設計と製造をシームレスにつなぐ ICT システムの現状と今後の方向性*

Study on ICT System Today and Future for Engineering Chain Connection in Manufacturing from Product Design to Production

中村昌弘**

Masahiro NAKAMURA

Key words

engineering chain, supply chain, production model, production simulation, digital mock-up, 3DCAD, Simulation Integrated Manufacturing

1. はじめに

製造業では製品設計と製造をつなぐ必要性がいわれて久しいが、今日のモノづくりでは、まだ、これが十分に実現されているとはいえない。本稿では、製品設計と製造において、特に ICT システムの視点で設計と製造の連携がどのような状況であるのか、また、現状の課題を併せて説明する。さらに今後のモノづくりの動きを踏まえて、今後、どのようなアプローチを取っていけばよいかを考える。

2. エンジニアリング・チェーンの現状

2.1 エンジニアリング・チェーンはつながっていない

製品設計から製造へ展開する業務プロセスであるエンジニアリング・チェーンにおいては、以前より、データ連携の重要性が叫ばれてきた。ここでは設計データの 3D が進む中で、製品に関係する情報については、3D-CAD やデジタルモックアップ、3D ビューワなどを活用した生産現場での作業指示書の浸透に見るように、徐々に連携が進みつつある。しかしながら、現状のアプローチは製品設計情報を製造へ展開するという製品設計側の視点に基づいたものが主流であり、製造側の視点が欠落している状況である。

ここで製造側の視点とは、製品設計以外の、製品を製造するための工程設計や作業標準の策定、設備計画や生産工場のフロアプラン、また、構内物流などのエンジニアリング要素以外の材料の調達や生産計画、作業要員編成などを含めたものである。そして、このような製造側の視点については、3D-CAD やデジタルモックアップで対応することはできず、もっぱら、Microsoft EXCEL などの、言わばドキュメント・ツールを使って、業務担当者が個別に記述しているに過ぎない。大手企業であってもこれらのデータは各業務担当者の引き出しの中に散在している状況が多

くみられる。すなわち個別のデータ運用になってしまうことにより、各業務におけるウハウが属人化されてしまうと、それぞれの業務での調整や、後の業務プロセスでの修正が必要となる。この状況はまさしく、エンジニアリング・チェーンの欠落領域にもなっていることがいえる（図 1）。そしてこれらは生産準備における計画業務のやり直しとなり、業務効率が非効率となっている。特に量産試作や量産開始後には、このやり直しが非常に多く発生する。これらの活動を生産現場では「カイゼン」と呼ぶことになるわけであるが、エンジニアリング・チェーンの流れから見るとやり直しに他ならない。

製造のために重要な MBOM（Manufacturing Bill of Materials：製造部品表）なども本来ならばエンジニアリング・チェーンの上流で策定したいところではあるが、上記の理由で最終仕様が固まらず、結果的に量産直前に策定せざるを得ない状況となっている¹⁾。

2.2 サプライ・チェーンの連携も不十分

前節ではエンジニアリング・チェーンを中心に述べたが、製造に当たってはモノの供給の視点が重要であるため、製品設計と製造が真の意味でつながるためにはサプライ・チェーンも併せて考えることが重要である。量産試作

図1 エンジニアリング・チェーンにおける ICT の欠落領域

*原稿受付 平成 26 年 12 月 21 日

**株式会社レクサー・リサーチ（東京都千代田区東神田 2-3-3-6F）

図2 エンジニアリング・チェーンとサプライ・チェーンの現状

図3 生産現場を意識した生産シミュレーションの例

や量産段階においては生産計画や調達計画、構内物流の要件を加味して製造を行うため、これらの要件に対応できる工程設計や物流設計をはじめとする生産体制を作り上げなければならない²⁾。しかし、現状、多くの製造現場では量産立ち上がり段階では不十分な準備状況である場合が多い。工程設計は製品設計と直結するため、製品設計の影響は大きい。これらが生産準備段階でうまく作り上げられておらず、量産時点でやり直しが起きてしまうこととなる(図2)。

3. 生産準備における ICT システムの現状と課題

3.1 エンジニアリング・チェーンにおける ICT 化の現状と課題

生産準備においては、製品設計での3次元設計の導入を起点として、デジタルモックアップによる組立成立性の検証を行うことによる製造要件の組み込みのフロントローディングが進んでいる。例えば海外製品では DELMIA (Dassault Systèmes), Tecnomatix (Siemens PLM Sofewave), 国内製品では VPS など、さまざまなソフトウェアツールが提供されている。また、XVL をはじめとする3次元設計データを活用した3Dビューワにより、製品設計から製造へ設計データを流し込むことで製品に関わる情報連携は進んでいる。しかしながら、製造にとって重要な工程設計や作業性検討、作業標準の策定、設備計画や生産工場のフロアプラン、構内物流などの生産システム設計は、多くは業務担当者が個別に実施されているに過ぎない。

一方、これらの業務に対する ICT 化の取り組みは以前より試みられている。生産シミュレーションを駆使して、製品設計情報を活用しながら、工程設計や物流設計などの視点で計画の検証を行おうとするものである。例えば、海外製品では DELMIA QUEST (Dassault Systèmes), WITNESS (Lanner Group Ltd.), Plant Simulation (Siemens PLM Software) などは、計画段階での検証精度を高めることを指向したソフトウェアツールである。一方、国内製品の GP4 (富士通(株)) は作業者の作業性を

検証するための機能や、また生産ラインのレイアウト変更を即座に行える機能など、生産現場を指向した日本製ならではのソフトウェアツールである(図3)。

しかしながら、これらのソフトウェアツールだけで製品設計と製造が十分に連携できるわけではない。これらのソフトウェアツールでは、対象とする評価機能がそれぞれ限られていることや、ソフトウェアツールを適用するにあたっての準備工数が必要であることが原因である。

多くのソフトウェアツールはそれぞれの目的に対する機能やデータモデルをもっているが、全ての製造要素に対応しているわけではない。また、多くはシミュレーションを行うための準備として専用プログラムを個別に開発することやデータ入力が必要であり、この準備に工数と専用スキルを要することなどから、製造部門の業務スタッフが直接、利用することが難しい。多くは社内の専門部門に社内委託する形態を取らざるを得ない状況である。ここでは、製造要件として作業標準の策定、設備計画や生産工場のフロアプラン、構内物流などの現場に則した具体的なエンジニアリング要素を組み込むことが有効かつ、必要であるため、個別に組み込む要望が強いことが背景にある。

このように、生産シミュレーションによる生産準備は製品設計と製造の連携のために有効な技術ではあるが、現状では課題が残っている。一方、製造要件を検証できるすべての情報を生産システムのデータモデルとしてもち、さらに業務スタッフが直接、利用できる利便性の高いソフトウェアツールを実現することができれば、生産システム設計をキーとして、製品設計から製造までのシームレスな連携を実現できると考えられる。

4. IoT 等の新しいモノづくりの動き

4.1 Industry 4.0, Industrial Internet

近年、ICT の発展に伴い、IoT (Internet of Things) の考え方を製造に取り入れようとする活動が、海外から動き出している。ドイツでは国が主導する Industry 4.0³⁾、米国では、GE が提唱する Industrial Internet⁴⁾などのコンセプトの具体化が進みつつある。本章では、これらの動きを

図4 Industry 4.0 のコンセプト

図5 Industry 4.0 に求められるもの

視野に入れることで、今後の方向性を考える背景とする。

つまり、これらの新しいモノづくりの動きは生産システムの構成技術に関わるものではあるが、これらに対応して製品設計を起点とするエンジニアリング・チェーンがどのように関わっていくかは、今後の製品設計と製造の連携を考えていくうえでのポイントとなる。

Industry 4.0 は、自律動作するスマートマシンやスマート端末を装着する作業者を M2M（マシン・ツー・マシン）や M2H（マシン・ツー・ヒューマン）技術を紹介して連携させ、生産システム全体が生産要求に対して能動的に動作することを目指している。また、スマートマシンをプラグ&プレイで生産システムに組み込むことや交換することにより、多様な生産の目的に柔軟に対応しようとするものである。ビッグデータ解析と連携することで、データ分析的な対応も可能となる。

IoT を活用して柔軟な生産を実現することができるようになると多品種少量生産などの実現が容易となり、市場のニーズに細やかに対応していくことができる。このような生産システムのコンセプトは、近い将来、何らかの形で実現されていくものであり、今後のモノづくりはこれらを想定した製品設計と製造の連携を視野に入れる必要がある。

4.2 Industry 4.0 に求められるもの

IoT によるモノづくりは将来性の高いモノづくりコンセプトであるが、一方、新しい生産形態を導入することで対応しなければならない技術テーマが出てくる。

図5に示すように、スマートファクトリ化やビッグデータ解析が現状のテーマとして議論されているが、今からのテーマとして、スマートマシンとしてどのようなモジュールが必要なのか、また、どのように生産システム全体を設計するのかという、生産システム設計技術が今後、求められる。各スマートマシンは自律動作するとはいえ、生産システムの全体設計に問題があれば、その能力を発揮させることができないからである。また、生産性や品質において、どのような作り方をすれば最良の生産ができるのかなどの、今まで培ってきたモノづくりのプロフェッショナルのノウハウや方法論を体系化し、生かしていく技術は

図6 生産モデルによる統合とコンカレント化

別途、求められてくる。

すなわち、エンジニアリングの観点では、問題が発生した事後の対策より、基本設計としての生産システム設計が重要になってくる。製品設計と製造の連携を強化し、エンジニアリング・チェーンの上流において造り込んでいくことが求められてくると考えられる。

5. 今後の方向性

5.1 生産モデルによるエンジニアリング・チェーンとサプライ・チェーンの統合とコンカレント化

ここまで検討してきたように、製品設計と製造の連携としてのエンジニアリング・チェーンに対する ICT 化によるシームレスな連携は不十分であるとともに、エンジニアリング・チェーンとサプライ・チェーンの連携はこれからの課題である。

この課題に対するアプローチとしては、生産準備の上流において生産システムを造り込むことで、エンジニアリング・チェーンとサプライ・チェーンを統合設計し、結果的に改善活動をフロントローディングすることが考えられる。

このためには、生産システムを表現することができる生産モデルを中心に据えて、設計から製造までのエンジニア

図7 生産モデルの論理概念

リング活動を、サプライ・チェーンの要素を含めて、実施することであろう（図6）。

生産モデルを中心に据えることでさまざまなエンジニアリング活動を早期に実施し、現場での改善活動のフロントローディングを実現することができる。これは生産準備活動に留まらず、製品設計や、製品設計以前の原価活動や製品企画業務まで遡ることができれば、各業務の計画精度は飛躍的に高まる。

また、エンジニアリング・チェーンとサプライ・チェーンが上流段階でコンカレントに検討できることで、サプライ・チェーン要素を加味して適切な工程設計を実施することができるため、設計のモジュール化の有効性を検証することや、MBOM 開発の手戻りを減らすなどの効果が期待される。

さらに、早期に生産システムの方針を固めることができるため、製造部門に対するモノづくりの方針を明確に打ち出すことができる。製造現場でのカイゼンは将来とも重要な活動であるが、多品種少量生産や自動化などの多様なモノづくりに変化していく中では、どのような観点でカイゼンしていくのかを明確に示すことが必要となってくる。生産システムの設計コンセプトを製造部門に明確な方向性として伝えることで、「フィードフォワード（未来に焦点を当てて助言すること）」を実現できる⁵⁾。フィードフォワードは日本のモノづくりで語られることは少ないが、モノづくりがグローバル化し、多品種少量生産や自動化などの多様な形態のモノづくりに変化し、さらに、IoTをはじめとする新しい生産方式が導入される中で、指針に対する対応の考え方を伝えるフィードフォワードは重要となってくる。

このような生産モデルを活用する考え方などを導入し、エンジニアリング業務全体を効率化するとともに、組織全体の方向性を打ち出しながら、モノづくり活動を強く推進することが今後、求められてくると考えられる。

5.2 生産モデルとは何か

前節で紹介した生産モデルであるが、ここで生産モデルとは何かを簡単に説明する。

生産モデルとは生産システムを記述するデータモデルである（図7）。生産のための生産プロセスと生産リソースが定義され、生産財としての部品とともに生産計画を与えられると、生産プロセスに従って生産リソースを利用しながら製品が生産されるものである。実際の工場で行われる生産行為を論理的に実現されるものであり、生産シミュレーションはこれらの論理的な生産を仮想的に実行するソフトウェアとして位置づけられる⁶⁾。

5.3 生産モデルによるシームレスな連携「SIM」コンセプト

それでは、生産モデルを中核に据えるエンジニアリング活動をどのように実現していくのかを考える。

生産モデルで各計画業務の検証を実施するためには生産シミュレーションを活用することが有効であり、必要である。図8に示すように、製品企画段階から生産戦略、製品設計、工程設計、フロアプラン設計、物流設計、ツーリング計画、さらには量産後の作業員編成や生産計画まで、一貫して生産シミュレーションを適用し、共通の生産モデルをバックボーンとした検証を行うことが有効である。ここで重要な点は、生産モデルとして、実際の工場で実施されている現場の要素を組み込むことである。フロアプランや物流、設備、ツーリング、さらには作業員編成の情報を活用することで生産モデルの充実度が高まり、シミュレーション結果の信頼性や精度を高めることができる。

このように、生産シミュレーションを駆使してエンジニアリング業務を統合する考え方を、筆者は「シミュレーション統合型生産（Simulation Integrated Manufacturing, SIM（エスアイエム）」と呼んでいる（図8）。1900年代後半に始まったCIM（シーアイエム）はコンピュータをつないで「データを交換する」ことによるモノづくりであったわけであるが、「SIM」のコンセプトは、モノづくりの各要素を生産シミュレーションで連携することにより、「生産要素の意味的な結合を実現する」モノづくりである。単なるデータ結合の時代から、今後の多様なモノづくりの時代においては、エンジニアリング活動の意味的な結合が求められる。「SIM」の考え方により、多品種少量や自動化などに留まらず、IoTをはじめとするモノづくり方式の大きな変化に対応することができる⁷⁾。

6. ま と め

本稿では、まず、エンジニアリング・チェーンの現状を見たうえで、各業務が連携できていない状況とその背景を確認した。

次に、エンジニアリング・チェーンにおいて ICT システムが対応している領域を確認し、そこでの課題を明らかにするとともに、この課題を解決する方向性についても考えた。

その後、新しいモノづくりの潮流として Industry 4.0 をはじめとする IoT のモノづくりへの適用を確認し、今後の対応テーマについて検討した。

図 8 「SIM」コンセプト

さらに現状の課題を踏まえて、今後のモノづくりの在り方について考えた。ここでは、生産モデルの概念をエンジニアリング・チェーンとサプライ・チェーンの中心に置き、さまざまなエンジニアリング業務をシームレスにつなぐアプローチを紹介した。また、このためには生産シミュレーションを各業務に対して一貫して適用することで実現できることを説明した。

最後に、筆者が「Simulation Integrated Manufacturing」と呼ぶこの考え方は、新しい時代のモノづくりにおける有用なコンセプトであることを紹介した。

参 考 文 献

- 1) 中村昌弘, 渡邊一衛: グローバル生産の究極形, 日経 BP, (2011).
- 2) 中村昌弘: 日本製造業を立て直す「超ものづくり経営」, 日経 BP, (2012).
- 3) Securing the future of German manufacturing industry,

Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, Final report of the Industrie 4.0 Working Group, April 2014.

- 4) <http://www.ge.com/stories/industrial-internet>
- 5) 中村昌弘: グローバルなものづくりで勝つカギは理想的な生産モデルの追及にあり, 日経ものづくり, 10月号(2014).
- 6) 中村昌弘: シミュレーションが変革～生産戦略のグランドデザイン, 日経ものづくり, 5月号(2014).
- 7) 中村昌弘: 生産システム設計の新手法を開発, 日経ものづくり, 1月号(2015).

中村昌弘

大阪大学大学院工学研究科生産科学専攻博士課程修了。工学博士。著書は「グローバル生産の究極形」, 中村昌弘, 渡邊一衛, 日経 BP (2011), 「日本製造業を立て直す「超ものづくり経営」」, 日経 BP (2012), 「生産エンジニアリングの「革新力」」, JIPMソリューション (2010)。