

# ディスクリート型製造業における 次世代生産システム

大谷 彰彦

## 1. はじめに

原料の加工、部品の組立て、製品の検査、原料・部品・製品の搬送といった工程で構成されるディスクリート型製造業における生産システムについて、求められている要件を考察して次世代のあるべき姿を生産現場の製造設備という観点で述べる。

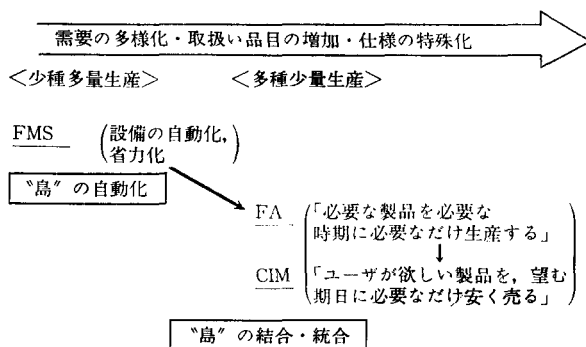
## 2. 製造業に求められている要件とその変化

一般的にわが国の加工・組立て産業（ディスクリート型製造業）の生産コンセプトは、「安くて良い品質の製品を大量に供給する」というものである。このコンセプトの中に製造業に求められている要件が3つ存在する。すなわち、(1)品質…良い品質、(2)コスト…安くて、(3)納期…大量に供給、である。いわゆる Q, C, D (Quality, Cost, Delivery) である。ところが、時代の変化とともにユーザーの要求は個人の好みを重視したオーダー品を求めながらも、コストパフォーマンスなどの点から限りなくオーダー品に近いイーザーオーダー品を欲しがらようになってきている。これを製造業の側面からとらえると、「カスタマイジング」の要素が非常に強くなってきているといえる。今までの「少種多量生産」から「多種少量生産」に対応していかないと生き残れないということである。ここに4つ目の要件であるフレキシビリティを高めることが重要となってくる。今後の製造業では、このフレキシビリティを高めることが需要の多様化、取扱品種の増加、製品仕様の特殊化など市場環境の変化の中において、自らを優位に置くためのキーポイントとなる。

## 3. 現状の生産システム

現在、製造業では FA (Factory Automation) や CIM (Computer Integrated Manufacturing) の考え方をいかに具体化するかという問題点を抱えている。FA の考え方は、どちらかというところプロダクトアウトの思想に立ったものであり、マーケット情報、開発情報、さらには経営情報までも含めたトータルな生産システムは CIM という概念で考えられている。CIM はプロダクトアウトに加え、かなりマーケットインの思想に踏み込んでおり、製造業における問題解決のキーであると考えられている。FA や CIM は「物を作るための生産設備の自動化や情報の統合化」であり、FMS (Flexible Manufacturing System) の当初の目的であった「必要な製品を必要な時期に必要な量だけ生産する」という考え方（設備の自動化・省力化）を拡張している。すなわち、従来の自動化・省力化された製造工場に、設計情報、製造管理情報、マーケット情報、経営情報も結びつけて個々に自動化されてきた部門（これを「島」の自動化という）を相互結合して企業全体を最高の利益追求の道にのせようとするものである。図1に、FMS から FA, CIM への動きを示す。

現在でも完全な形で FA や CIM が構築されている



おおたに あきひこ 立石電機㈱

〒617 長岡京市下海印寺

図1 FMSからFA, CIMへの動き

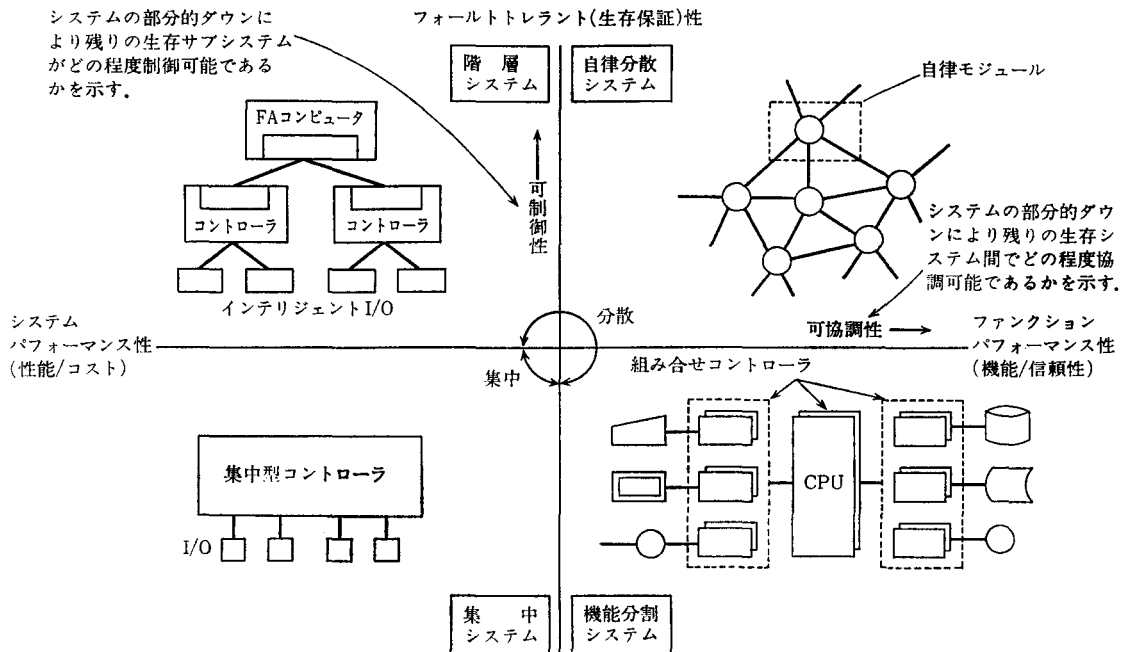


図 2 システムの構成概念

状況とは言えないが、「島の自動化」を進めて、さらに結合、統合していくFAやCIMの概念は次のような問題点を抱えているのも事実である。

- (1)情報が集中化する傾向がある
- (2)部分故障も含めた1つの故障がシステム全体の動作に影響を与える
- (3)システムの融通性や拡張性に乏しい

これらの問題点は、製造業に求められている4つの要件を十分に満たすような解決策とはならないことを示していると言えよう。システム的な観点からFAやCIMを考えてみると、これらのシステムコンセプトは基本的には階層システムアーキテクチャーを持つものであり、情報はより上位の階層のシステムに集まるし、上位階層の故障はシステム全体に重大な影響を与える。さらに、各階層では集中システムあるいは機能分割システムで組合せられており、最初のシステム構想によってシステム全体の能力や機能が規定されてしまう。生産システムからみてQ, C, Dを満足するのは当たり前であり、今後はフレキシビリティを満足しなければならないことを考えると、生産システムそのもののコンセプトを従来のものと変える必要がある。意識の変革は「プロダクトアウト思想」から「マーケットイン思想」に変えなければならないし、それに伴って物作りの現場も変化しなくてはな

らない。表現をかえれば、FMSでは物流の合理化、自動化が進展し、FAやCIMではさらに情報流の円滑化と統合化が実現されるが、物の流れも情報の流れも結局は「人」が決定するものである。したがって、初めに決めた枠組みの中でのことを考えているのはシステムが固定化してしまう恐れがある。生産システムの固定化は十分なフレキシビリティを保持しているとは言えず、新しい生産システムが稼動すればすぐに次のシステム拡張や変更が要求される次世代の生産システムには、必ずしも適切とは考えられない。

#### 4. FAやCIMを補完する生産システム

FAやCIMの概念は、それがシステムとして具体化されれば、現在の生産システムを能力アップさせることはまちがいない。ここでは、FAやCIMの弱点を補完するという意味で次世代の生産システムを考えてみたいと思う。ポイントはフレキシビリティであることは前述したが、物作りの現場におけるフレキシビリティとは何であろうか。現在でも、作る製品の仕様が変化するとそれに応じて生産設備の変更が要求される。(一般的に段取り替えという。)この段取り替えの時間はフレキシビリティの1つの尺度となるであろう。また、段取り替えでは

対応できないような大きな変更  
 (たとえばフルモデルチェンジなど)では生産ラインそのものの変更が必要になる。いわゆる生産ラインの新規設計である。この設計期間も1つの尺度になるであろう。さらに、旧設備がどの程度次の設備に流用できるかも大きな着眼点である。さて、生産システムは物と情報が有機的に結合された複雑で大きなシステムであるが、システムアーキテクチャーという切り

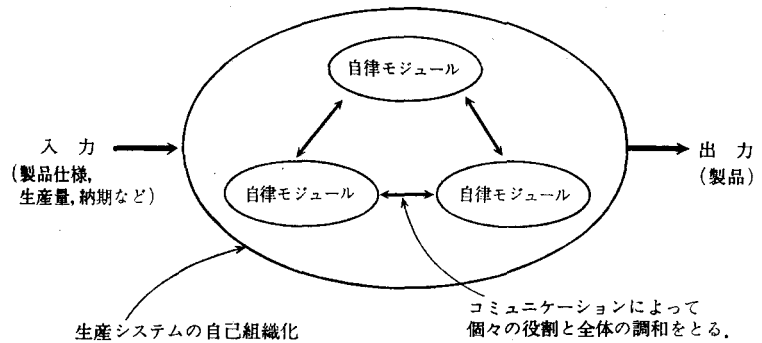


図3 自律分散型生産システムのイメージ

口で考察する必要がある。図2に示すようにシステムの構成概念は大きく分類して4つになると考えられる。すなわち、(1)階層システム、(2)集中システム、(3)機能分割システム、(4)自律分散システム、である。FAやCIMの考え方の中で採用しているのは基本的には階層システムであり、サブシステムとして集中システムや機能分割システムが採用されているのが実態である。

さて、FAやCIMを補完する次世代の生産システムではフレキシビリティを高めるためにシステム自身が自己増殖機能や自己衰退機能を持つことが必要になってくるであろう。これは、作る物に応じて生産設備を含むシステムが柔軟に変態することを可能とするものである。このシステム概念は自律分散システムの考え方である。すなわち、自律分散システムとは、「自律」している「個」が全体の調和を保ちつつ有機的に結合されているシステムであり、システム自体に新陳代謝機能を持つ。FAやCIMのシステム概念の中に自律分散システム概念を導入することによって問題点を解決し、弱点を補完してよりフレキシビリティに富んだ生産システムを構築することができる。図3に、自律分散システムの考えを導入した生産システムのイメージを示す。

## 5. 自律分散型生産システムの具体的な考察

FAやCIMの考え方の中で、上位階層に属するサブシステム(たとえばCAD/CAMのような開発支援システムや営業情報システムなど)では自律分散システムの考え方を導入するのはたいへんむづかしい。その理由はこれらのサブシステムを構成しているシステム要素が他の分野(たとえばOAやLA)のシステム要素と共有していることが多く、したがって機器群は汎用化されて

いる場合が多い。そのため、自律分散システムの基本である「個」の自律化が困難な状況にある。一方、下位階層のサブシステムである生産ラインは自律分散システムのモデルとして考えやすい対象である。ここでは、生産ラインを対象として具体的なイメージを描くことにする。自律分散型生産システム(下位階層の生産ラインシステム)とは、変態可能な製造機器(ハードウェア)がそれぞれ自律的に分散制御(ソフトウェア)され、これらが全体として調和を持って統合化(システム)された生産システムと言えよう。

### 5.1 自律分散型生産システム概念

生産システム(生産ライン)が自律分散型システムになるというイメージはだいたい次のようなものであろう。

- (1)生産システムを構成する各種要素(ハードウェア/ソフトウェア)がそれぞれ自律的である。
- (2)当初は、人間の介入によってシステムの構成要素やシステム規模がダイナミックに変化する。(システムの自己増殖/自己衰退)
- (3)個々の自律的要素間のコミュニケーションによって個々の役割と全体の調和をとる。

### 5.2 自律分散型生産システムの機能

生産システム(生産ライン)としての自律分散型システムは、その機能として次にあげるようなものを持つべきである。

#### (1)生産システムとしての基本機能

物を作るシステムとして、加工、組立て、試験、運搬、計算、記憶など個々の要素固有の基本的な機能を有している。

#### (2)自律機能

個々の要素(ハードウェア/ソフトウェア)あるいは要素群が、一定時間外部との関係なしに自給自足の

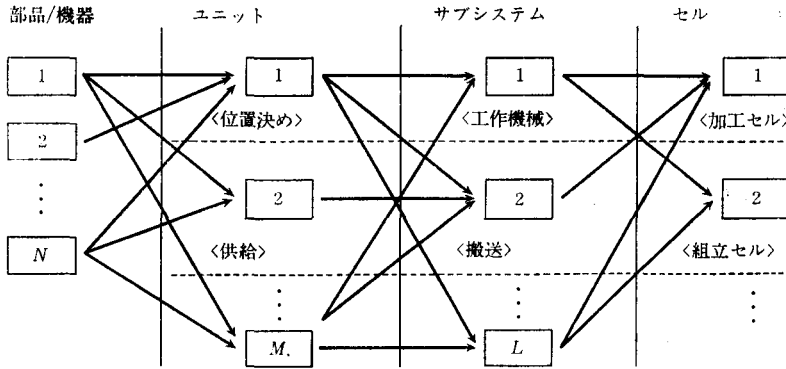


図 4 自律的「個」の組合せによる生産システムのイメージ

状態で自己完結型で運転できる。

(3)異常処理機能

他の要素あるいは要素群に影響を与えることなく、全体システムからの切り離しができる。

(4)他要素支援機能

隣接する要素あるいは要素群の異常状態を知り、自己の動作範囲の中でその要素あるいは要素群を支援する。

(5)モニタリング機能

任意のタイミングで、システム全体あるいは関係する要素の動作状況を知ったり、システム全体あるいは関係する要素に対して自己の動作状況を報告する。

(6)ヒューマンフレンドリーなマンマシンインタフェース機能

オペレータあるいはシステム運用者との間で、人にやさしい容易なインタフェースを持つ。

5.3 自律分散型生産システムの構成要素と特長

自律分散型生産システムの構成要素としてのハードウェアはモジュール化された構造となっており、必要なソフトウェアを具備することによって自律的な「個」となる。個々の要素の基本的な構成は「基本部モジュール」、「インタフェース部モジュール」、「通信部モジュール」の組合せである。このような自律的な構成要素は有機的に結合してサブシステムを構成することになる。個々の構成モジュールのうち特に「通信部モジュール」は必要とされる基本的機能から考えて相当のインテリジェント性を持つことが要求されるであろう。さて自律分散型システムの構成要素は次のような特長をもつと考えられる。

(1)故障の局所化対応ができる。

(2)他の自律的構成要素に影響を与えずに、増加・変更

ができる。

(3)オンラインで保守、改造ができる。

(4)共有資源を持たず、独自で動作する。

(5)他の自律的構成要素とお互いに通信し、連携をとって有機的に動作する。

5.4 フレキシビリティを持ったシステム構成

自律分散型生産システムでは、生産にかかわる個々の構成要素あるいは要素群（たとえば加工、組立て、試験など）において、最適な組合せが可能で、かつ、組合せ方によって全く違う機能・性能を持つものに行うことができる。これは、将来の生産システムのキーポイントになるであろうフレキシビリティを最高レベルで達成するものである。図4に、その具体的な組合せイメージを示すことにする。図4では、部品や機器（これらはお互いに自律的な「個」である）の組合せによって「位置決め」や供給などのユニットが作られる。当然、これらのユニットもまた、自律的である。さらに、ユニットの適切な組合せで「工作機械」や「搬送」などのサブシステムが構成される。そしてサブシステムの組合せによって「加工用セル」や「組立て用セル」ができる。このように、自律的な「個」を最適に組合せることによって生産ラインに必要な多種多様な設備を作り出すことができるのである。一方、新たな製品を生産する場合には、部品/機器、ユニット、サブシステムの組合せを変更したり、新たな構成要素を追加、不要な構成要素を削除して、全く新しい生産ラインを再構築するのである。

6. 自律分散型生産システムでのコントローラの試設計

ここでは、自律分散型生産システムを実現する上での

中心的な役割りを果たす各種のコントローラ（たとえばシーケンスコントローラやロボットコントローラなど）の具体化について、その試設計をしてみることにする。各種コントローラは前述のようにそれ自身自律的であることは言うまでもない。

### 8.1 自律分散型コントローラの要件

コントローラ自身が自律的な「個」であるためには次のような要件を備える必要がある。

#### (1)均質性

基本的な単位ではハードウェア／ソフトウェアとも均質であり、独自の資源を持っている。(共有資源を保有しない)

#### (2)局所性

基本的な単位ではシステム全体の情報を知る必要はなく、局所情報だけで協調制御する。

#### (3)平等性

基本的な単位では平等で、主従の関係がない。

### 8.2 自律分散型コントローラの特長

自律分散型のコントローラは、次のような特長を持つであろう。

#### (1)自律性

制御対象に対してコントローラは独立、自己完結型である。

#### (2)協調性

制御系間において、コントローラの相互連携が容易

である。

#### (3)適応性

制御対象、ユーザーのニーズに対して最適のコントローラを作り出せる。

#### (4)柔軟性

システムの構成あるいはシステムの機能の変更や拡張／縮小に対して容易に対応できる。

#### (5)保守性

オンラインでの保守、保守時間の短縮、保守部品の削減が可能である。

#### (6)耐故障性

故障の局所化ができ、無停止システムの構築も可能である。

#### (7)操作性

コントローラの取扱い方法が標準化・共通化され、操作方法・手順が単純明快でありフルプルーフ性に富む。

以上のような機能、特長を持つコントローラを設計、開発することによって次世代の生産システムは非常にフレキシビリティを持ったシステムとして製造業の生き残り発展に大きく寄与するであろう。

### 参 考 文 献

- [1] 新生産システムの開発に関する調査研究報告書  
社団法人 日本機械工業連合会, 102-109, 1989年
- [2] ケストラー, 「ホロン革命」, 工作舎, 1983年

## 報文集価格表 (会員価格)

T-73-1	ネットワーク構造を有するオペレーションズ・リサーチ問題の電算機処理に関する基礎研究	1200円
T-76-1	オペレーションズ・リサーチのためのデータとプログラムに関する研究	4000円
T-77-1	システムダイナミックス——方法論と適用例	2500円
R-79-1	「ORの実践とその有効活用」視察団報告	1200円
R-82-1	「欧州におけるOR実施状況」視察団報告書	1200円
R-84-1	「米国におけるORの実践」視察団報告	1200円
T-86-1	「南北協力の新しい戦略——マイクロ電子技術を起爆として——」	3500円
R-88-1	「南米諸国とのOR交流視察団」報告書	1200円