボット、コンベアなどの機器が製造現場に揃う前に、それらの機器の振る舞いをシミュレーション上で仮想的に補うことで、次に示す 3 つの主な検証を可能とする。

- ・ システムの制御プログラムの検証
- ・ 操作盤や情報端末などの多種多様な機器との同期や情報交換などの接続性に関する検証
- ・ 生産管理や製造指示などの製造に伴う各種生産管理アプリケーションの動作や接続性に関する検証

これらの検証により、プログラムの品質やシステム動作を実工場が稼動する前に確認が可能であるのみならず、システム設計上の問題を早期に発見し、再設計を速やかに実施可能である特徴をもつ。設備シミュレーションは生産システムを実際に構築し、製造を開始できる状態にするまでの生産構築のエンジニアや実システムを改善するエンジニアを支援する。

3. 設備シミュレーションの導入・普及

工程実装段階では、図 3 に示すように、まず、設備設計と呼ばれるハードウェアの設計と実装、および、電気設計と呼ばれるソフトウェアの設計と実装が実施される。設備設計では、加工設備、組立設備、検査設備などの設計と実装が実施される。電気設計では、システムシーケンス制御を実施する PLC 用のラダープログラム、産業用ロボット動作のロボットプログラム、進捗管理システムプログラム、生産指示プログラムなどの設計と実装が行われる。通常、設備設計と電気設計は、部署が異なり別々で実施され

図1 VMによる生産システム設計・構築の効率化の概要

図3 工程実装段階のこれまでの課題

図2 設備シミュレーションの概要

図4 設備シミュレーションの利用と工程実装の関係

る。これらの設計と実装は外部企業へ委託する場合も多い。ソフトウェアの検証は、ロボット、コンベアなどの機器が製造現場に揃わないと評価が難しかった。ハードウェアとソフトウェアを生産現場にもち寄り動作確認し、調整する。ハードウェアの納入が遅れれば、ソフトウェアの動作確認ができない。また、ソフトウェアの検証時に、システム設計上の問題があると上流工程に手戻りが発生し、再設計が必要となり、構築時間に遅延が生じることも多かった。そのため、より製造現場に近い工程実装段階の活動を支援する設備シミュレーション技術への期待が高まっている。過去にも設備シミュレーションのニーズはあったが実用化が難しかった。2000年以降研究が進展し、商用シミュレータも開発され始めている^{4)~8)}。その理由を以下に記す。

(1) 製造機器のインターフェース（IF）の標準化・オープン化の進展

設備シミュレーションでは、製造で使用する多種多様の機器を接続する必要がある。従来は1対1の専用IFを独自に開発する必要があった。現在は、標準的なIFが整備されており、設備シミュレーションと機器の接続が柔軟かつ簡易に実現できる。例えば、産業用標準IFとしてOPC（OLE for

Process Control)⁹⁾、ORiN（Open Robot/Resource Interface Network)¹⁰⁾がある。

(2) 三次元CAD情報の普及

設備シミュレーションでは、三次元CADで作成された設備やワークなどを三次元仮想モデル内で扱う。近年、製品設計、生産準備では二次元のCADから三次元のCADへと移行が進み、設備やワークなどの三次元情報が取得しやすくなった。上流で作成された三次元情報を設備シミュレーションで利用することが可能となり、三次元仮想モデルの作成時間が短縮化できる。

(3) 処理速度の高速化・パーソナルコンピュータによる動作環境の低価格化

三次元モデルの動的な挙動をリアルタイム性を維持して扱うためには、CPU（Central Processing Unit）やGPU（Graphics Processing Unit）の処理速度の高速化が必要である。従来は、UNIXなどを利用する高価なコンピュータが必要であった。近年、Windowsを利用するパーソナルコンピュータ（PC）による処理速度の高速化が実現されており、PCを利用して設備シミュレーションが動作可能となっている。また、これに伴い、動作環境構築の低

価格化が実現できる。

設備シミュレーションの利用と工程実装のプロセスとの関係を図4に示す。工程実装の初期段階では、ハードウェアである設備等がほとんどそろっていないため、設備等を設備シミュレータ内に仮想設備としてモデル化する。さまざまな仮想設備を用いて生産ラインを仮想的に構築する。生産ラインを動作させるためのPLCやロボットコントローラのプログラムの評価を、実機のPLCおよびロボットコントローラと、仮想ラインとを連携して実施する。例えば、設備シミュレータ内の三次元モデルのワークが仮想のコンベアの終端に達したタイミングで仮想の近接センサーがONとなり、この信号を受け取った実機のロボットコントローラはピッキング処理を仮想のロボットに指示する。

工程実装のプロセスが進んでくると、初期段階では存在していなかったハードウェアがそろい始めるため、設備シミュレータ内の仮想設備が減り、設備シミュレータの受けもつ部分が減り、最終的にはシステム全てが実機に置き換わる。

4. お わ り に

本報では、工程実装でのVMとして注目されている設備シミュレーション技術動向の特長、および導入・普及を紹介した。

ドイツのIndustrie4.0、米国のNational Network for Manufacturing Innovation (NNMI) など国家レベルの産業競争力強化が実施され、自国内の生産技術の優位性を保つことが再注目され始めている。NNMIにおいて、エンジニアリングチェーンにおけるデジタル情報の新しい活用方法などを産学官連携で研究するDigital Manufacturing

And Design Innovation Institute (DMDII) 研究所などが2013年に新設されており、今後の動向を注目する必要がある。日本においても、今後もこれらの技術を高度化する要素技術の研究開発は進展するものと期待している。今後の要素技術の継続的な開発により、より多くの技術者が必要となるときに、より簡易、かつ、より短時間で精度よく求める結果を得ることが可能となるであろう。将来的には、シミュレーションを駆使して、製品設計者が生産準備段階および工程実装段階の生産システムの設計・構築をフロントローディングで実施し、一気通貫で製品の設計から生産システム立ち上げまで担当することができるかもしれない。これがバーチャルマニュファクチャリングの究極の姿の一つと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 日比野浩典：生産システムのシミュレーション技術の最新動向、計測と制御, **52**, 1 (2013) 29.
- 2) 日本機械工業連合会・製造科学技術センター：平成19年度次世代社会構造対応型製造技術の体系・統計調査報告, (2008).
- 3) H. Hibino, T. Inukai and Y. Fukuda: Efficient Manufacturing System Implementation Based on Combination between Real and Virtual Factory, International Journal of Production Research, **44** (2006) 3897.
- 4) 宮内孝, 小林大介, 藤田和明：設備制御ソフトウェア開発の効率を向上させる実機レス デバッグシステムの適用, 東芝レビュー, **64**, 5 (2009) 10.
- 5) DelmiaAutomation: <http://www.3ds.com/> (2015).
- 6) 3Dcreate: <http://www.visualcomponents.com/> (2015).
- 7) VPS: <http://jp.fujitsu.com/solutions/> (2015).
- 8) ロボットシミュレーションソフトウェア: <http://www.denso-wave.com/ja/robot/product/software/EMU.html> (2015).
- 9) 日本 OPC 協議会: <https://jp.opcfoundation.org/> (2015).
- 10) ORiN 協議会: <http://www.orin.jp/> (2015).