

CIMにおける生産管理

黒須 則明

1. はじめに

自動車産業とORの特集にちなみCIMにおける重要な基盤モジュールである生産管理についてトヨタでの動向、事例を紹介する。図1に示すように、自動車の生産をとりまく環境は激変といつていいほど変化している。環境適応のため生産システムには「変化への迅速な対応」が求められている。答の一手段がCIMであろうか。ただしトヨタの場合「FAをやる」「CIMをやる」とFAやCIMそのものをめざしているわけではなく、「受注—生産—納品（納車）までの生産活動におけるシステムの効率的運用・管理・制御」を行なうことに知恵を出してとりこんでいて、これが結果的にFAやCIMになっている。

トヨタでの「もの作り」の根底を流れる考え方は、「現地現物を重視」し、改善の積み重ねから生れた「トヨタ生産方式」と呼ばれるものが基本になっている。人の知恵と働きを中心に置き、自動化する場合にはムダ、ムラ、ムリを作らない、いわゆる「エンペン」のついた自動化，“Autonomation including Automation”を進めてきた。

人と機械の役割を明確にし、常に人間を主人公にし、人と機械の共生・共存に留意し生産システムの構築に心がけてきた。「かんばん」などの情報制御ツールを活用して改善を進めて“Just In Time”を実現し、これらの結果が「ホロニック生産システム」とか「リーン生産方式」として紹介されてもいる。

基本的な考え方をベースに、手段を近代化させているのが最近の生産シ

テムづくりの現況である。それを図2に示す。FAやCIM、あるいは通産省の主導するIMS(Intelligent Manufacturing System)において情報システムは基盤的なものであり、その中で「生産管理」システムは中核をなすものである。後述する「調和型自律分散」システムの1つの例、オーケストラにおける指揮者のような役割である。

生産管理という用語の定義や機能は人、企業によって異なるが、本稿での問題を、FAやCIMにおける最近の要求される機能、性能が「分」や「秒」という単位で多量の情報を処理しなければならないこと(リアルタイム性)、現場の知恵をいかにコンピュータなどの機械システムにとりこむかということに的を絞るため、生産管理の意味する所をかなり狭くして、工場のラインの人

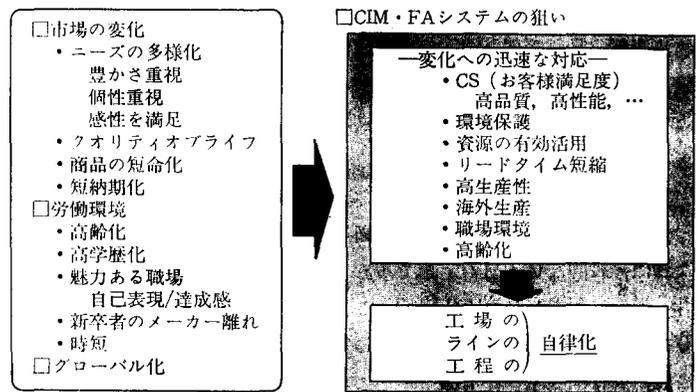


図1 生産をとりまく環境の変化

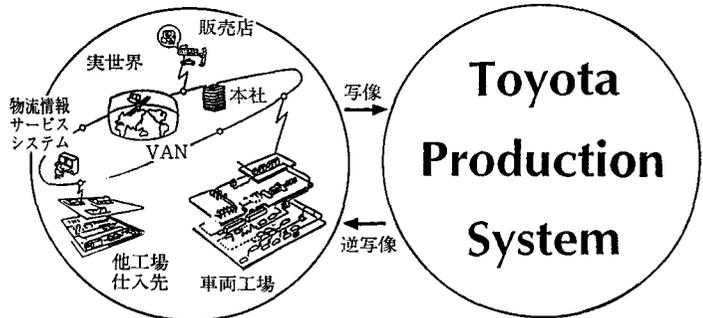


図2 システム構築の基本概念

くろす のりあき トヨタ自動車㈱
FAシステム部

〒471 豊田市トヨタ町1

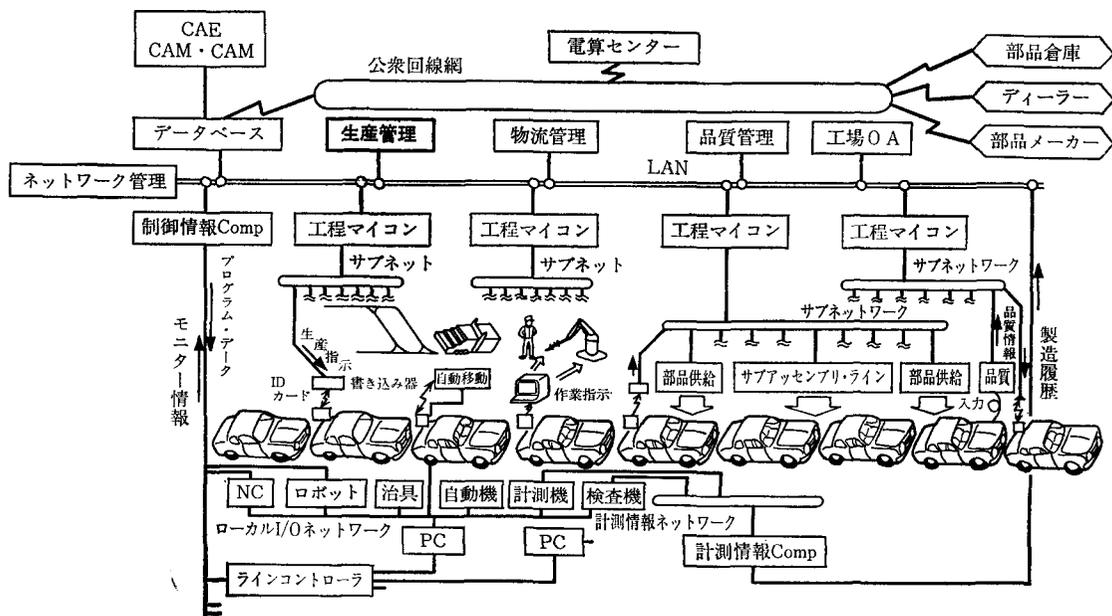


図3 将来工場像

や機械に情報を指示する、いわゆる「生産指示」を中心にしたものとする。

現在構築中の工場の情報システムの概要を、物流管理、品質管理などと生産管理を区分して図3に示す。以上の前置のもとに順を追って最近の動向・事例を以下に示す。

2. トヨタのCIM

トヨタにおけるCIMの概念を図4に示す。これは一般的なCIMの定義である「受注・設計・調達・製造・物流を情報技術により統合化したシステム」に従って画きあらわしているが当社の場合は表1のCIMパターンの「生販一体化」のCIMに分類される。前述したように

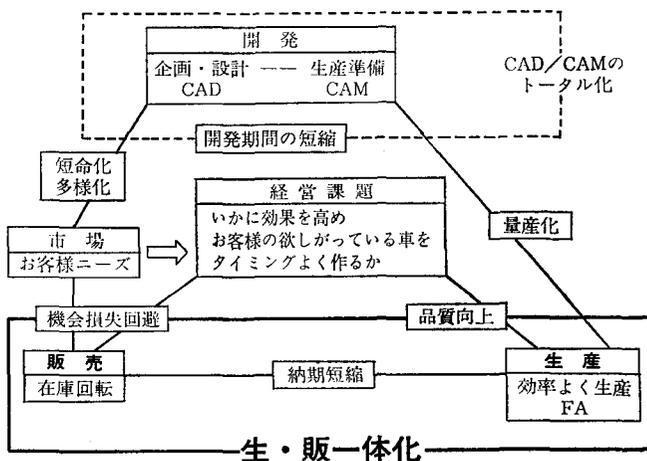


図4 トヨタのCIM

表1 CIM化のパターン

	事前設計型グループ	受注後設計型グループ	素材型グループ
業種	食品、薬品、電機、事務機器、精密機械、自動車	造船、機械、重電	繊維、鉄鋼、紙・パルプ、化学、石油・ゴム、ガラス、土石、非鉄金属
CIM化のパターン	生販一体化	開発部門を中心として生産と販売を結ぶ	生産部門を中心とした統合化
各部門のマトリクス	販売部門	最新市場動向の把握(小売店情報ネットワーク)	見積もり・技術検討サービスの迅速化
	生産部門	効率の良い多品種化	CAD/CAM統合
	開発部門	市場動向への即応	設計期間の短縮
			正確な納期回答
			工場内システムの統合化による省力化
			生産技術の革新

参考：日経BP社日経コンピュータ1988.10.24

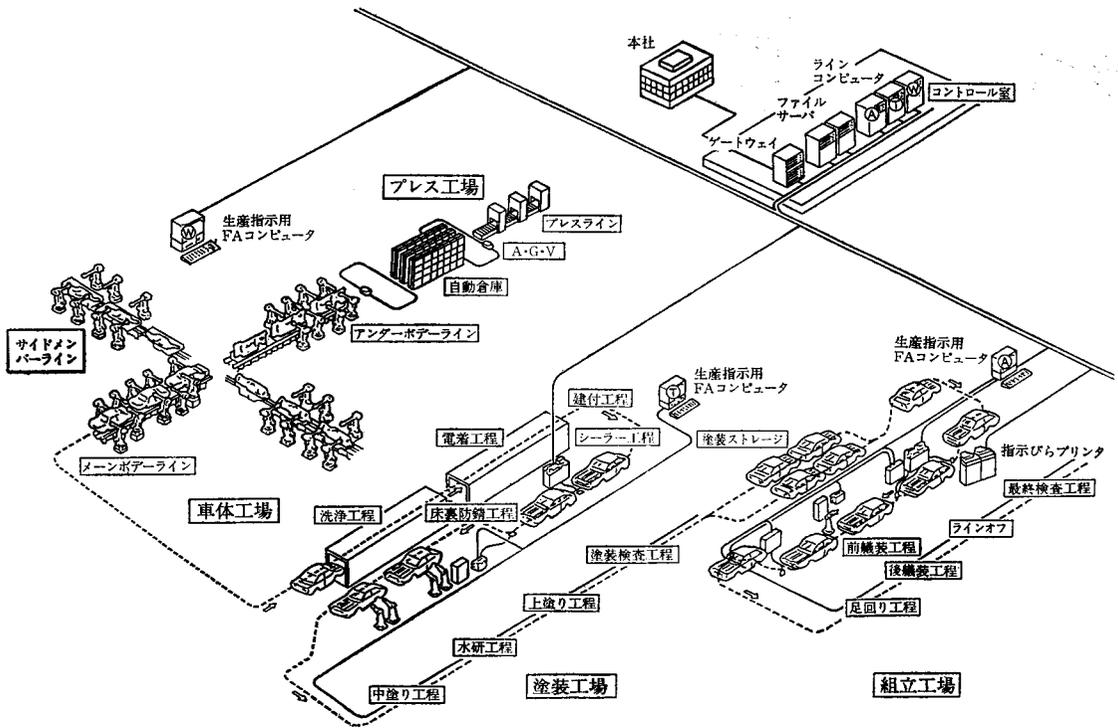


図 5 車両工場生産管理システムの概要

「受注—生産—納品」までのプロセスを重点に現状ではシステムを構築中である。図 5 にプレス、車体、塗装、組立ショップを主にした車両工場の生産管理システムの概要を示す。図 3 をもとにイラスト的に示したものである。

3. トヨタにおける車づくりの仕組み

図 6 にトヨタにおける車づくりの仕組みの概要を示す。お客様の注文を受け、工場のラインのロボットや作業員まで情報を処理、伝達するところまではコンピュータ化され、トヨタ生産方式の基幹をなす「平準化」処理

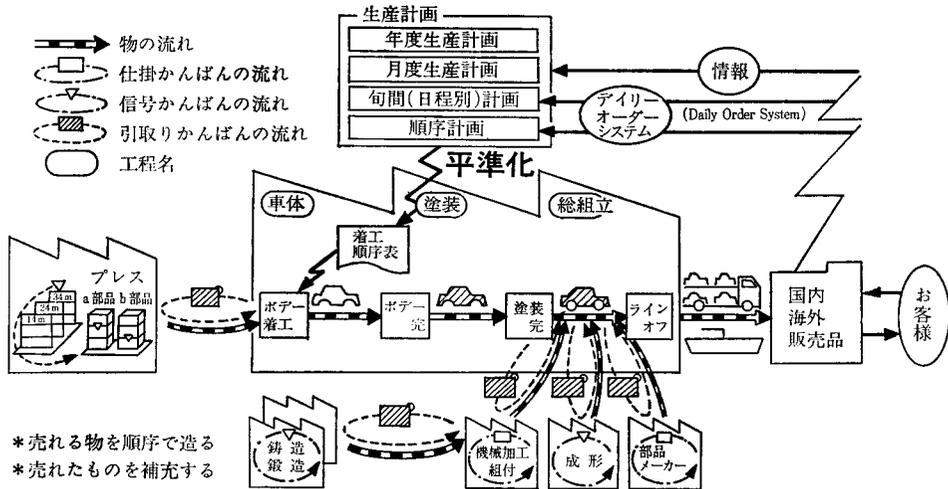


図 6 トヨタにおける車づくりの仕組み (物と情報の流れ)

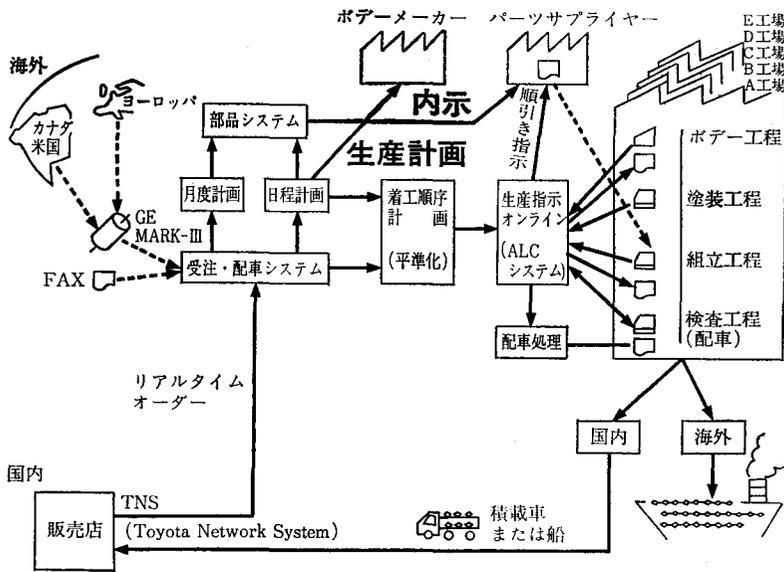


図7 トヨタの車両システムの概要

などを加えた生産計画が立案され車両工場に伝達される。工場では生産に必要な部品がなくなるとそれを補充させるための情報媒体として「かんばん」を使用し、それにもとづいて工場内の他の成形やプレスジョブへの生産指示が行なわれる。総組立工場ではそこで使用される大半の部品が車両工場外の仕入先から供給されるが、そこへの発注指示が「かんばん」で行なわれる。

「売れるスピードでものを造る、運ぶ」が基本である。いわゆる「必要なものを、必要なときに、必要なだけ」造るジャスト・イン・タイム (JIT) が基本理念である。別名、後補充生産、Pull 生産ともいわれている。

しかし図6が示すように、完全な後補充でなく、ボディ着工までは計画にもとづいた順序生産でもある。計画にもとづいた部品生産計画は図7に示すように内示として仕入先に出されていて、実際に車両工場に引きとるのが「かんばん」によって行なわれている計画微調整型生産でもある。そのため Push-Pull 生産といってもよい。図8 [1] に示すようカスタンド分を計画でフリンジ分を「かんばん」で調整していると考えてもよい。最近はこの「かんばん」運用で培われたシステムの効率的な運用に関する知識やノウハウをコンピュータ化しようというのがトヨタの最近の動向である。

それは図1に示した生産環境変化への迅速な対応への1つの答と考えている。特に遠隔地工場、海外拠点工場の物流システム (ロジスティックス) を考えると、トラックや船の速さで情報を伝達するのと通信ネットワーク



図8 負荷変動

によって情報を伝達するのでは格段に伝達速度に違いがあり、その時間差間に蓄積された情報を有効に使ってトヨタ生産方式の基本コンセプトを生かすつつ効率的なシステムの運用をはかろうというのが最近の動向である。

情報の有効利用のときに、巡回セールス問題や各種シミュレーション手法、各種スケジュール問題が発生し、OR, AIな

などの各種情報関連技術が使用される。

生産管理システムをダイナミックにフレキシブルに運用することは非常に重要で、それなくしてCIMは無用の長物になってしまう。'70年代に喧伝されたMIS (Management Information System) が、いいすぎかもしれないが失敗に終わったのは、計画さえ緻密に行なえばあとはうまくゆくという、現場ではいかに多くの緻密な知的作業が行なわれているかを知らないもののコンセプトではなかったかと考えられる。あるいは知っているも当時の技術では狙いとすることができなかったことにもよっている。この事情はCIM, CIMとさわがれている今日の事情でも大差はないと考えてよい。

CIMにおける生産管理では、従来のような、MRPなどの生産計画をつくることを中心にした論理的手法、数学的手法ばかりでなく、現場に蓄積された、あるいは蓄積されるだろう運用のノウハウをとり入れ可能な知的情報処理手法 (それは永久に達成不可能な技術かもしれないが) をもとり入れた、変化に迅速に柔軟に対応できるシステムが望まれる。

トヨタでの過去の生産管理システム、特に現場でのシステムでは「かんばん」、目で見える管理、異常がすぐ誰にもわかる「あんどん」、異常が出たらすぐラインを止められる「ポカよけ」などの道具を使って、変化への対応をはかってきた。このノウハウをいかに体系化し最新技術でリファインするかがシステム計画者の課題である。

表 2 生きているシステムの具備要件

• 安全性	• 保全性
• 拡張性	• 親和性
• 改良性	• 接近性
• 発展性	• 快適性

表 3 生きているシステムのキーワード

- 自己組織化…Self-organization
- 新陳代謝…Metabolism
- 自己創出性…Autopoiesis
- 相互進化…Co-evolution
- 知的共鳴…Intelligent resonance
- 共生…Symbiosis
- 共存…Co-existence
- 共創…Co-innovation
- 散逸構造…Dissipative structure
- カタストロフィ…Catastrophe
- ゆらぎ…Fluctuation
- 自己変態…Metamorphic
- 突然変異…Genetic mutations

4. システムの具備すべき要件

表 2 にシステムが満たすべき基本要件を示した。基本は人と機械が共生・共存しラインで働く人間，そこでの生産システムを構築する人間が，働く喜びを感じ，自己実現の場をいかに創り出せるか，いわゆる「生きている

システム」を創出できるかのキーワードである。参考に「生きているシステム」のキーワードを表 3 に列記する。

これら表 2，表 3 に示したものは，変化に柔軟に対応し進化していく生産システムを，長い歴史をもつ生物，特にわれわれ人間の社会システムから学べるものを抽象化したものである。

5. 調和型自律分散システム

前述の要件を満たすシステム構築のアーキテクチャ，要素技術は現時点では未熟ではあるが，それなりに考えられ，手に入れられる。「調和型自律分散システム」が答の 1 つではないかと考えている。「本来分れていて，自ら立てた規範に従って行動する部分が他との協調によって，自らの目的を達成する集合体」がその定義である。

図 9，図 10 にイメージを例示する。

図 9 のモデル空間におけるオーケストラの例では，互いに自律するモジュールが有機的に結合，協調し全体として調和して 1 つの目的を達成しているイメージを示す。ムカデの例では，足の制御は自律的に行なわれていてその全体制御は人間のような 2 本足の制御に比べはるかに簡単になっていると考えられる。生産システムにおいても，熱い物に手がさわったら，反射的に手が離れるような自律反動的行動をする機能，

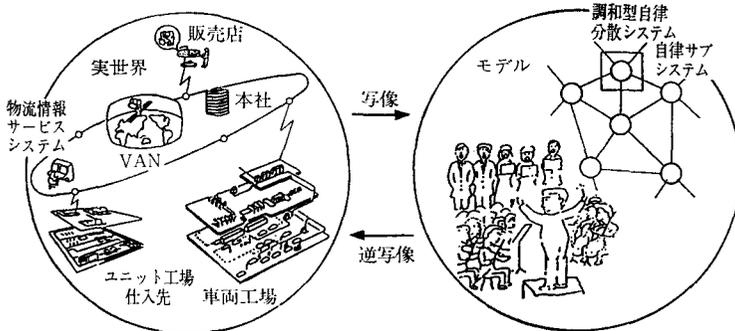


図 9 調和型自律分散概念

FULL FIGURE FROM BACK SIDE

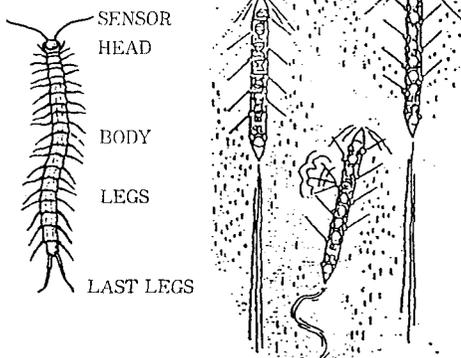


図 10 調和型自律分散システム

性能が要求される [2]。一言でいうなら「自律神経」機構の構築である。

トヨタの生産管理では，以上のような考えのもと，人とコンピュータなどの機械の役割を明確にして，現場の知恵の必要なところは「かんばん」，「あんどん」などの情報制御ツールと単純で多量の情報を単時間で，また遠隔に情報伝達しなければならないところはコンピュータ・ネットワークと役割を分けてシステムを構築してきた。

これは今までの情報処理技術や論理主体の OR 的手法だけでは多様かつ高度な知的情報処理を行なうことが技術的にも経済的にも困難なためであった。しかしこのような状況も以下に示すような状況で変化を求められ，機

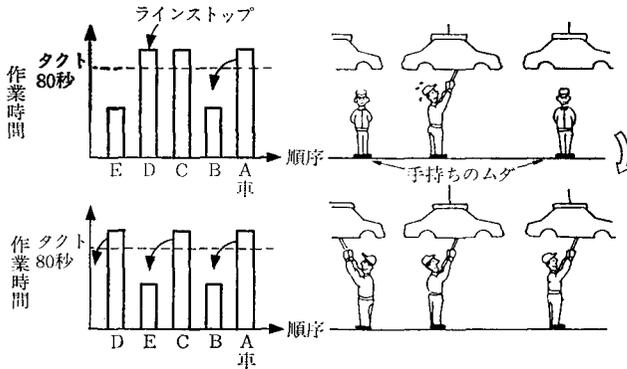


図 11 平準化生産

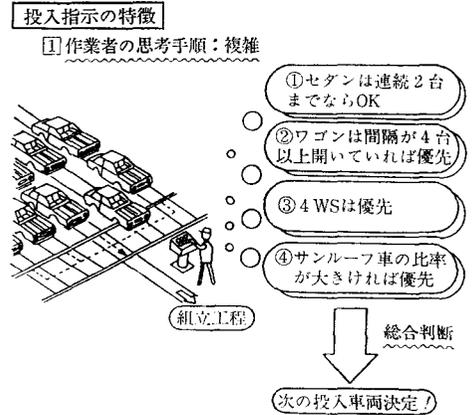
械化，コンピュータ化，FA化，CIM化をはかっているのが昨今の状況である。変化の状況とはまず第1に，IMSプロジェクトの提案などに見られるように，近年生産現場の知恵のとりこみへの関心の高まりと，それに関係する技術にかなりの進歩が見られ，また経済的にも使えるものが出てきていることである。第2には図1に示した中での労働環境，グローバル化対応での人間の問題である。生産システムの中で主要な役割を果たす人間の問題である。経験技能者の減少による知識（ノウハウ）消失の防止，高度な知識判断を要求されるストレス低減，あるいはシステム高度化，自動化に伴う追体験不足からくる知識蓄積の逸失防止，グローバル化進展による文化，経験の違いを克服するための知識授受のためコンピュータ化などの知的情報処理システムの構築を考へざるを得ない状況にあることである。

以上のような状況を，生産管理の範疇に入る，仕掛り，スケジューリングでどのように解決をはかったか，はかりつつあるのかを以下に事例紹介する。

6. 仕掛りシステムのコンピュータ化事例

(1) 車両投入指示エキスパートシステム [3][4]

本システムは図5に示した車両工場の塗装，組立工程間に設置されたストレージラインから組立工程へ，主として組立工程の作業負荷の平準化を狙って車両を投入するためのものである。作業負荷の平準化とは図11に示すように，組立工程で設定されたタクト時間を越える車両が連続して流れると組立ラインが停止することを防ぐためにある。この平準化は，生産計画立案時にOR的手法を駆使して立案されて車両工場に指示されるが，ボディー，塗装と工程を通過する時の外乱，投入時の各種異常，たとえば後工程の組付部品の欠品などによって投入不可となることを，秒単位の中で高度な判断をして防止する



② ラインの状況変化 } により思考手順が頻繁に変化
生産比率変動 }
工程変更・改善 }

AI手法適用のねらい

- ① 手順の変更が使用部署で容易に可
- ② 平準化レベルアップ

図 12 平準化作業（制御）の特徴と

AIのねらい

ことにある。従来この作業はベテランの作業者が行ってきたが複雑化する生産条件の変化，高度な判断をする作業者の不足への対応のためコンピュータ化をはかってきた。

この種の自動化の課題は，ORの数理論的アプローチばかりでなく，図12に示す作業者のノウハウ取得，知的情報処理をどうするか，それもFAシステムの中で実行するため，処理時間が数秒というリアルタイム性，また経済性も成り立たせつつシステムをどう構築するかにある。1つの答としてAIを応用した事例を図13に示す。この事例の特徴は，現場の作業者の知恵を問題領域を整理し，必要なパターンを分類しプロダクションルール型のAI手法を適用し，かつシステムを仕掛りシステムと自律分散化させ，全体システムと調和，協調させることによって，リアルタイム性，経済性の課題を計ったことにある，全体システムの中の位置づけを図14に示す。

(2) プレスラインのFAシステム

プレスラインの「かんばん」による仕掛りシステムのコンピュータ化事例を図15に示す。図6に示した「かんばん」情報をコンピュータ化した事例である。引取りかんばんとは，後工程のボディーからフォークリフトやAGVによってプレスストア場へ物を取りにきたとき手渡すものであり，信号かんばんとは在庫がなくなった時，掲げるかんばんである。図15では後工程から順次，情報

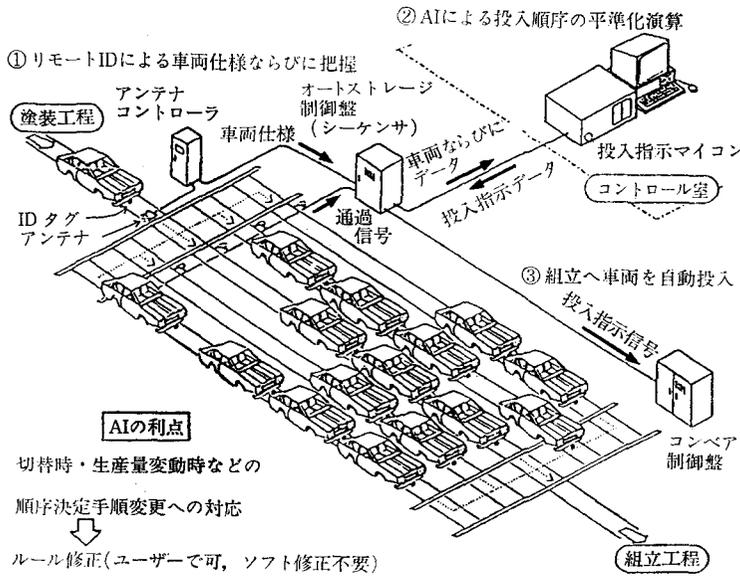


図 13 AI 応用平準化制御システム概要

が上流に上っていく後補充生産の形態を示している。

(3) かんぱん仕掛りの原理

ベテランの作業者が行なってる「かんぱん」仕掛りの原理を図16 [5] に示す。車両工場内に数多く存在するサブラインではメインラインに供給する部品以外にも他の工場用の支給品や補給品などの生産を同時に行なっている。引取かんぱんによる発注を、周囲の関連する情報、ラインストップ、在庫などを考えて平準化生産計画を瞬時に判断して仕掛りを行なっている。リアルタイム・インテリジェント・スケジューリングシステムである。この処理をAIなどを用いてコンピュータ化したのが前述の事例である。



図 16 かんぱん仕掛りの原理

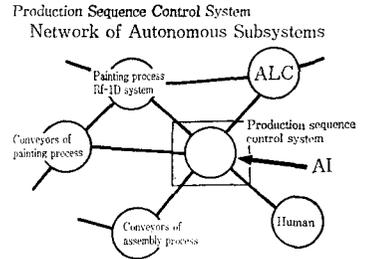


図 14 全体システム (生産管理システム) 中のAIの位置づけ

7. おわりに

自動車産業とOR特集にちなみ最近のトヨタの生産管理、FA化、CIM化へのとりくみについて、現場レベルの問題について2~3の事例を含めて紹介した。主たるテーマは知的スケジューリング問題で、それも現場で人間変化に臨機応変に、ダイナミックに行なっている知的情報処理を経済性も成り立たせながらいかに機械化するかが今日の課題である。処理の基本部は論理的、OR的、数理的処理で行ない、変動分をAIなどの技術でカバーしようというのが基本姿勢である。実用化したシステムもある許容制約条件内なら人以上の性能を発揮するが、それを越えたものは人間の知的支援に依存して目的達成には未だ多くの課題を残している。

学会の方々に、FAやCIMの最前線でのどのような問題があって、生産技術者がどのようなことを解決しようとしているかの一部、生産管理の最前部での問題を紹介した。システム構築の基本概念の自律分散システム

学会の方々に、FAやCIMの最前線でのどのような問題があって、生産技術者がどのようなことを解決しようとしているかの一部、生産管理の最前部での問題を紹介した。システム構築の基本概念の自律分散システム

も、これからの学問である。知的スケジューリングの問題解決もこれからの問題である。多くの方々が、この分野に関心を払い学問進歩、生産技術の発展に参加されることを願うものである。そういうことへの一助に本稿が役立てば幸いである。

参 考 文 献

- [1] 西田, 長谷川: 電力系統における状態推定; システムと制御, Vol.19, No.10, pp.513~522 (1975).
- [2] 御査: J I T 生産を機軸にした J I T-C I M への流れ; PROCEEDINGS of the 3rd CIM JAPAN Seminar, No.3, pp.115~125 (1992).
- [3] 落合他: 車両投入指示エキスパートシステムの開発; 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'91講演論文集. Vol. A, pp.333~336 (1991).
- [4] T. Ochiai, N. Kurosu: Development of an Expert System for Production Sequence Control (provisional title), Japan-U. S. A. Symposium on Flexible Automation, July 13-15, 1992.
- [5] 黒須: 同期生産システムの考え方と実例; 電気計算省力化技術ハンドブック, Vol.38, pp.205~210 (1970).

初等数論講義

A. ベイカー著/片山孝次訳 A5/定価1854円
本書は、ベイカー教授が永年ケンブリッジ大学で行ってきた数論の入門課程の講義をまとめたものである。数論の初歩が簡明に要をつくして書かれ、各章末には精選された練習問題が付されており、教科書・自習書として好個なものである。訳書では詳しい練習問題の解答をつけ、学習の便をはかった。

UNIXワークステーションによる 科学技術計算ハンドブック

基礎編 C言語版・3.5inch フロッピーディスク付
戸川隼人著 定価9800円
研究者・技術者・大学院生に必携の書。とりあげたアルゴリズム全部に C 言語によるプログラム例を示し、そのフロッピー・ディスクを添付。

ゲームと競技の数学

J.D. ヒースリー著/中村義作訳 定価2266円
様々なゲームや競技の構造・戦略等について、その数学的な解析を試みた書。
主要目次 手札の運、不運 ミスを犯すのが人間 実力、段位、環境 相手の裏をかく作戦 パズルの解析 勝利に導く確実な手順 ゲームを測る尺度 難解なゲームの考察他

新時代のコンピュータ総合誌

隔月刊

Computer Today

11月号予告/18日発売/定価930円

オブジェクト指向データベース とその応用

月刊誌

数理科学

10月号/発売中/定価980円

メソスコピック系の物理

定価は税込みです。

サイエンス社

東京都千代田区神田須田町2-4 安部徳ビル
☎03(3256)1093 振替 東京7-2387