

日本的な「つながる工場」実現へ向けた
製造プロセスイノベーションの提言

平成 26 年 6 月

一般社団法人日本機械学会

生産システム部門

目次

1. はじめに.....	2
2. 「つながる工場」とは.....	3
3. 製造業の連携モデルと標準化の課題.....	4
4. 連携プラットフォームと ICT 利活用.....	6
5. 技術イネーブラーと学会の役割.....	7
6. ゲームのルールを変える.....	8
参考資料（1）意見交換会開催状況.....	11
参考資料（2）参加者名簿.....	12

1. はじめに

ドイツ政府が国策として産学官で現在取り組んでいる「第4次生産革命、インダストリー4.0」のキーコンセプトは、「つながる工場」である。モノのインターネット（IoT）の今後の急速な普及にともない、工場の設備や機器が工場の垣根を越えてつながり、製造の現場と消費者とがダイレクトにつながる。そして、そうした設備や機器の調達先や、それら进行操作する作業員、設置または修理するエンジニアもがネットワークでつながり、製造業のビジネス形態、働く人々のライフスタイルまでもが大きく変わることを予見している。

一方で、我が国では、多くの製造業がよりコストの安い労働力を求めて製造拠点を海外へ移し、多くの雇用が失われると同時に、世界に冠たる製造立国として、その基盤そのものが大きく揺らいでいる。グローバル化の流れとともに、サプライチェーン、エンジニアリングチェーン上での競争ルールが劇的に変わり、部品メーカー、製造機器メーカーといった、最終製品メーカーにモノを供給する企業も、勝ち残りのための戦略転換を余儀なくされている。10年後、20年後を見据えた変革はどうあるべきか。キーワードは、オープン&クローズ化、製造のサービス化、そしてICTによる“日本的な”「つながる工場」だ。

現在、モノづくりのイノベーション政策として、3Dプリンタの技術開発とその普及が注目されている。あるいは産業用ロボット技術の用途拡大などに期待が集まっている。戦後の高度成長期を支えた町工場が生活空間のすぐそばにあったように、これらの新たなイノベーションは、ものづくりの現場をより身近な場所に引き戻す大きな流れとなるだろう。ただし、その一方で、変革を迫られた従来の工場では、大規模な投資もままならない情勢の中で、あい変わらず、戦略的手詰まり感が蔓延している。

本稿では、中堅、中小製造業も含めた次世代工場のためのキーコンセプトを明らかにし、我が国のモノづくりの基本政策として取り組むべき課題と、その解決へむけた方策について提言する。ドイツの例を見るまでもなく、もはや製造業の世界においてもICT化、オープン化、ネットワーク化は避けてとおることができない。ただし、我が国は、我が国がもつ技術力、開発力、現場力、そして過去から培ってきた日本的なモノづくり文化を踏まえ、我が国なりのやり方で「つながる工場」を定義し、それを実現すべきである。

そして、提言とともに、日本機械学会生産システム部門としての立ち位置、イノベーションの実現へ向けて貢献できる技術的、学問的なテーマと課題、そしてこれからの具体的なアクションプランについても併せて付記したい。

2. 「つながる工場」とは

新しいコンセプトとしての日本的な「つながる工場」について説明するために、3つの仮想シナリオを紹介する。まず、シナリオ1は、最終製品を製造するニッチトップ企業のモデルである。

シナリオ1

2018年、法政工業（仮称）は、東京オリンピック&パラリンピック開催に向けて開発した障がい者用補助具を発表。3Dプリンタと一部金属部品を組み込んだ製造工程は非常に複雑で月産10台程度を予定したものであった。これが北欧のメディアで紹介され、2022年の時点で月産2000台の生産体制に段階的に事業を拡大。製造コミュニティプラットフォームを活用し、自社工場を福島県に建設するまでの間をネットワーク型ファブ方式で投資コストとリスクを押さえつつ対応した。

いわゆる3Dプリンタは、小ロットで繰り返しのない注文に向いており、量産の場合はそれに対応した工場の設備投資を行ったほうが1個あたりのコストが安くなる。問題はその中間の状態であり、ニッチトップ企業が必ず通過するプロセスともいえる。こうした中間的な生産ロットの場合の製造委託のしくみとして「つながる工場」が利用できる。

一方、以下のシナリオ2は、サポートインダストリー（サポイン）企業の例である。

シナリオ2

法政精密（仮称）は、大手素材メーカーとの共同開発プログラムに応募し新複合素材の難加工技術を確立した。第三者による技術評価指標と知財管理により、その後は安定的に加工注文が得られるとともに、製造コミュニティプラットフォームを介した新規引き合いが増え、海外からの注文も飛躍的に伸びていった。量産または繰り返し型の注文もあったが、同社は規模拡大をせず、それらをライセンス供与する一方で、新たな加工技術の開発に常に経営資源を集中させている。

中小企業の高い加工技術が、大手製造業の製造プロセスの一部を支えていることは周知のとおりであるが、こうしたマッチングを図るのみではなく、そこでの健全は取引と技術評価と知財管理をしくみとして保証することで、さらなる飛躍が見込まれる。また、物流や通関等の機能とも連携することで、海外からの受注増加も期待できる。

そして、最後の例は、まったく新しいタイプの製造サービス企業のイメージである。

シナリオ 3

機械加工を得意とする受託製造サービス大手のホーセイ（仮称）は、2025年の現在で国内3位となる。2014年当時にEMS（電子機器受託製造サービス）事業を大幅に縮小し、機械加工および樹脂製品にシフトした。工程管理を徹底的に標準化するとともに、比較的成本の安いプレス+板金加工と溶接ロボットの組合せで合理化、1個作りから月産5,000個までをこなす。主力は電気自動車の内装部品で、顧客の生産管理システムとクラウド上で連動し1日2便電子かんばんで納入している。

エレクトロニクスの進歩により、メカ要素がどんどんエレキやソフトに置き換えられ、それらがICチップ化、プリント基板化され、EMS企業に外部委託できるようになった。しかし一方で、すりあわせ型のモノづくりが必要なメカ要素は依然として存在し、こうした欧米的発想の製造サービスとはなり得ていない。そうした部分を効率よく高品質に行なうのは、我が国の製造業の得意とするところであり、これが明日の製造ビジネスのキラーコンテンツとなる可能性は大いにある。

「つながる工場」の特徴は、モノをつくるプロセスが企業を超えて相互に連携することである。これまでのサプライチェーンでは、多くの場合、異なる企業間での取引として、モノを介した売り買いの関係でつながっていた。これに対して、製造プロセスがダイレクトに連携するようになると、素材、部品、モジュール品、そして製品といった定型的な単位での取引のみではなく、中間品や仕掛品といった単位でのやりとりや、製造プロセスを部分的に委託する形態がこれまで以上に柔軟に実現する。

こうした製造プロセスの外部委託は、いわゆる製造業の下請けとして、中小企業、小規模企業が担ってきたという歴史がある。そこでは、価格決定権は委託側にあり、製造プロセスを決定し、評価するのも委託側であった。これに対して、「つながる工場」では、対等な立場で、あるいは場合によって受託側が優位な立場でサプライチェーンを構成する。これにより、高度な加工技術、きめ細かな生産準備、素材技術や要素技術をもった企業が、よりその技術を磨くことに専念できる。また、今後ますます増える多種多様な製品化ニーズ、個別の顧客要求に対応して、設計と製造が企業の壁をこえて一体となったモノづくりが実現する。

3. 製造業の連携モデルと標準化の課題

「つながる工場」を実現するためには、企業を超えたモノづくりの標準化が欠かせない。特に、インターネットを活用したビジネス連携、あるいは製造プロセス連携を行なう場合、ICTとしてどのレベルのこういったデータを対象とし、何と何をつなげるべきか、といった議論を、標準的なモデルの上で、あらかじめ十分に行っておく必要がある。

この分野では、製造業のFA（ファクトリーオートメーション）と管理システム、経営システムを統合したモデルの国際標準としてIEC62264がある。そこでは、図1に示すとおり、製造業の全体をレベル1からレベル4までに分けて定義している。「つながる工場」は、他の工場あるいは外部と、どのレベルでつながるのか。

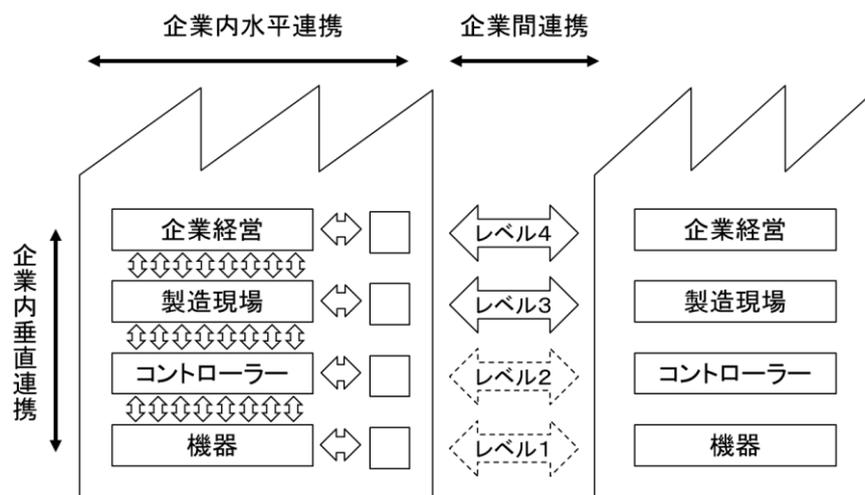


図1 企業内、企業間の連携モデル

まず、連携を、企業内垂直連携、企業内水平連携、そして企業間連携の3種類に分けよう。現状では、レベル1、レベル2における企業内水平連携は、ICTによるところが大きく、この領域においては、国際標準を含め多くの標準化が行われている。また、レベル4の経営管理では、ERP等の情報システムによって業務連携が行われ、企業間ではEDI等のデータ連携も実現している。

こうして考えると、「つながる工場」による新たなチャレンジは、レベル3の現場管理の上下をつなぐ企業内垂直連携、企業内水平連携、そして現場管理レベルでの企業間連携となるだろう。製造業にとって、工場における製造の現場は、5Sの徹底と、カイゼン活動によるムダの徹底した排除によって、ひとつのショーケース的な位置付けともなりうる。しかし、実際には、ものづくりの現場は、多種多様な情報が行き交い、もともと標準化しにくい対象であるともいえる。

我が国の製造現場の強みとしては、生産技術、生産準備といったエンジニアリング力があげられる。欧米では、こうしたエンジニアリングと製造オペレーションは、完全に分業化されており、製造現場におけるいわゆるすりあわせ技術が成立しない。これに対して、我が国の場合、それぞれの現場の特性、設備の特性にあわせた工程設計、生産技術を現場と一体とな

って作り上げる文化がある。したがって、製造現場を核とした設計、製造、保全といったエンジニアリングチェーン上のプロセス連携を、ICT を用いて効果的に行うことで、新たな飛躍のきっかけとなる可能性が高い。

4. 連携プラットフォームと ICT 利活用

サイバーフィジカル・システム (CPS)、あるいはモノのインターネット (IoT) といった用語とともに、設備や機器がそれ単体でデータを発信し、人、モノ、お金、そして情報の流れが、データとしてネットワーク上で把握できるようになりつつある。ただし、ここで決して間違えてはならないのは、こうしてデータとしてインターネットを経由して把握することができる現実、本来知りたい現実のほんの一部であるということである。

つまり、ICT 上で実現可能なバーチャルな世界と、実際のモノづくりの現場および企業活動そのものに対応するリアルな世界との関係を、常に対応づける努力をするとともに、最終的には、リアルな世界で得られた情報を加味してリアルな世界で意思決定していく必要がある。ICT は、あくまでもリアルな意思決定を補完する道具である。こうした点を考慮し、以下に「つながる工場」を実現するための連携プラットフォームの要件をまとめる。

(1) 現場・現物・現実ベースの ICT

すでに言及したとおり、連携プラットフォームでは、モノや人々のリアルな情報を、リアルなまま扱うことを可能とし、過度なデジタル化、ICT 化を避ける。これにより、技術流出防止、人やモノの移動による経済効果、職人技能や暗黙知の醸成を図る。

(2) オープン&クローズ戦略の具現化

現在の工場の内部のしくみについて、徹底したオープン化、標準化を推進し、エコシステムを展開する。一方で、オープン&クローズ戦略により、競争領域である生産ライン内部の製造ノウハウは隠ぺいし、製造プロセスのブラックボックス化を可能とする。

(3) フェアでセキュアな連携の外部保証

試作図面や量産図面の改変、製造方法や加工条件の決定など、製造プロセス上の知的財産の部分について、その権利と責任の部分を明確にする。そして、第三者による追跡を可能にすることで、技術開発の公正な競争を促すと同時に、製造物責任も明確にする。

(4) グローバル対応と国際取引に対する支援

グローバル化、ボーダレスな取引環境に対応し、連携プラットフォームの参加企業の国や地域は問わない。製造プロセス連携が国境を越えて実現した場合に発生する為替の問題、通関

の問題、知財や法務の問題などに対する取引企業の事務負担を軽減し支援する。

5. 技術イネーブラーと学会の役割

「つながる工場」は、現在の工場が単独で業務改革、あるいは技術革新をすることで実現するものではない。これは工場内の問題であると同時に、工場間の問題であり、さらにいえば、それらの業種、業態のことなる工場をふくめた広い意味での“生産システム”の変革が必要となる。したがって、個々の要素技術もさることながら、統合化技術、システム化技術の新たな進展が求められる。

すでに ICT がモノとモノをつなぎ、その気にさえなれば、膨大な数のモノの状態や動きを、インターネットを介してデータとして入手可能となった。一方で、そうしたビックデータを、情報として意思決定に利用するには、多くの技術的課題が残されている。特に、モノづくりの場合、加工や組み立てなどのプロセスによって、モノの形態が変化しつつ広域で移動する。したがって、装置や機械など生産ラインの構成要素の統合的モデリング技術や、生産対象のサイバー&フィジカルなトレース技術、あるいはバーチャルとリアルを統合したシミュレーション技術、個別設計生産における企業をまたぐ型統合 CAD/CAM/CAE など、多くの技術的なチャレンジが必要となる。

また、これまでは企業内部で完結していたエンジニアリングチェーンに関する製造プロセス連携を、工場および企業を超えて可能とするために、生産システムを技術的、工学的な視点のみからモデル化するだけでなく、1つの経営システムとして、技術情報と顧客価値の両方の観点から、品質、コスト、納期といった管理技術の視点を含めてモデル化する技術も要求される。「つながる工場」を可能とする製造業のリファレンスモデルの開発、企業間での生産システム相互連携のための技術情報の交換方式、物流、商流、および情報ネットワークインフラの設計、エネルギーや環境負荷に関する可視化技術、製造情報とフィールドサービス情報との高次元での連携技術、そして、自律型企业グループによるエンジニアリングチェーン、デマンド・サプライチェーンの最適化技術なども新たな研究課題となる。

特に、日本機械学会生産システム部門の中で取り組むべき課題として、図2に示すように、生産設備や生産ラインを効率よくフレキシブルに活用し製造を実行する MES (Manufacturing Execution System) と、製造現場の生産技術および管理技術として、実際の製造と、それを支える設備や作業員やさまざまな規約、標準ルールなどを含め、最終的な品質、コスト、納入を保証する MOM (Manufacturing Operations Management) の統合モデルがある。

ここで、MES を構成する技術情報は、工程設計、生産技術、そして生産準備といったエンジニアリングチェーンを介して、製造現場と一体となって生成され管理される。技術者、技能者による形式知と暗黙知が混然一体となった製造現場をまず受け入れた上で、それを起点とした新しい概念に基づいたモデリングを行なう必要がある。日本的な「つながる工場」を実現する上で、こうしたモデルが、新しい製造業を議論する上での中核となり、連携のための共通言語として大いに機能すると予想される。

生産システム部門では、生産システムの新しい学問領域として、こうした統合モデルを対象として 2014 年度に研究分科会を立ち上げ、海外の動向も含めて課題の整理と、技術開発のためのロードマップを明らかにしていく予定である。

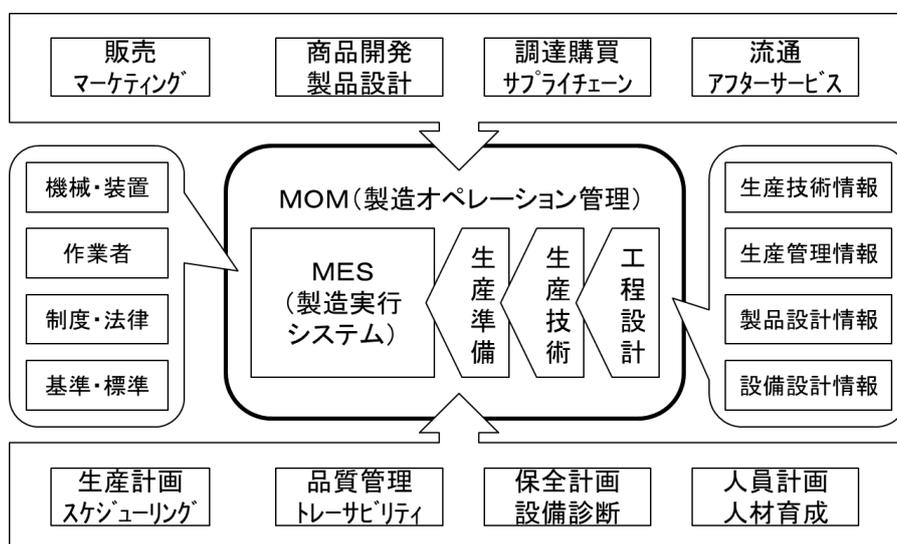


図 2 製造オペレーション管理のフレームワーク

6. ゲームのルールを変える

新しい時代の「つながる工場」のための連携プラットフォームは、まずはニッチトップ製造業、サポイン製造業など、中堅、中小製造業の新たな活躍の場を提供するだろう。しかし、同時に、大手の製造サービス企業や、デバイス系部品企業などにとって、新たなニーズと市場が生れることにもなる。さらに、製造プロセスを実行する現場が、国や地域を超えて、さまざまな立地環境で自律分散的に拡大していくことで、設備機器メーカー、工作機械メーカー、FA インテグレータといった業界にも、その経済的な波及効果が期待できる。

欧米と比較して、我が国では、生産システムを構築する FA インテグレータの需要が低く、工場をつなげるスペシャリストが育つ土壌が少ないとも言われている。大手製造業は、自社

内に生産技術や設備の専門部隊がいて、生産ラインの大半は社内構築する力をもっている。これは、ある意味で、我が国の製造業の強みでもあり、一方で、「つながる工場」を実現する上での障害にもなり得る。これを機に、FA インテグレータ業界が、工場管理関連のソフトウェアなどのシステムインテグレータ、そしてコンサルタント業界などと一体となり、これまでなかった種類の連携のニーズと、海外展開などを視野に入れ、新たなグローバルビジネスを担う産業として発展する必要がある。

これからの ICT のさらなる進展により、製造業の実体がますますデジタル化され、バーチャルな世界に急速に移行するとするならば、製造技術やノウハウがますます流動化し、コモディティ化し、このままでは、我が国の製造業の弱体化はさらに進むようにも思われる。しかし一方で、モノづくりは結局のところ、現地・現物・現実とのインタラクションと、人が主体的に行なうカイゼン思考の存在が不可欠であるということを我々は知っている。言い換えれば、否定的な意味ではなく、ICT の限界を理解しており、それと同時に、人間力、チーム力の重要性とその活用方法を知っているのである。

したがって、ICT への過度な依存に走る欧米のモノづくりからは、注意深く一線を画し、あえて難しいといわれているモノづくりの実体、あるいは進化し続ける現場と ICT との融合を進めてはどうか。そしてその上で、そうしたバーチャルとリアルが一体となった日本的ものづくりの基本構成を、グローバルでオープンなモノづくりネットワークの構成要素として展開する。こうしたモノづくりの本道が、長い目でみた場合の製品の付加価値向上に寄与するということが広く社会に認知されたとき、我が国のものづくりは、新たなグローバル化、ボーダレス化の流れとともに、急速なスピードで飛躍し発展することになるだろう。

未来の工場が、地域的ハンデを超えて、その都度最適なパートナーである工場とインターネットを介してダイレクトにつながる。我が国のモノづくりの現場が、国内あるいは海外のモノづくりの現場と直接つながり、現場の技術者、技能者が、国内にいながらさまざまな地域の技術者と渡り合う。そして、そうしたコミュニティの中で、形式知だけでなく暗黙知の領域も含めて、常にイニシアチブをとり、我が国のモノづくりの優位性を発信し続けるのだ。ICT を道具として使い、エンジニア、マイスター、クリエイター、プロデューサーなどが、主体的に関わる新しいモノづくり文化を、日本から発信できれば素晴らしい。

そして、我が国の未来を考えれば、こうした活動を、連携プラットフォームとして具体化し、マーケティング戦略、知財戦略などをその内部に組込む必要がある。これにより、特に海外での活動に対応する経済的価値の還流を確実に行なう体制を整え、これからますます激しさを増す国際競争の中でのゲームのルールを、我が国に有利な形に作り変えるのである。結果として、モノづくり大国である我が国の遺伝子は、さまざまな実体社会の取り組みの中で、

その形を変えながら、さらに強化され、次世代へ受け継がれていくはずである。我が国の産業競争力強化の観点からも、産学官が一体となった取り組みに期待したい。

参考資料（１）

意見交換会開催状況

- 【第一回】 日時：５月１４日（水）１７：００～１９：００
 場所：法政大学市ヶ谷キャンパスTSビル7階（市ヶ谷）
- 【第二回】 日時：５月２９日（木）１５：００～１７：００
 場所：法政大学市ヶ谷キャンパスTSビル7階（市ヶ谷）

参考資料（2）

参加者名簿

＜大学＞	西岡靖之	法政大学（生産システム部門 部門長）＊
	松田三知子	神奈川工科大学
	日比野浩典	東京理科大学
	館野寿丈	産業技術大学院大学
＜企業＞	光行恵司	株式会社デンソー（生産システム部門 副部門長）
	茅野眞一郎	三菱電機株式会社
	船木謙一	株式会社日立製作所
	成松克己	株式会社東芝
	高鹿初子	富士通株式会社
	松隈隆志	オムロン株式会社
＜ゲスト＞	渡邊政嘉	経済産業省（イノベーションセンター センター長）
	今里和之	経済産業省
	安藤慶昭	経済産業省
	迫田章平	経済産業省
＜事務局＞	秋山宗一郎	日本機械学会

＊提言とりまとめ

注) 学会の部門主催として個人の立場での意見交換会への参加であるため、各参加者の所属組織における部署および職位の記載は行わないこととした。

◆問合せ先◆

一般社団法人日本機械学会 生産システム部門

〒160-0016 東京都新宿区信濃町 35 番地 信濃町煉瓦館 5 階

電話 (03) 5360-3500 (代表) 担当：秋山宗一郎

URL : <http://www.jsme.or.jp/msd/> E-mail : akiyama@jsme.or.jp