

特集 21世紀の生産システムの展望*

The Vision for Manufacturing System in 21th Century

小島 史夫 中齋 龍美
Fumio Kojima Tatsumi Nakasai

Manufacturing systems are now on turning point to survive in 21th century because of the dramatic social change. Agile and flexible manufacturing system engineering and man-machine collaborative manufacturing systems to motivate human ability are expected to be realized in the future. This paper describes the future vision in DENSO manufacturing systems.

Key Words : Manufacturing System, Concurrent Engineering, Autonomous Manufacturing System, Human and Machine Collaboration

1. はじめに

現在、企業を取り巻く環境は21世紀を目前に控え、大きく変化している。成熟型消費社会の到来による消費者ニーズの多様化、グローバルな規模での製品開発競争の激化、地球環境破壊、高年化・少子化が進展している。これら転換点を踏まえ、デンソーでは21世紀初頭の姿を“DENSO VISION 2005”に描いている。

その中では、デンソーの発展に大きな役割を果たしてきた“モノづくり”の重要性も取り上げられており、高品質、低コスト、短納期で製品を供給する基本的な使命は変わらないものの、今後の重要施策として、高度で独創的な生産技術により世界をリードし、デンソーグループ全体としての強固な生産体質を実現するために、人の可能性を最大限に生かす生産システムの実現と、迅速かつ柔軟な生産準備を可能にするコンカレントな仕組みの構築を取り上げている。

本論は、“DENSO VISION 2005”で目指す次世代生産システムの一つの姿を紹介すると共に、本特集で掲載されている生産システム関連の技術論文との関係を明らかとすることを目的としている。

なお本特集での生産システムの定義は、『生産にかかわる固有技術と、管理、計画、制御などにかかわる情報処理技術が有機的に統合されたシステム』¹⁾とし、Fig. 1に示す調達～製造～納入に至る生産分野と生産準備～製造に至る生産準備分野とを対象とする。

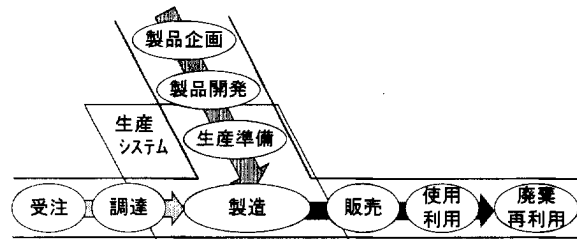


Fig. 1 Scope of manufacturing system

2. 生産システムの変遷

本章では、次世代生産システムへの課題を明らかにするために、デンソーがこれまで構築してきた生産システムの歴史を振り返る。

デンソーの生産システムは、高品質、低コスト、短納期の実現という基本的な狙いは変わらないものの、自動車部品業界の環境変化に素早く対応し、徹底した作りやすさの追求による製品の標準化と量産自動化ラインの推進を取組みの基本として、Fig. 2に示すように約10年単位(点→線→面→立体)で技術の向上に努め、他社を凌駕する高生産性と高品質を実現してきた。その間には、当社の活動が社外からも高く評価され、いくつかの榮譽に浴してきた。

創業時はまず欧米の先進技術の習得に努め、単体設備の自動化を行った(点の合理化)。次いで、トランスファーラインの開発により、徹底して自動化を追求する本格的量産合理化の推進が始まった(線の合理化)。70年代に入るとモータリゼーションの本格化に伴って製品の多種化が進行してきたため、標準化された部品の組み合わせによって多種製品を実現し、これをトランスファーラインで効率的に流動する、いわゆる“テ

* 1999年4月15日原稿受理

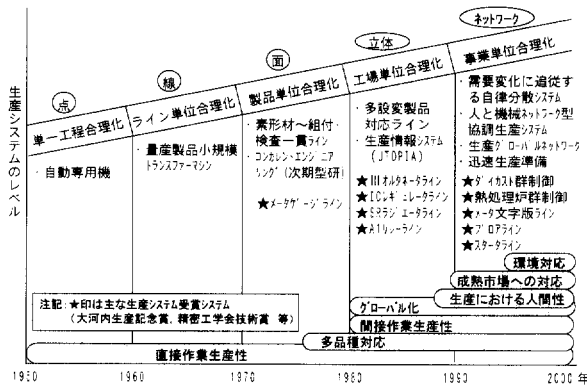


Fig. 2 History of manufacturing system in DENSO

ンソー流 FMS (Flexible Manufacturing System)”が開発され始めた。さらには部品加工から組立ラインまでを一貫してトランスファーライン化し、徹底的に自動化により合理化効果をあげる取組みも始まった(面の合理化)。生産準備面でも、製品開発段階から生産技術部門が参画し、多種化する新製品を作りやすさの視点から見直したり、標準化するコンカレントエンジニアリング活動(次期型製品研究会)もこの時代に開始された。80年代は日本の自動車産業が世界市場で米国と肩を並べ、日本では物質的な豊かさの充実から精神的欲求実現への変化が見られ始めた時期で、製品の多種化、多様化が一層進み、製造技術面でも、メカトロニクス機器(ロボット、NC工作機械(Numerical Control))や情報機器(コンピュータ)が実用域に入り、急速に普及が進んだことから、生産システムはFA(Factory Automation)化、CIM(Computer Integrated Manufacturing)化が始まり、生産システムの情報化が進んだ。当社でもこれらの機器を積極的に活用し、トランスファーラインはFA化によって生産期間が短い意匠性製品の設計変更にも一部対応が可能となり、工場はCIM化(UTOPIA)によって、製品の多種化、多様化で業務負荷が急増した管理・間接業務に対しても合理化が始まった。90年代に入るとバブルがはじけ、右肩上がりの成長路線が終焉し、低成長経済下でも高品質、低コスト、短納期を満足させる新たな対応が求められた。生産計画の不透明な環境下であっても一層の低コスト化が求められ、汎用性の高い分散指向の量産ラインや人の持つ柔軟さ・巧みに学んだ賢い自動化技術や人との共存共栄により一層合理化効果の大きい自動化ラインの取り組みが少しずつではあるが始まった。

さらに90年代半ばから日本の自動車産業成長の秘訣

がコンカレントエンジニアリング、ジャストインタイム生産など日本固有の生産システムに起因することに端を発し²⁾、製品開発の効率化・短納期化の競争が激しくなる中、当社においても自動車メーカーのニーズに積極的に応じるべく、コンカレントエンジニアリング活動の情報化や、自動車部品の本格的グローバル生産体制作りに対応する生産情報・生産準備情報の本格的ネットワーク化が、急速に進化する情報技術を積極的に用いて始まっている。

3. 次世代生産システムの姿

21世紀の生産システムに対する取組みの基本も、これまでと同様、高品質、低コスト、短納期を狙うことは変わらないものの、評価の視点がこれからの環境変化を考えると、品質が、当たり前品質の向上から魅力品質の向上へ、コストが工場(直接部門)生産性の向上から経営生産性(技術部門まで)の向上へ、納期がリードタイムの短縮からビジネススピード(開発スピード)の短縮へと、変化していくと予測される。

これらの視点を考慮した姿が、“DENSO VISION 2005”で目指す次世代生産システムであり、Fig. 3にその構造の概要を示す。次世代生産システムは以下の特徴を有する。

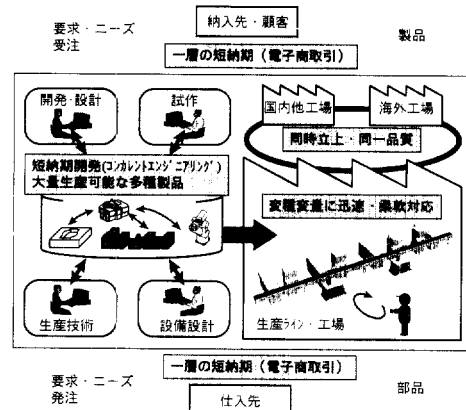


Fig. 3 General view of manufacturing system in 21th century

3.1 生産システム構造の変化

生産ラインでは、ラインの構造自体が二つの方向での変化が予測される。

高付加価値工法による生産システム構造の変化

企業競争力を高めるために、他社を凌駕する高品質、高性能の製品を作り込む付加価値の高い新工程、新工法開発が推進され、その結果、工程の簡素化、集約化、

汎用化が進み、新工法、工程に見合った生産システム構造の検討が必要となる。結果的には工程を細分化し量産効果を追及してきたこれまでの生産システムの形態が変化していくことになる予測される。現状の高付加価値工法、工程である半導体等の生産システムに着目するとジョブショップ型の生産システム構造が多いが、低コスト、短納期、工程の汎用化の視点から総合的に考えると必ずしも現状が最適とは思えず、新たな構造の生産システムの実現が望まれる。

低成長期に対応するための生産システム構造の変化

もう一つは、低成長期でも競争力ある新たな構造の自動化ラインを開発するために自動化生産システムの概念の再検討が必要である。右肩上がりの成長期に大幅な生産性向上を実現してきた一貫自動化ラインでは、生産量や生産期間に不確かな中での設備初期投資は結果的に償却費負担を増大させる可能性もあることから投資チャンスは少なくなり、一方で日本の高い人件費での手作業ラインでは国際競争力の確保は根本的に難しいことから、新たな発想での自動化ラインの構築が重要である。Fig. 4は、従来のライン展開を生産期間と生産量の関係で示している。生産性に課題は残るが多様な作業を器用にこなす手作業ラインが少量時に、生産性は高いが柔軟性に乏しい自動化ラインが量産時に、それぞれ独立して対応している。今後は少量から量産までを一元的に対応して投資の無駄を最小にすることが必要となる。例えば、手作業ラインと自動化ラインにも容易に変態できるラインが具体的な姿として考えられる。むしろ設備自体の、高機能化、低コスト化の研究も重要な取り組みである。

また、自動化ラインであれ手作業ラインであれ、生産現場の技能は今後も当社にとって“ものづくり”の優位性を確保しつづけるための重要な要件であり、今

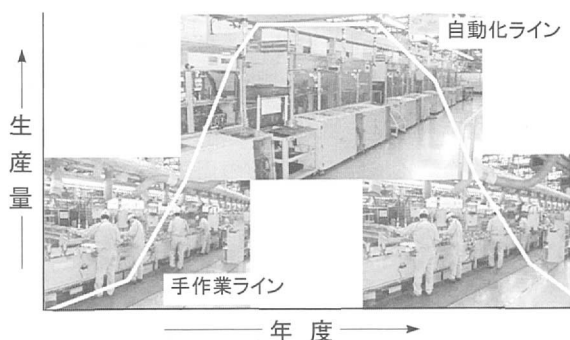


Fig. 4 Present manufacturing system structure change during production period

後、高齢化・少子化が進んで行く環境の中で、工場に働く人達が現場を成長し続けられる生産システムを構築していかなければならない。

3.2 生産システムの対象範囲の拡大

生産システムは、対象範囲を時間的、空間的に拡大することによって、今後のニーズに応じて、さらなる高品質、低コスト、短納期を目指すことも重要となる。時間的拡大

まず、ビジネススピードの高速化への対応のために生産準備業務領域への活動が一層強化される。コンクリートエンジニアリングの仕組みを次期型製品研究会で早くから導入している当社でも、複数企業間に領域拡大したコンクリートエンジニアリングによる新たなビジネススタイルの構築（バーチャルエンタープライズ）とCAD/CAM/CAE、ワークフロー管理など情報技術を徹底的に駆使した同時並行的な業務自体の高速化（CSCW：Computer Supported Cooperative Work）などが具体的に推進される。

コンクリートエンジニアリング活動の内容も変化して行くと考えられる。顧客の好みの多様化、個性化に対応した魅力ある製品を開発して行くためには、製品の多様化と低コスト化を両立させることが重要であり、このために多様な顧客の好みに対応しつつ量産化が可能な製品構造を開発するマスカスタマイゼーションの推進が必要となる。このためには作りやすさに主体を置いてきた従来の活動を、商品企画と作りやすさを統合化した活動にしていく必要がある。

また、地球環境保全の考慮、製品の不確実性への対応のために、生産システムのライフサイクルコストに従来の以上に着目する必要がある。初期投資だけでなく、運用費用、転用・解体・廃棄費用までを対象に、それぞれの低コスト化、トータルコストの最小化が図らねばならない。地球環境保全に関しては、省資源での生産システム構築、生産時の省資源化、省エネルギー化などのエネルギー効率向上、設備転用による設備の長寿命化などが取り組まれる。

空間的拡大

グローバルに展開するビジネスのスピードアップのために生産システムも大きな変化が不可欠となり、納入先、仕入先、海外拠点との生産システム面でのお互いの強みを生かし合うための一層の連携強化（バーチャルエンタープライズ）が図られる。

バーチャルエンタープライズの構成要素間を、受発注のリードタイムを大幅に削減するために、電子商取

引 (EDI : Electric Data Interchange) 等で効率的に連携し、従来以上に迅速、短納期で製品を供給できる仕組み、技術の開発も行われる。

海外拠点ともグローバルなネットワークが整備され、マルチメディアやデータベースで工場内の情報を同時にリアルタイムに共有でき、空間的な距離が大幅に短縮され、同一品質、同時立上げに大きな威力を発揮するようになる。

4. 次世代生産システム実現のキーワード

本章では、次世代生産システムを実現して行くための重点技術課題について展望する。さらに、これらの課題については先行的に一部取り組みが開始され、本特集で紹介されており、これらの内容の位置付けについても述べる。

4.1 全体から部分へ

まず、生産システムのとらえ方が、全体指向から分散指向へと変わっていくことである。先の読めない不透明な時代には、経営資源が変化に迅速に対応することが不可欠となり、従来の一貫システムにより全体最適を求めることは非常に難しくなる。むしろ機能単位で分化した自律的に作業を行う要素の組み合わせによって構成された分散指向の生産システムが増えてくる。Fig. 5 は次世代生産システムの基本構造モデルを示している。工場、ライン、セル、ユニットと階層化された構成要素は、それぞれが自律・分散指向の要素であることが要求され、これらが協調、連携し合い、生産システム全体として指示された作業を行うのである。

例えばセルでは、作業者と設備が協調しあえることになる。セルの増減も可能なので、生産量に応じた最適セル数を維持しつづけること、作業内容、作業する地域によって手作業か自動化かの選択も容易に行える。

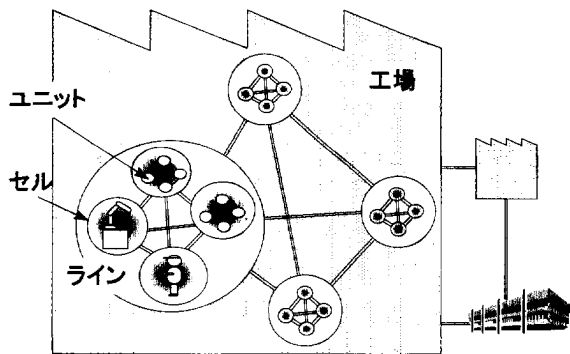


Fig. 5 Autonomous and collaborative manufacturing system model

生産システム構成を柔軟に変化させるためには、生産設備への要求機能に応じてセルやユニットを容易に変態させるモジュール構造設備の実現が重要となる。そのためには自律・協調型のラインや設備開発が必要となる。Fig. 6 はミシガン大学で研究中のRMS(再構成容易型生産システム: Reconfigurable Machining Systems)を示す⁹⁾。情報技術の急速な発展により、このような研究開発が現実のものとなりつつある。再利用可能となることでライフサイクルコストだけでなく初期の設備投資を抑制できることが実用化のキーとなろう。

自律・分散型の生産システムについては当社でも取り組みが始まっており、本特集にて別途紹介する。【寺田ら：量変動対応型自動化生産システムの開発】

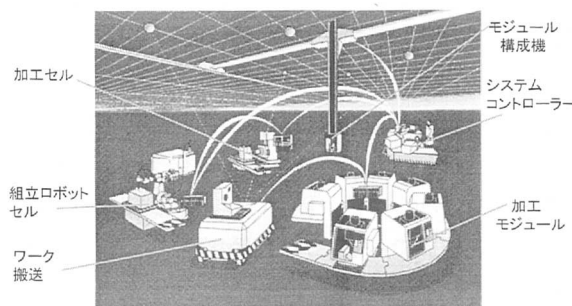


Fig. 6 Reconfigurable machining system

4.2 人と機械の調和・融合

生産システムにおける人の役割は次世代生産システムでも非常に重要である。人と機械の関係を、調和、協調する関係に変化させ、手作業だけではコストがかかる、自動化設備だけでも投資リスクが大きすぎる課題を、人と機械の良さを再認識し調和させることによって、効率的な生産システムを構築する。

自動化への取り組みも、熟練作業者のうまい作業（現場技能）に学び、それを機械に移植したローコスト自動化技術の実現も加速される。このためには現場技能を抽出する技術や現場技能を移植できる技術の開発が重要となる。例えば、当社ではロボットおよび視覚装置など知的作業機械ならびにその周辺分野について技術の開発を積極的に行っており、ロボットは社内に約1万台、視覚装置も約2千台を超える規模で稼働している。これらの技術開発の状況や、現場技能の抽出技術についても本特集にて別途紹介する。【加藤ら：画像処理による検査技術、久保ら：設備診断の応用による形状精度診断技術の開発】

さらに、生産システムが持続的に高品質・高生産性を向上し続ける生産システム構築を目指し、Fig. 7に示すように人と機械がお互いに刺激し合い、相互成長していく技術開発にも着手して行く。この取り組みは既に着手しており、本特集でも別途紹介している。【渡辺ら：人・機械協調型生産システムの開発】

生産準備分野でのコンカレントエンジニアリングにおいても、エンジニアの組織的行動や経験をデジタル技術（コンピュータ）を積極的に活用していくことが期待される。この場合、単に業務をコンピュータに置き換えて自動化するだけでなく、デジタル技術（コンピュータ）とエンジニアとの協業により、従来以上に創造的な業務に取り組むことが期待される。

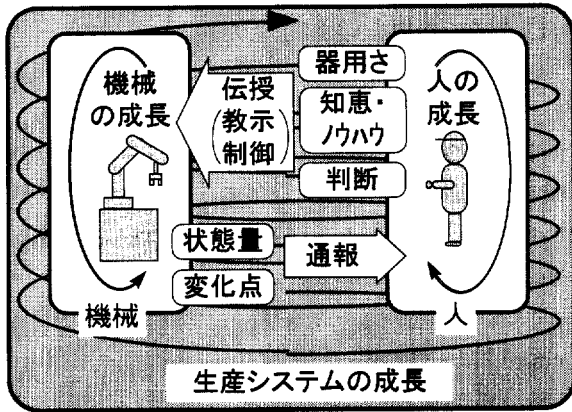


Fig. 7 Human and machine collaboration

4.3 情報化

生産システムの進化にとって、技術革新の著しい情報技術は不可欠である。米国では“Information Based Manufacturing”，EUでは“Advanced Information Technology”などの名の下に、90年代の日本の“モノづくり”の優位性を追い越すべく、国家的規模で情報武装したコンカレントエンジニアリングを目指した生産システムの開発を行っている。【宮田ら：コンカレントエンジニアリング】

当社ではコンカレントエンジニアリング活動自体は、既に長い歴史を持っており、この活動を情報化によって一層の迅速化を図ることが期待される。

コンカレントエンジニアリングの活動自体は、試行錯誤しながら構築してきたものであり、今後さらに高い目標の製品を効率的に開発、製造するために理論的な考察も含めた手法の研究も必要となってくる。生産システムの設計手法に関しては一部取り組みを始めて

おり、その内容について本特集で紹介する。【花井ら：情報エントロピーに着目した新組立工程設計法】

コンカレントエンジニアリングにおける情報化では、シミュレーション、モデル化技術などの個々の情報化ツールの開発だけでなく、それらツールで用いられる製品モデル、生産システムモデル、それらの属性値などの情報が、Fig. 8に示すように仕事の流れを通じて一貫して活用できることが、精度の高い仕事を効率的に行うために不可欠となり、そのためのデータベース、ネットワークなどの情報化環境の整備が重要となる。この取り組みについては既に着手しており、本特集でも別途紹介している。【光行ら：生産システム設計の思考プロセスに基づいたオブジェクト指向シミュレーションシステムの開発】

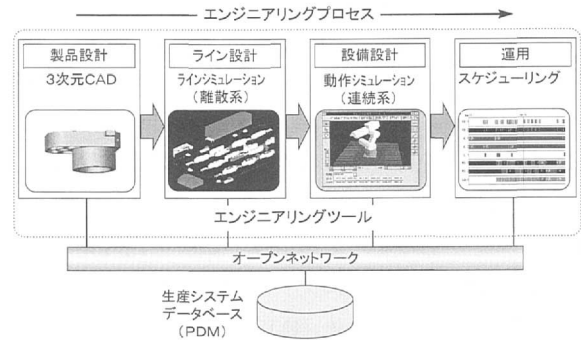


Fig. 8 Manufacturing system engineering process consistency

一方、実生産活動においては、よりスリムでスピーディーな工場づくりを目指し、工場の総合生産性を定量的に把握し、その結果を迅速に反映することがますます重要となる。これについても一部取り組み始めており、本特集で別途紹介する。【石川ら：高生産性工場

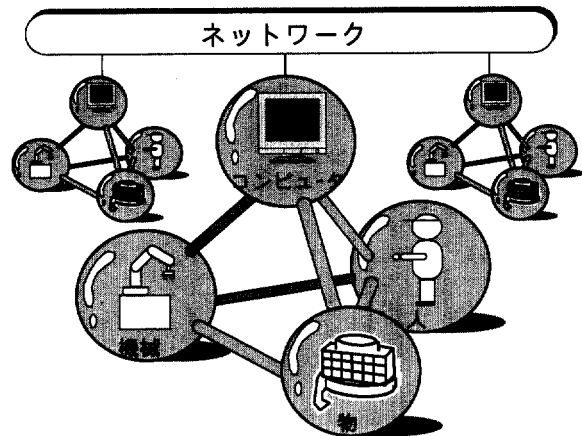


Fig. 9 Interface in manufacturing system

を支える仕組みづくり】

また、先に述べた生産システムの構造が自律分散型に変わっていくためには、Fig. 9 に示すように、その基本的な構成要素となる、コンピュータ、機械、人、物の連携を実現するインフラストラクチャとしてのインターフェースの構築、そのための技術開発が重要となる。機械を管理・制御するロボット稼働情報や動作言語、工作機械稼働情報や NC 言語、PLC(Programmable Logic Controller) 言語、物を特定するバーコード、QR コードなどの認識情報、人が物、機械およびコンピュータとの間で管理・制御するための操作盤、表示機器で扱われる情報などが自由にやり取りできる環境が必要となり、オープン化、標準化の名の下に、企業の枠を超えて、共通に利用可能な環境整備が望まれる。

デンソーでも、オープンなネットワークに対応する機器の開発に取り組んでおり、本特集でも別途紹介している。【佐藤ら：ネットワーク接続ロボットコントローラ】

また標準化活動に関しても、既に自動車業界における EDI の標準化(自動車工業会、自動車部品工業会)、産業用ロボットのオープンネットワーク化(ロボット工業会)、生産システムエンジニアリングにおける生産システムモデルの標準化(IMS センター)などに参画

している。

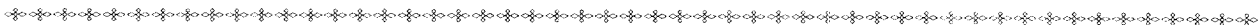
5. ま と め

以上、デンソーにおける生産システムの将来について概説し、そこで必要となる技術課題について、本特集で具体的に紹介されているテーマの位置付けを明らかにすることも含めて展望した。

“DENSO VISION 2005”では、生産システムは大きな転換を迎える。我々の先輩諸氏が築いてきたデンソーの生産システムの強みを、この転換期に失うのではなく、むしろこの強みをコアコンピタンスとしてより強固なものにすることが、今、我々が取り組むべき最大のテーマであることを再認識し、21 世紀になっても“モノづくり”の最先端企業としてデンソーの名を維持して行く努力を続けていきたい。

＜参 考 文 献＞

- 1) 精機学会総合生産システム研究分科会編：機械生産システム用語辞典：精密工学会，p. 102.
- 2) Daniel Roos et al. : The Machine That Changed the World, Rawson Associates.
- 3) “Reconfigurable Machining Systems” Brochure, The University of Michigan, 1997.



＜著 者＞



小島 史夫 (こじま ふみお)

生産技術部
生産技術関連のシステム開発および要素技術の開発に従事。
工学博士



中齋 龍美 (なかさい たつみ)

生産技術部
生産システムの開発および要素技術の開発に従事