

生産システム部門 技術ロードマップ

日本機械学会 生産システム部門
技術ロードマップWG
2016.1.18

1. はじめに

生産システムの分野に関連する技術は多岐に渡り、全てをロードマップに盛り込むことは非常に困難といえる。そこで、具体的な技術に関する検討ではなく、生産システムを取り巻く状況を俯瞰しながら、将来の工場の姿を浮き出させることを目的として、企業の若手技術者を中心に技術ロードマップWGを発足させた。以下は、その議論をまとめたものである。したがって、この技術ロードマップでは技術分野を絞った個別の検討は行っていない。また、対象となる製品も、輸送機械、精密機械などの組立を含む最終製品であること以外に、具体的な製品を絞って捉えてもいない。生産システムという一般の概念の中で、将来の姿を予測したものである。

2. 生産システムを取り巻く状況

製造は、高い品質のものを、安く、早く提供することを目的としている。'80年代頃には、この目的を達成する方法として自動化という手段が採用された。この結果、今もなお多様な製品を安定した品質で供給することに大きな貢献をしている。しかしながら、複雑な作業では、コストに関して自動化システムに比べ人間の手が有利な場合も多く、また、海外の人件費が日本に比較して安かったこともあり、'90年代から工場の海外移転が進んだ。図1は、海外投資比率の推移を示したものである。海外設備投資比率は、2010年頃から急激に増えており、この傾向は、今後も続くことが予測される。

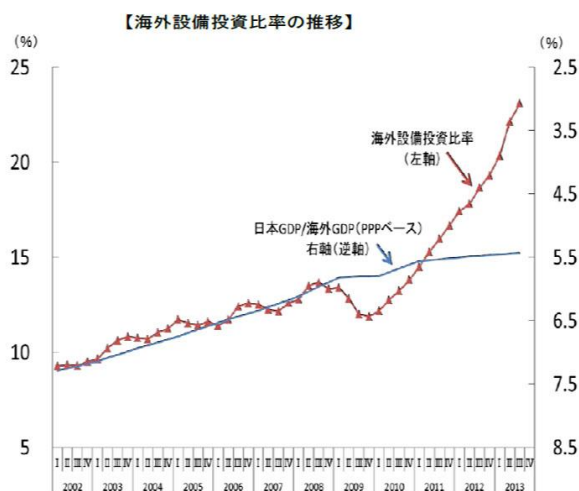


図1 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会第1回配布資料 H26.3 製造業をめぐる現状と課題
http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/seizou/001_haifu.html

海外生産の理由として、これまでは人件費によるものと考えられたが、今後は意味合いが異なってくると予想される。

現在の海外での生産は、既に国内で確立した技術を移転するという考えにある。このため、移転が困難な極めて高度な技術を要するモジュールの製造は日本で行い、それを現地で組み込んで生産することなどが行われている。作業者の教育においても、人を育てる教育の文化があり、現地の作業者を日本の工場での研修させることも多い。

しかし、現地スタッフの能力が高まれば、技術移転の意味は薄れる。また、日本の特長である設計と製造とのすり合わせの技術を活かすならば、製品設計を現地で行う必要もあるし、工場設備の設計も現地スタッフが主導的に行うことも増えるだろう。このようなことから、今後の海外生産は、消費地に近い場所で生産する地産地消の利点を生かすことが目的となるだろう。すなわち輸送コストの削減や、納期の短縮に加え、現地の顧客ニーズへの迅速な対応などが理由になると考えられる。

一方で、すり合わせ技術の必要性が薄いモジュール型製品の製造においては、グローバルな企業連携による製造も増えていくと予想される。既に、エレクトロニクス業界では、EMS(Electronics Manufacturing Service)やファウンドリ(Foundry)と呼ばれる受託製造企業による受注生産が盛んであり、機械の製造においても同様の現象が予想できる。

対象とする製品についても、変化を生ずる。日本や欧米向けに、日本で設計された製品の製造を目的としていたのに対し、今後は、生産設備を有する国での消費が増加し、現地のニーズを捉えたカスタマイズ設計を含む製品を、主に現地で生産して供給することが増えると予想される。モジュール型製品は、組み合わせを変えてデザインできるので、機能的な開発を含んだとしても、製品設計・製造において実現しやすい。しかし、将来的には組み合わせを超えた意匠デザインなど、顧客と製品設計・製造とがすり合わせをしながら、製品を作り上げていく方向にある。このような製品の製造では AM(Additive Manufacturing)が多く活用されることになるだろう。

表1は、過去、現在、近未来における海外生産に関わる状況を予測したものである。

表1 生産システムを取り巻く状況の変化

	1990～2010	2010～2020	2020～2030
製品	変種変量生産	受注生産の増加	カスタマイズ設計生産の増加
製品の輸出先	日本・欧米向け	世界各国向けに生産	現地のニーズを捉えたカスタマイズ設計を含む製品を、主に現地向けに生産
海外生産	日本での生産を、海外生産に切り替える	需要や技術レベルに応じて、日本での生産と海外での生産を選択	国による区別はなく、拠点となる工場での主要な部分が生産され、残りの部分は技術レベルに応じて分散された工場の中から適切な生産を選択

3. 技術ロードマップのキーパラメータ

工場のグローバル化の影響は、生産システムで必要とされる技術に、変化をもたらす。一つは、生産設備に加え、人による作業の管理・教育のための設備の技術が要求される MES(Manufacturing Execution System)や教示システムなどが含まれる。現地作業者の QC 活動や日本での研修方法など、教育スタイルに合わせた設備も要求されるだろう。もう一つは、通信ネットワークを利用したシステムである。製販を統合するような CIM(Computer Integrated Manufacturing)を具体化するシステムや、遠隔地から設備保全を効率的に行えるようにする遠隔保全システムなどが要求されるだろう。また、グローバルサプライチェーンでは、効率化のための標準化技術は不可欠であるし、製品の安定供給のためにレジリエンスを強化する工夫も必要となるだろう。

生産システムを取り巻く状況の変化に加えて、生産システムの構成を表現する要素として、次の2つのキーパラメータを挙げる。

自動⇔人

汎用機⇔専用機

1980年代より、自動化への取り組みが積極的になされたことは前述した通りである。1990年代から2000年代に発表されている技術ロードマップには、変種変量生産に対応する全自動システムを理想の生産システムとしたものもある。しかし、前述したような生産と販売のグローバル化に伴って、生産システムに要求される技術も変化する。

「自動⇔人」の関係は、自動化の程度を意味するパラメータである。かつては高度な自動化技術の追求が生産効率を上げる有効な手段とされてきた。現在では、生産に関わるほとんどの作業を自動化しようと思えば可能になるまでになっている。一方で、実際には製品ライフサイクルと設備コストの観点から自動化の割合は限界に近づき、自動化システムと手作業とがコスト評価において最適となるようバランスがとられている。将来において、設備コストが下がり、人件費が上がれば、自動化の割合は増えると考えられるので、自動化を推進する方向性は変わらないだろう。しかし、人が全く居なくなることは考えられない。なぜなら、設備が増えれば、その保全作業が増える。また、人件費に関わらずきさげ加工や特殊な溶接など作業によってしか実現し得ない自動化で代替できない作業は残る。また、新製品開発のための試作品、ユーザーカスタマイズの極小ロット品の生産は、手作業で行うことが生産期間およびコスト面から有利である状況が続くと考えられる。

このように、自動化率の高い生産システムにおいては、自動化システムや保全支援システムなどの技術が重要視され、人の割合が高い生産システムにおいては、人間支援システムなどの技術開発が進むと考えられる。人と機械が混在する生産システムでは、人と機械の協調作業も考えられ、それに向けた安全・知能化の技術開発もされるだろう。また、自動化率に関わらず工場生産を効率化させるために、生産シミュレーションなども継続的に重要な技術となると考えられる。

「汎用機⇔専用機」は、機械の多機能化と精度との関係を意味するパラメータである。一般に多機能な汎用機は多くの作業に対応するが、精度や動作の信頼性については専用機が勝る。研究上は、更なる多機能かつ高精度・高信頼性の機械を追求することが目的となるが、実務上では要求を満たす精度での機械化は、大よそ全て達成できるレベルにあり、コストの制約から汎用機もしくは専用機を選択するようになっている。最高の品質を作り上げるよりも、低コストで迅速に、要求される品質に応じて作り上げることが望まれるようになっており、そのため専用機にするか汎用機にするか、また、既存の機械を使用するか新規に構築するか、といった最適な方法を見極める技術が重要となる。

これらのことから、将来の技術として期待されることは、自動化や多機能化の一層の追及に加えて、これらを適切に選択する全体最適化の技術、さらには分散する生産工場が地域のニーズに対応する技術であると言える。そして、その技術を実現するには、工場内の設備を含めた全ての工場をハードとソフトの両面をつなぐネットワーク化、データの標準化が前提となる。また、分散されたそれぞれの工場について、地域との関係を密接に保つことが必要になり、地域文化に適合した生産体制や、エネルギーや地球環境への影響に配慮する環境技術も継続的に必要とされるであろう。

4. 生産システムの理想の姿

将来の生産システムとしての理想は、要求される品質を、低コストに、早く提供できることに変わりはない。ただ異なる点は、その手段が自動化技術だけではなく、選択する技術という手段が加わることである。要求品質に見合う製造技術を持ち、低コストで、消費地に近いところで、短納期で製造するための製造設備を柔軟に選択して製造する生産システムである。図は、その様子を模式的に示している。

まず、製品の製造要求がされる。この時、要求とは、既にカタログに書かれた製品のオーダーだけではなく、カスタマイズ設計された新たなモジュールも含んでいる場合もあるだろう。この製造要求に対し、生産シミュレーションを行うことにより、自動化率の異なる各地域の工場において、要求品質と納期を満たす中で最も低コストの設備構成および、工程・スケジュールなどの生産に必要な計画が作成される。各地域工場は、クラウド上でこの情報を参照することにより、最も低コストとなる各地域工場の生産割合に基づいて製造が開始される。カスタマイズ部品は、生産数および各地域工場の設備に応じて従来の加工プロセスや AM が適切に選択されて用いられるだろう。現地の顧客要求に対応するため、現地での製品設計・設備設計が増え、顧客もこれらに密接に関わるだろう。

表 2 将来の技術

	1990～2010 自動化工場	2010～2020 つながる工場	2020～2030 どこでも工場（地産地消・情報共有）
	製造の完全自動化を理想とする工場	工場間、設計と製造、製造と販売がハードウェア・ソフトウェアの両面において容易に接続され、構成変更が柔軟にされる工場	分散された工場が地域のニーズに柔軟に対応する一方で、接続された全ての工場のデータが共有され、そこから抽出されたノウハウを設備パラメータのチューニングや作業支援・教育に活用することで、全ての工場で最適な生産がされる工場
海外生産	工場移転の技術 （工場管理） （作業員教育）	グローバルに広がる製販統合の技術	現地での設計と製造とのすり合わせ技術 効率的でレジリエントなグローバルサプライチェーンの技術 現地の文化・環境に適合した生産システム化技術
自動化 ⇄ 人	自動化の技術	機械と人をつなぐ技術 遠隔地の工場をつなぐ技術 需要変動に応じた工程計画・スケジュールリング技術	製品のカスタマイズに対応し、設備のカスタマイズを含む適切なリソースを選択的に使用して最適化する技術 作業員の作業指示と教育を含む人間支援システム
汎用機 ⇄ 専用機	多機能化の技術	汎用機や専用機を選択的に使用できるネットワーク技術、標準化技術	需要や技術レベルに応じて、作業員や AM を含む工場内のリソースを選択的に使用して最適化する技術

予想される技術の変遷を表 2 に示す。今後 2015 年から 2020 年に向けて、世界に分散する工場を販売のレベルから設備のレベルまでつなぐ、いわゆる「つながる工場」の技術が展開されることになる。その後、2020 年から 2025 年にかけて、世界中に分散する工場でのあらゆる設備を柔軟に活用して製造する工場、いわば「どこでも工場」の技術が展開されることであろう。「どこでも工場」では、単に工場の設置地域が広がるだけでなく、ネットワークを介して生産に関わる知識やノウハウが共有され、情報の意味においては差のない工場になると思われる。

5. まとめ

生産システムを取り巻く状況として、海外での生産が急速に増えていることが指摘された。これに伴って、生産システムに要求される技術にも変化が生じ、変化を示す指標として、「自動機械⇔人」「汎用機⇔専用機」という 2 つのキーパラメータを取り上げた。従来通り、今後も機械化と多機能化の技術が進められる一方で、新たに要求される技術として、現地での販売に向けたカスタマイズに対応し、分散された工場のリソースを選択的に使用して最適化する技術が必要であると指摘した。また、分散された工場間での情報共有により、全ての工場に適切な技術が行き渡る仕組みが重要であると指摘した。これらの前提として、販売から工場内設備までをつなぐネットワーク技術、データの標準化技術が必要であると述べた。

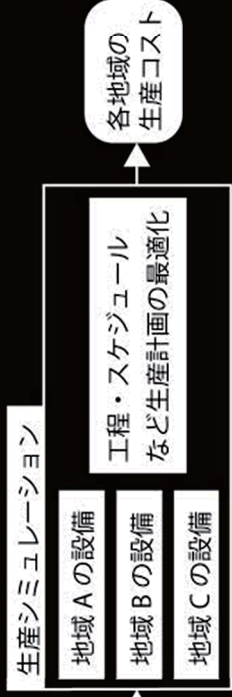
以上

どこでも工場

- 地域に適合した生産をする
- ネットワークにより情報が行きわたる

生産システム情報クラウド

- 工場最適活用・チューニングのためのデータ
- 知識・ノウハウの抽出・蓄積・共有



→ 各地域での生産割合の決定、生産計画の展開
 → 地産地消の最大化、現地主導の展開を支援

インフラ技術：
 - ネットワーク標準化
 - 製販統合

R&D

生産技術開発
 - コア技術開発
 - コア部品生産

AM装置

人と機械の
協調作業

地域A：マザー工場・拠点工場

展開

遠隔保全

地域B：自動化率が高い工場

展開

作業者教育

MES

地域C：自動化率が低い工場

地域最適展開
 - ローカルサプライチェーン
 - 顧客・設計・製造すりあわせ
 - 製品・生産カスタマイズ
 - 環境適合



技術ロードマップWG

■WG リーダ

舘野 寿丈（明治大学）

■大学メンバー（あいうえお順）

岩村 幸治（大阪府立大学）

妻屋 彰（神戸大学）

■企業メンバー（あいうえお順）

石川 裕一（オムロンスイッチアンドデバイス）

岩井 隆典（オムロン）

岩津 賢（三菱電機）

小野 敏英（デンソー）

岸本 勇貴（富士電機）

堤 大輔（日立製作所）

宮本 雄介（東芝）

■イラスト

中島 瑞季（産業技術大学院大学）

■設置提案

西岡 靖之（法政大学）2014年度生産システム部門長

光行 恵司（デンソー）2015年度生産システム部門長