

デジタルマニュファクチャリングによるモノづくり変革

Digital Manufacturing for Innovative Manufacturing Management and Engineering

清野 武寿 池田 義雄

SEINO Takehisa

IKEDA Yoshio

21世紀を迎え、製造業を取り巻く環境は、消費者ニーズの多様化、予測困難な需要の変動、海外生産の拡大など激しく変化しており、製造業にとって、“モノづくり”のスピード向上とグローバル展開が重要な課題となってきた。これらの課題解決のために、急速に進歩しているIT(情報技術)の活用が有効であるが、そのためには、モノづくりのあいまいさ(暗黙知)を形式化し、更にデジタル化することが必要条件となる。“デジタルマニュファクチャリング”は、製品開発や生産における暗黙知を形式知・デジタル値に変換し、ITを最大限に活用するモノづくり変革である。

The circumstances surrounding manufacturing industries have dramatically changed in recent years, including rapid changes in user needs and market demands, shifting of production overseas, and so on. In order to adapt to these circumstances, speeding up of development and production, and globalization of production, are important issues for manufacturers. Information technology (IT) provides a key for overcoming these issues by converting tacit knowledge to explicit knowledge and digital data. Digital manufacturing is a methodology that effectively uses IT with explicit knowledge and digital data to promote innovative manufacturing management and engineering.

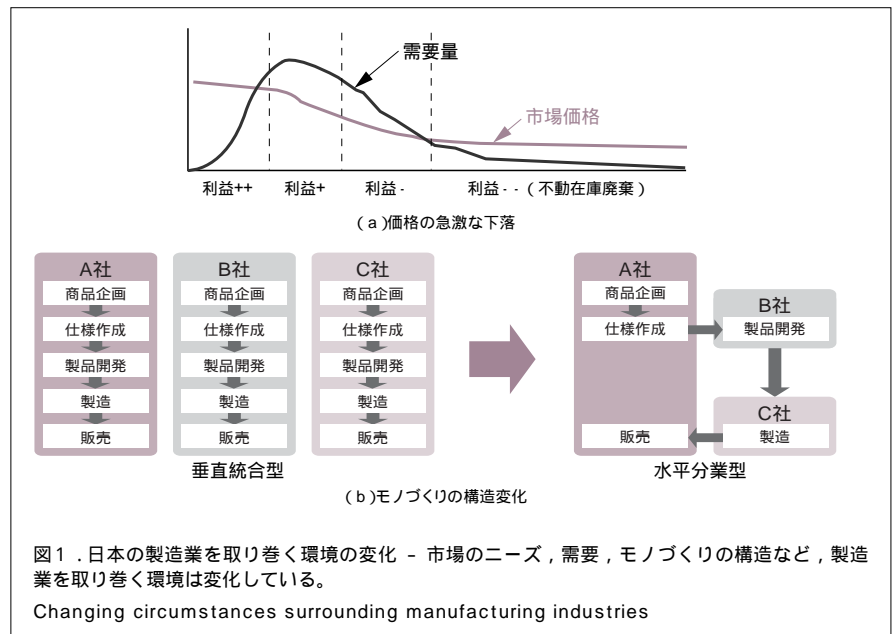
モノづくりの最近の動向

日本の製造業を取り巻く環境変化

21世紀を迎え、日本の製造業を取り巻く環境は激しく変化している。市場にはモノや情報があふれ、消費者ニーズの多様化が進んでいる。その結果、製品のライフサイクルは短くなり、製品発売後からの急激な価格の下落や需要の大幅な変動など、製造業の経営はいっそう厳しさが増している(図1(a))。

“モノづくり”の構造も変化している。製品のすべてを自前で開発し生産する垂直統合型では競争力が保てず、複数の企業が各社の強みを持ち寄る水平分業型が主流となってきた(図1(b))。加えて、価格競争に勝ち抜くために、労働コストの低い中国や東南アジアへ生産が移転され、国内生産と同等の製造品質を確保することが困難になってきている。

日本の製造業が、このような環境の変化に柔軟に対応していくためには、開発や生産の“スピード向上”と、良いモノを、誰もが、早く、安く、どこでも、



同じように作れる“グローバル展開”が急務となってきた。

製造業におけるIT活用の課題

一方、1990年代後半からITの進歩が急激に進み、日本の製造業においても、モノづくりの改革を目的に、様々なITシステムやツールの導入が進められ

てきた。しかしITの導入に多額な投資を行ってきたにもかかわらず、十分な効果が得られていないケースが多い。

その原因の一つは、市販のITツールやシステムを単純に導入するだけで業務改革が実現すると思込んでいたこと、すなわちITの導入自体を目的としてきたことにある。

原因の二つ目は、モノづくりに多くのあいまいさ、すなわち暗黙知が存在していることである。個人、組織の中にある技術・技能の知識やノウハウ、運用ルールなどがあいまいなままでは、導入したITが有効に機能せず、十分な効果が得られない。

デジタルマニュファクチャリングのコンセプト

■ デジタルマニュファクチャリングとは

これらの課題を解決するために、モノづくりのスピード向上とグローバル展開を、ITを活用して実現する“デジタルマニュファクチャリング”を提唱し、その構築を進めている^{(1)・(4)}。

デジタルマニュファクチャリングとは“モノづくりのあいまいさ、すなわち暗黙知を形式知化し、更にデジタル値に変換して、ITを最大限に活用するモノづくり変革”である。開発や生産に費やす時間(リードタイム:LT)の短縮、コスト削減、品質向上を妨げるむだやロスを最小にして、モノづくりのスピード向上、グローバル展開を実現することが目的である。

デジタルマニュファクチャリングは、モノづくりにおいて単にITを活用することではない。モノづくりの現象や挙動、製造工程、人の動作などを最小の単位まで分解して形式知に置き換えること、更にデジタル値化し、ITツール・システムに組み込むことが特徴となる。

■ デジタルマニュファクチャリングの“5つの形態”

デジタルマニュファクチャリングを実現するためのアプローチとして、デジタル値の再現性や信頼性の高さ、加工や再利用の容易さ、時間や距離を短縮できる、などの利点を考慮したデジタルマニュファクチャリングの5つの形態を以下と図2に示す。

- (1) 技術・技能の数値化 この形態はデジタルマニュファクチャリン

グを進めるうえでの基本となる。開発や生産における技術や技能、運用ルールなど、あいまいなノウハウを形式化し、プロセス条件や現象をデジタル化するアプローチである。

- (2) データの情報への変換とその活用 データは単なる数値の集合体であり、意思決定や判断に活用できる情報に変換することが重要となる。例えば、製造現場における生産の進捗(しんちよく)や品質のデータをリアルタイムで抽出し、品質や生産性を改善するための指標など、有意性のある情報に加工してそれを活用することが必要である。
- (3) 仮想設計・製造 製品の性能・構造、生産プロセス・装置の現象や、製造ラインでのモノの流れをコンピュータ上でシミュレーションし、むだな試作や開発の後戻りを最小化するアプローチである。
- (4) データの一貫・一括活用 製品の情報やデータを、開発や生産の上流から下流まで一貫して活用し、更に複数の部門で同時期に一括して活用するアプローチである。例えば、製品の設計情報を、試作、製造、量産立上げまで活用

したり、営業が得た情報を、調達、製造、販売まで活用するなどが挙げられる。

- (5) グローバル遠隔管理 インターネットやイントラネットなどのネットワークを活用し、時間や距離を超えて、遠隔地から、生産状況や品質の監視と制御、生産装置の診断や保守を行うアプローチである。

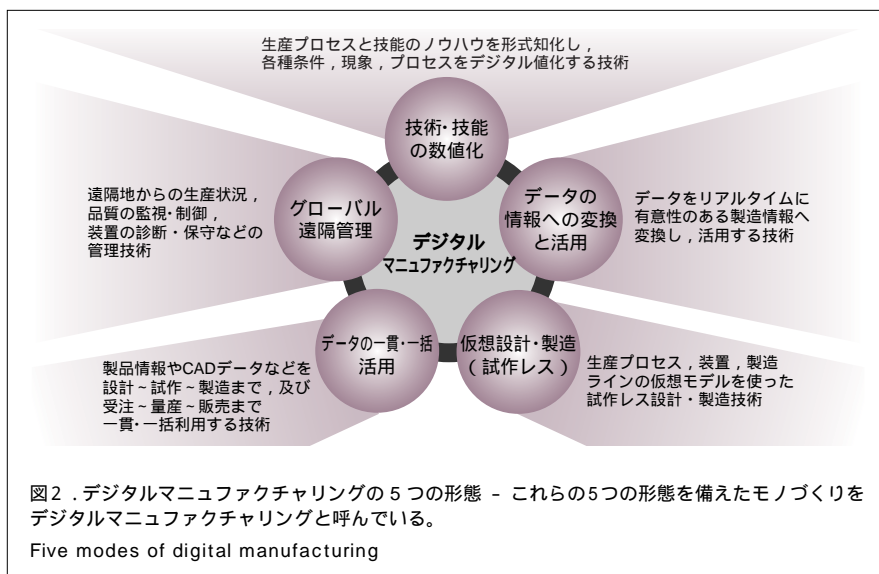
これら5つの形態をもとに、様々な製品、事業、開発、生産の状況に適合したデジタルマニュファクチャリングの姿を描くことができる。

デジタルマニュファクチャリングの基本フレーム

■ 開発と生産における課題

モノづくりの活動は、商品企画から製品の設計、ライン設計、立上げと続く開発の流れと、受注から調達、製造、物流、販売までの生産の流れの二つに分けてとらえることができる。

開発での課題は、製品の高度化に伴う試作回数の増加や、開発の後戻りの発生である。一方、生産での課題は、生産拠点が分散して一か所では現場管理できない、従来の見込み生産では市場の変化に対応できないことなどである。両者で共通した課題は、人手を介



した直列的な情報の受け渡しで、LTが長くなることが挙げられる。これらの課題を解決するためのツール開発やシステム構築が、デジタルマニファクチャリングの具体的な取組みとなる。

■ “6つの基本フレーム”と構築事例

デジタルマニファクチャリングの構築にあたって、一つの企業の複数の部門が、それぞれ個別に同じような技術開発やITツール・システムの構築を行うと、膨大な投資や資源、開発期間を費やしてしまう。したがって、デジタルマニファクチャリング構築の目的別に、共通のアプローチ、手法、ツールを組み込んだ汎用的な仕組みを作り横展開することが、マネジメントにおいて重要なポイントとなる。

そこで、デジタルマニファクチャリングの5つの形態を組み合わせた汎用性の高い6つの仕組み、すなわち基本フレーム(以下、フレームと略記)を設定し、これらを開発、構築している。6つのフレームと開発や生産における位置づけを図3に示す。

以下に、6つのフレームの概要及び適用事例を紹介する。

- (1) 製品とプロセスの試作レス設計・製造 このフレームでは、プリント基板の実装や半導体などの電子デバイスのプロセスをモチーフに、設計情報を用いて、コンピュータ上で製品を仮想的に設計、試作、評価する手法やシステムを開発している。狙いは、開発の後戻り回数の最小化による開発LTの短縮である。半導体を対象としたプロセス仮想設計の事例を図4に示す⁽⁵⁾。

デバイスの形状を解析するソフトウェアTCAD(Technology CAD)に、ドライエッチングや成膜などの物理・化学反応モデルを組み込み、更に装置内のガス流れやプラズマシミュレーション技術を統合することで、精度の高い形状シミュレーションを実現し、コンピュータ上で仮想的にデバイスを設計・製造する仕組みを構築している。これを適用することにより、最適なプロセス条件や装置構造を短期間で決定でき、新しいデバイスを早期に立ち上げることができる。

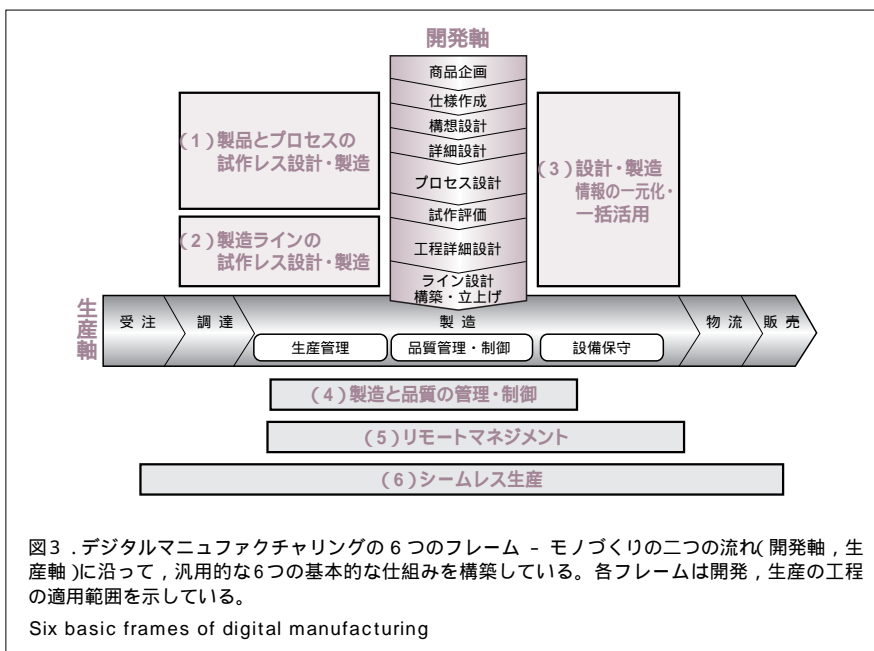


図3 . デジタルマニファクチャリングの6つのフレーム - モノづくりの二つの流れ(開発軸, 生産軸)に沿って、汎用的な6つの基本的な仕組みを構築している。各フレームは開発、生産の工程の適用範囲を示している。

Six basic frames of digital manufacturing

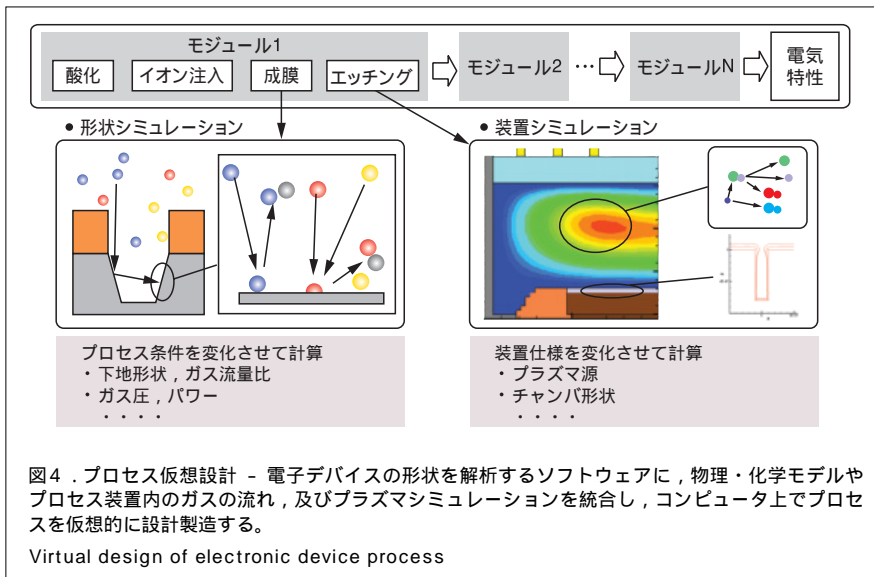


図4 . プロセス仮想設計 - 電子デバイスの形状を解析するソフトウェアに、物理・化学モデルやプロセス装置内のガスの流れ、及びプラズマシミュレーションを統合し、コンピュータ上でプロセスを仮想的に設計製造する。

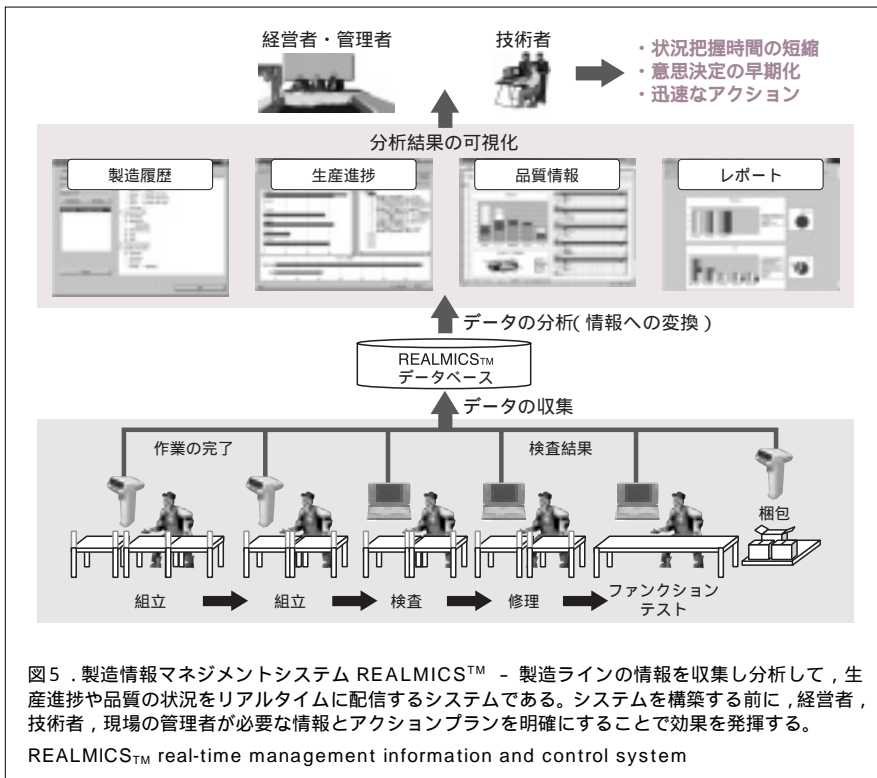
Virtual design of electronic device process

レーションを実現し、コンピュータ上で仮想的にデバイスを設計・製造する仕組みを構築している。これを適用することにより、最適なプロセス条件や装置構造を短期間で決定でき、新しいデバイスを早期に立ち上げることができる。

- (2) 製造ラインの試作レス設計・製造 このフレームでは、製造ラインをコンピュータ上で仮想的に設計、評価して、目標の生産性や稼働率を備えた製造ラインを、製品開発とコンカレントに短期間で設

計、構築することを目指している。製品設計の情報を活用して、工程设计からレイアウト設計、生産能力評価までをコンピュータ上で一貫して行い、得られた情報を共有のデータベースで一元化しようとしている。

- (3) 設計・製造情報の一元化・一括活用 このフレームでは、設計や製造の情報を、構想設計から詳細設計、試作、製造まで一元化して、研究開発、製品設計、工場の製造など、複数の部門で一括して



活用することで開発 LT を短縮することを目指している。ノートパソコンや電池パック、液晶モジュールの筐体(きょうたい)、金型をモチーフに、三次元 CAD/CAM/CAT/CAE(注1)システムを活用した仕組みを構築している。

- (4) 製造や品質の制御と管理 製造ラインから生産の進捗や品質などのデータを収集、分析、フィードバックして、生産性、品質など、製造に関する経営指標の改善を支援するための仕組みである。

社内外で適用を進めている製造情報マネジメントシステム REALMICS™(6)の概要を図5に示す。このシステムは、製造ラインの生産進捗、品質、工程履歴のデータをリアルタイムに収集、分析し、生産状況、品質状況、管理手段などの情報に変換して表示する。製造現場の技術者、管理監督者、更には経営者に、それぞれの役割に応じて必要な情報を配信することで、クイックな改善、対策を

促すシステムである。

このシステムのほかに、製造設備や工程の条件などの製造履歴と製品のできばえデータから、不良要因を探索する“デジタルQCシステム”を開発している。このシステムは、半導体や液晶、ブラウン管など、膨大なデータを取り扱う製造ラインの品質改善に有効で、不良発生法則を発見し、短期間での改善を支援する。

- (5) リモートマネジメント このフレームでは、ネットワークを活用して、遠隔地から製造ラインの進捗や品質情報管理、製造設備の稼働状況の監視などを行うことを狙っている。前述した製造情報マネジメントシステム REALMICS™の発展形として、世界で複数に分散する製造拠点や調達先の品質を、あたかも一つの小さな工場のように管理する仕組みを開発している。各地の品質情報を各拠点の製造管理システムで収集し、どこからでも他の拠点の品質情報

を把握できる仕組みである。

- (6) シームレス生産 このフレームでは、市場の需要変動にフレキシブルに対応する受注組立生産を実現する週需給計画システムや、それに必要なツール開発を進めている。需給調整計画や受注、調達、在庫情報と製造現場の情報を共有化するシステムを構築し、迅速な納期回答、納期遵守、生産のLT短縮、在庫圧縮の実現を目指している。更に、予測した需要から生産拠点や調達先の最適な配置をシミュレーションする意思決定支援ツールや、受注状況の変動に対応して生産計画をフレキシブルに変更するツールの開発も進めている。

今後の展望～高付加価値なモノづくりを目指して

デジタルマニファクチャリングの今後の展開

今後、6つのフレームに組み込んだ技術、仕組み、ツールの完成度やレベルを高めるとともに、製品や工場への適用範囲を拡大していく。更に、開発から生産まで6つのフレームを組み合わせ一貫して活用し、開発や生産のスピード向上(LT短縮)と、生産のグローバル展開の実現を加速していく(囲み記事参照)。

高付加価値なモノづくりを目指して

デジタルマニファクチャリングは、一過性の活動ではなく、継続的なモノづくり変革である。

開発や生産でのむだ、ロスを削減することによって、革新的な新製品、新技術、生産現場の新たな改善手法の開発など、付加価値の高い活動に、資源(技

(注1) CAD : Computer Aided Design
CAM : Computer Aided Manufacturing
CAT : Computer Aided Testing
CAE : Computer Aided Engineering

デジタルマニュファクチャリングの一貫活用

開発で一貫活用

デジタルマニュファクチャリングを一貫して活用し、開発のスピードを向上させるには、① 開発業務の流れ(ワークフロー)を誰が見てもわかるように明確化する。② 明らかにしたワークフローをもとに、開発のLTを短縮するアプローチを決定する。③ 決定したアプローチに適合したデジタルマニュファクチャリングの仕組みを活用する。

LTを短縮するアプローチは大きく三つの方法が挙げられる。次に、LT短縮のアプローチとそのポイントを示す。

- (1) 工程の短縮 業務効率の向上によって個々の工程のLTを短縮するアプローチで、ポイントは業務のルール化、標準化、データの再利用など
- (2) オーバーラップ(並行処理) シリアルな工程を並行処理するアプローチで、ポイントはデータや情報の一貫・一括活用やデータ変更のルール化など
- (3) フロントローディング 開発の上流段階で、下流までの課題を先行して検証し後戻りを抑制するアプローチで、ポイントは構想段階での仮想設計など

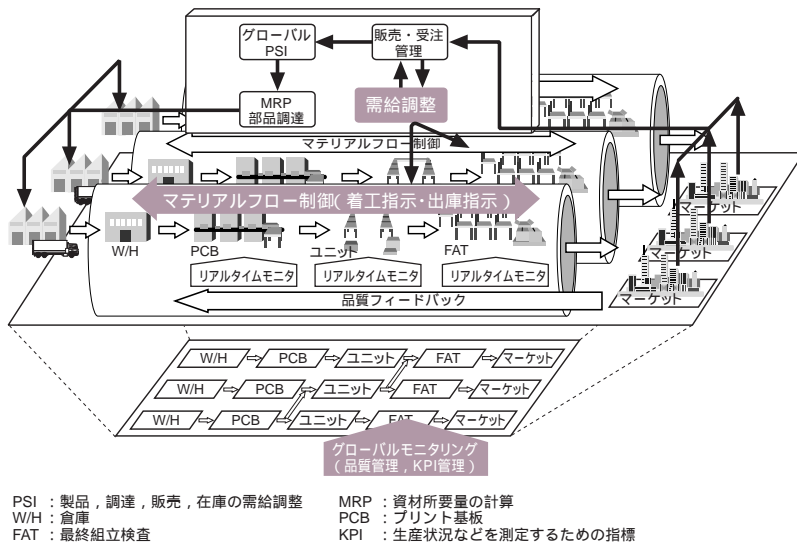
開発LT短縮方法	AS IS TO BE	工程短縮	オーバーラップ	フロントローディング
		<p>業務効率向上により、個々のプロセスのLTを短縮</p>	<p>シリアル(順次)なプロセスの並行処理で、トータルのLTを短縮</p>	<p>上流段階で下流までを先行検証し、後戻りを制御</p>
ポイント		<ul style="list-style-type: none"> ● プロセスのルール化・標準化 ● データの再利用と一貫活用 	<ul style="list-style-type: none"> ● データや情報の一貫・一括活用 ● データ変更のルール化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 開発設計初期段階での仮想設計・製造

開発でのデジタルマニュファクチャリング一貫活用によるLT短縮のアプローチ

生産で一貫活用

販売情報による生産計画から着工管理、製造現場管理までの流れと、製造委託先も含めた世界の製造現場の管理までの空間的な広がりを持った一貫した仕組みを構築する。

生産で一貫活用によってフレキシブルな生産や品質の向上を実現するには、受注販売、調達、生産・製造部門での役割や必要なデータ・情報を明確にし、各システムやツールを連結することが重要なポイントとなる。



生産でのデジタルマニュファクチャリングの一貫活用

術者、設備、予算)を投入していくことができるようになる。そして開発した新技術・手法によって、それまで解明できなかった現象や技能を形式化・デジタル化してITに組み込むことで、更に競争力を高めることができる。

台湾や韓国、最近では中国など、アジア諸国又は地域への生産・製造の移転で、日本のモノづくりの在り方が問われているなか、デジタルマニュファクチャリングによって、高付加価値なモノづくりの継続的な発展を目指していく。

文献

- (1) 渥美幸一郎 . デジタルマニュファクチャリングの実現をめざして . 東芝レビュー . 55 , 4 , 2000 , p.1 .
- (2) 渥美幸一郎 . “ デジタルマニュファクチャリングによるモノづくりの変革をめざして ” . 2001 生産革新総合大会予稿 B1 . 2001 , 日本能率協会 .
- (3) Seino, T., et al . “ The Impact of Digital Manufacturing on Technology Management ” . PICMET'01 Conference Bulletin . 2001-07 , Portland State University . p.31 .
- (4) 渥美幸一郎 . “ IT 時代におけるモノづくり変革デジタルマニュファクチャリングの構築 ” . 8th Symposium on “ Microjoining and Assembly Technology in Electronics (Mate) ” . 横浜 , 2002-01 , (社) 溶接学会 . 2002 , p.11 - 14 .
- (5) 尾上誠司 , ほか . 半導体プロセスを仮想設計する TCAD シミュレーション . 東芝レビュー . 58 , 6 , 2003 , p.60 - 63 .
- (6) 隅田 敏 , ほか . 製造情報マネジメントシステム . 東芝レビュー . 55 , 4 , 2000 , p.5 - 8 .



清野 武寿
SEINO Takehisa

生産技術センター 生産技術企画部参事。
生産技術強化戦略及びデジタルマニュファクチャリングの企画業務に従事。
Technology Planning & Coordination Dept.



池田 義雄
IKEDA Yoshio

生産技術センター 生産システム技術開発センター長。
デジタルマニュファクチャリングの立案とシステム技術開発に従事。
Manufacturing System Technology Development Center