

生産システムにおける EDP 化へのアプローチ

出居 茂* 中根 甚一郎*

1. はじめに

コンピュータによる情報処理システムを開発していくに際しての態度ともいべきものを明らかにしておく。

コンピュータは演算速度、記憶量、記憶力にすぐれた機械ではあるがそれ自体だけでは単なるハードウェアとしてのシステムでしかない。コンピュータが何かに利用、使用されようとしたとき、そこに処理システム (EDPS) が生まれる。したがって EDPS という場合にはそのもとにコンピュータが利用される領域とそこで形成されるシステム (生産、販売、行政システムなど) があり、そのシステムがどのような目的で設計、設置されようとしているか (あるいはされているか) によりコンピュータの必要性や処理方式が決まってくる。EDPS の開発を論じるためにはそれを利用するもとのシステムが、いかなる要求 (system requirements) をもち、どのような形態、構造になっているかを明らかにしておく必要がある。

本稿では他と比べてコンピュータ利用の歴史も古く、利用面も多岐にわたっている生産という場に話をしぼり、生産のなかでもとくに機械工業 (discrete production) に焦点を合わせることにする。この領域で生産システムがどのように形成されるかを検討し、その結果コンピュータがどのような部分にどのような方向で用いられるかを考察することにする。

2. 生産システム

生産システムは、顧客からの注文 (customer order) を製造という行為を通じて製品 (completed order) に変換する、という範囲を基本領域と考えてよいであろう (図 1)。

S_0 の原型 (原始的形態) としては「 S_0 の外側から任意に入ってくる個々の注文に対し、その都度注文内容を見積り、受注するかどうかをきめ、受注すること

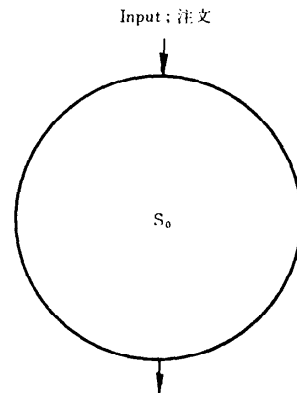


図 1 生産システムの基本領域

にきまれば、その詳細な仕様を設計する。設計されたものに従って資材を手配し、製品の構成要素 (部品) を製造 (fabrication) する。注文を満たすための部品が完成するとそれらを組立て完成品としてまとめる」という姿である (図 2)。いわゆる一品料理生産とか個別受注生産 (Job Production) と呼ばれるものに相当する。

生産側 (S_0) にあるのは技術レベルでの熟練、経験であり、これにより個々の注文を技能者の力にたよってこなしていく。近代工場といわれる以前の工場や現在では試作工場、治工具工場などどちらかというと開発的色彩の強い工場に見受けられる。

このタイプの生産システムではその主体が経験豊富な技術者、職人であり、注文 (顧客の要求) に対し S_0 が受動的な形態をとることが特徴となっている。すなわち、 S_0 外から S_0 に入ってきた注文を S_0 の中で処理していくことが中心であり、 S_0 を閉じた系とみなし得る。

このようなタイプの生産システムの運営に際しては、システム内で働く人々の知識、技能に対する教育や人間関係、動機づけなどが重要であり、また各生産ステップでの担当者に対するタイミングのよい時々刻

* 早稲田大学生産技術研究所

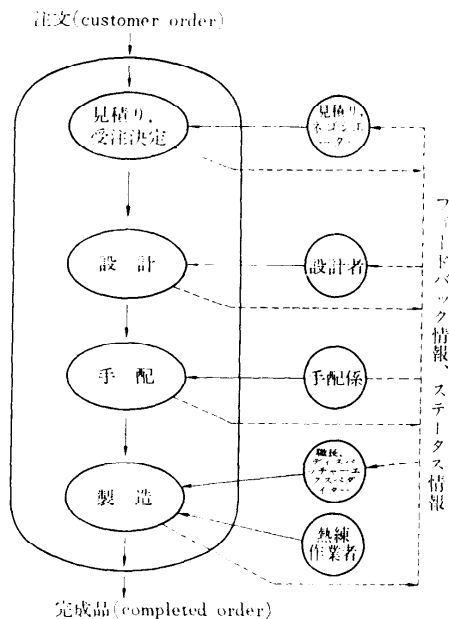


図 2

刻のフィードバック情報が要求される。

過去、生産工場における生産性向上のための活動は多方面にわたっているが、そのポイントは標準化という考え方であろう。個別受注生産工場が何とか現状から抜け出そうという努力の方向は、製造する品物の仕様、製造方法などの標準化であった。これは製造にかかわる諸活動をルール化し規範化することであった。

一品料理生産を行っていた工場がこれまで扱ってきた品物の図面を整理し、そのなかから製造仕様の類似性を見出し、加工手順レベル (manufacturing layout) での標準化をはかる。G/T コードの設定などはその1つの現われである。これにより加工物は G/T コードで分類され、たとえ詳細仕様はやや異なってもいくつかの加工手順パターンがきまり、加工の流れが単純になってくる。加工部門だけに限らず見積り、設計部門の仕事にも類似作業が多くなり仕事が簡素化される。つまり、従来に比べて生産システムの各プロセスが簡単になってくる。それと同時に注文は G/T コードの設定し得る範囲で受注することになり、発注元に対するまったくの受動的な立場から注文に対する自立性 (自主性) が要求されてくる。システム化、自動化の可能性はこの段階を経てからはじめて可能になってくる。

加工手順レベルでの標準化をさらに進めていくと部

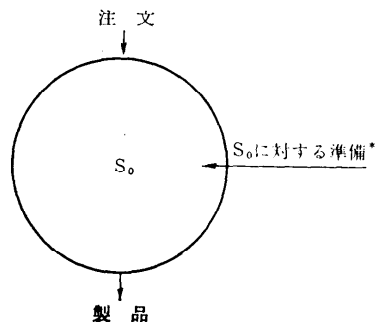
品 (個品) レベル、ユニット、製品レベルでの標準化に到る。このレベルでは個々の注文に直接関係なく品物を準備 (製造) しておき、受注に際してこれら準備してあるものを引当てることにより、注文を満たしていくことができる。顧客からの注文を直接製造部門へ影響させなくてもよいため生産側 (S_0) で都合のよい作り方ができ、客仕様もその受注の都度設定する必要がなく、量的、質的に安定した生産が可能になってくる。発注元の要求によりたえず変化を強いられる個別受注生産と異なり、システムの挙動に反復性が強くなり、しかも挙動が単純化されてくる。

ところで図2に示した個別受注生産型のものに対し、上述のような部品、ユニット、製品レベルでの引当生産システムはどのようにして達成し得るのであるうか。

典型的な個別受注生産システムでは S_0 内で活動する人々の技能や経験に依存して注文を消化していた。それに対し引当生産方式の場合には注文が入ってくる前に S_0 に対しあらかじめなんらかの準備があるのが特徴である。加工手順レベルでは G/T コードや標準個品図などで準備され、個品、ユニットレベルではそれらの品物そのものも準備される。注文のどのレベルで受けとめるか (引当てるか) は、 S_0 に対して準備されているものの内容によってきまる。準備の程度により同じ引当生産方式といってもその中味 (S_0 内の処理手順や方法) が変わってくる。

1つの例として製品レベルで引当てる生産システム (注文をあらかじめ用意されている標準製品で満たすシステム) をとりあげてみる。

S_0 がこのような方式を採用し得るためには前もって引当製品を用意 (在庫) しておかなければならない。そのためにはあらかじめ適当な量の製品を作っておく



* S_0 に対する触媒機能 (catalyst) として位置づけられる。

図 3

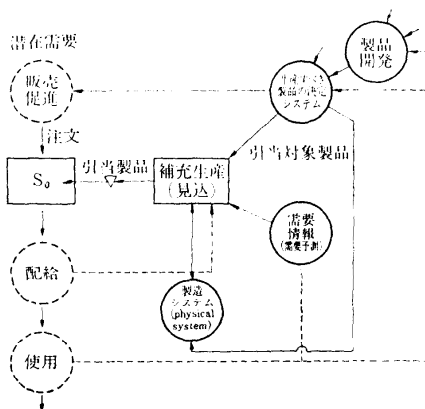
ことが必要である。注文引当に対する補充生産である。補充生産では受注の変動を直接 S_0 に及ぼさないから生産側での負荷のバランスや適正ロットで製造することも可能である。

さらに補充生産を行うためには品物を加工するための工場、設備、機械、レイアウトなど物の加工システム (physical system) が必要である。このタイプのシステムでは同じような仕様の品物がくり返し流れることになるため製造工程は製品あるいは部品別の専用化された流れラインになり、生産現場の管理はかなり楽になるだろう。補充生産へのインプットとしては上に述べた生産すべき製品の仕様と需要情報が必要である。生産すべき製品をきめるためには開発された製品群、製品使用者（顧客）からのニーズ、経営計画、企業方針などから「顧客に提供すべき製品の決定」をするコンポーネントが存在しなければならない。

需要情報の把握に対しては使用者側に潜在する需要、経済動向、他社の状況などにより需要をうまくつかまえてくる部分が大切である。

「生産すべき製品の決定」をつかさどるコンポーネントの上流には客にとってアトラクティブな製品を見つけだしていく開発活動コンポーネントが必要である。また、生産することに決まった製品を顧客に知らせ潜在需要を注文に変えていく販売促進コンポーネントも必須である。以上、図4に示すように、このタイプのシステムは先に述べた個別受注生産に比べて S_0 の外側に存在するシステムへの積極的な働きかけと外部情報の収集とフィードバックによりはじめて実現可能になってくる。

以上述べたことを，次のようにまとめておく．生産



☒ 4

システムのタイプは、注文と1対1に対応した製造を行う個別受注生産方式となんらかのレベルで準備されたものを注文に引当てていく、引当生産方式の2方式に分けられる。これら2つの方式を、さらに次のように分類しておく。

○タイプA

注文を S_0 という枠内で受けとめ、 S_0 内の技能者により個々の注文を一品ずつ消化していく典型的個別受注生産……。 (技能レベル生産方式と呼んでおく。)

○タイプB

個々の品物の仕様はやや異なるがその品物の加工
手順は同じになるような範囲で注文を満たしてい
く方式……(G/T レベル生産方式.)

○タイプC

標準部品、ユニットを用意しておき、個々の注文
に対しては、これらを適宜組み合わせで多様な注
文に対処していく……。 (部品中心生産方式。)

○タイプD

あらかじめ標準製品を用意しておき注文が入ってきたらこれを引当てる方式……（製品引当生産方式。）

生産工場の多くは扱っている製品や企業環境に応じて上記のいずれかのタイプ、あるいはこれらタイプの混合されたものとして識別することができる。

しかし、どのタイプに属する工場でも、できるだけAからBへ、BからCへと移行する努力を傾けているのが現状であるという認識に立っている。このことは前述したように生産システムのなかの諸活動（計画、実施、管理活動）をできるだけ簡單化、単純化し、しかも生産システムとしての自立性をもたせようという努力に他ならない。このことがまた製造システム（physical system）、情報システム（information system）の自動化への道を可能にする。

そのような方向へ近づけていくためには、図4のように、 S_0 の外側に形成される配給、販売、市場などをコンポーネントとしてとりあげることである。配給、開発システムの設計、設置と、 S_0 との有機的な結合、および S_0 へのインプットをできるだけ上流にさかのぼって働きかけをすること（たとえば、製造命令の段階よりは受注段階で S_0 に投入する、さらに引合の段階で客に働きかけ、 S_0 にとっても望ましい内容の注文に変換するとか）である。

↑受注のたびに生産システムがふりまわされないようにする。

3. 生産システムの EDP 化

前節で生産システムの領域とそこで形成されるシステムのタイプについて展開を試みた。本節ではこの展開から EDP 化のポイントを見出し、その現況および動向を考察してみる。

○タイプ A (技能レベル生産方式)

この方式では S_0 内での諸活動はそれぞれの段階での技能者に委任するかたちとなり、システムとしてはこの部分をブラックボックスとして扱うことになる。このタイプではシステム内の人々の教育や仕事の意欲を発揮しやすいような環境づくりが重要であり、他は S_0 内のステータス把握（どのオーダーがいまどこにあり、どうなっているかなど）システムが必要であろう。しかし、これをうまく EDP 化するためには仕事の内容（仕様、加工手順、加工方法など）が明確化（コード化）されていることが前提になってくる。しかも、把握したステータス情報は将来の行動に対する指示、アクションに対して使われるのであるから不確定な情報では役に立たない。

通常、この種の工場では仕事が少しずつ進むにつれ、その都度仕事の内容が明らかになっていくことが多い。EDP 化するのに必要な情報の内容があまりにも不確定であり、定性的である。このようにタイプ A の場合には EDP 化にとっては極めて不都合な面があり、また人間の意欲や力に全面的に依存するという姿からしても EDP 化がその効力を発揮する余地は少な

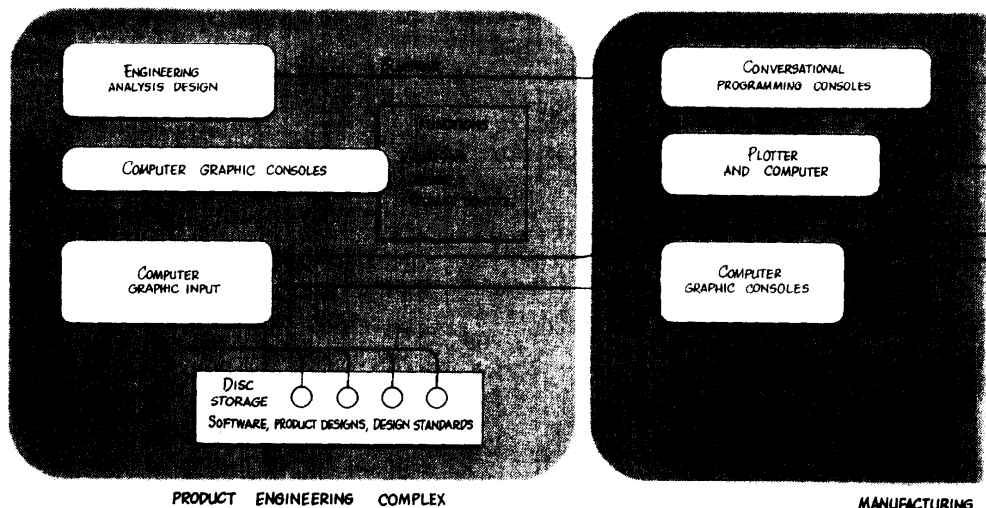
い。むしろ、ブラックボックスの中にいる人間の緊張状態に依存する運用の方が効果的ではないかと思われる。EDP は将来システム化を進めていくための基礎データ作りや事後処理（原価把握など）に利用されるであろう。

○タイプ B (G/T レベル生産方式)

このタイプは G/T コードを利用した部品形状の集約化と加工 (manufacturing layout) の標準化を特徴とする。(タイプ B は G/T コード設定による方式だけでなく N/C プログラムの組めるようなレベル——NC, DNC が適用可能な範囲——も含めているがここでは G/T レベルで代表させておく)。

タイプ A の典型的個別受注から脱却し、この段階になると EDPS の利用が要求される。品物の仕様や加工条件（治工具、加工範囲）もあらかじめ用意されている範囲に限定しているから、加工方法も確定してくる。したがって設計の自動化の可能性も高くなり、また従来の人手による汎用機械にかわりコンピュータ制御による NC, DNC 機械が入り込み、自動製造ができるようになってくる。

自動化計画としては CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided, or Assisted Manufacturing) という呼び名で研究開発や一部設置が行なわれており、近來とくに顕著な発展をみせている。たとえば、ノルウェーの AUTOPROS だとかわが国でも国鉄大宮工場の群管理システム、山武ハネウェル寒川工場の NC トランスファーライン、Comman



Dir†, SYSTEM K, T†† などその例は多い。

このタイプは個性の強い多仕様の注文をうまく自動生産していける可能性をもち、生産方式として将来有望な1つの方向を示すものであろう。

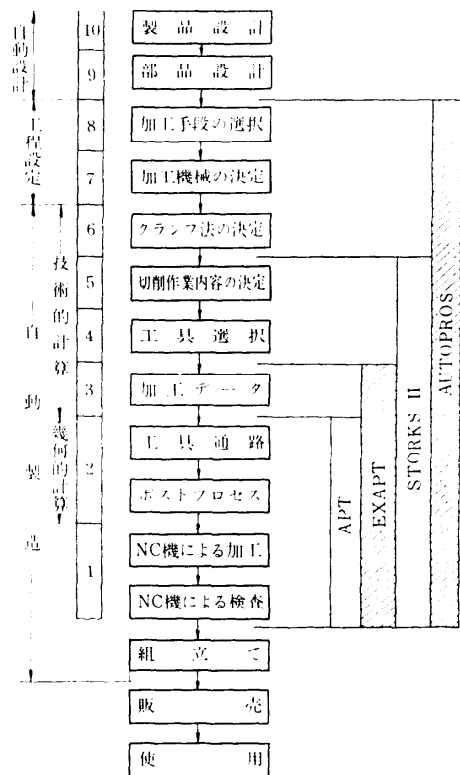
しかし、現段階ではまだいくつかの解決すべき問題をもっている。1つは基礎的研究に依存する部分であり、他はシステムの思考の再検討に関するものである。前者では製造作業に必要な情報把握を可能にするセンサーの開発†††, G/Tコード、加工条件の体系化、スケジューリング技法の開発などが挙げられる。また、後者についてはこれまでこのタイプの開発にはハードウェア、ソフトウェアを分離したかたちで独立に研究されてきた傾向がある。

生産は加工作業だけで成り立っているわけではなく品物を完成するためには工程間の運搬および資材の一時貯蔵が製造作業全体のうちかなりの部分を占める。これら運搬、貯蔵作業を含めたシステム化も現在まだ実用に耐えるものはあまりないようである。材料、仕掛り在庫の自動倉庫化と加工システムとの結合など充分検討されるべき問題であろう。さらに製造作業の上位システムとしての受注処理、手配、スケジューリング、ディスパッチングなどの生産管理システムとの関連など総合的な EDPS の開発がなければならない。

† GE, 東芝, 東芝機械。

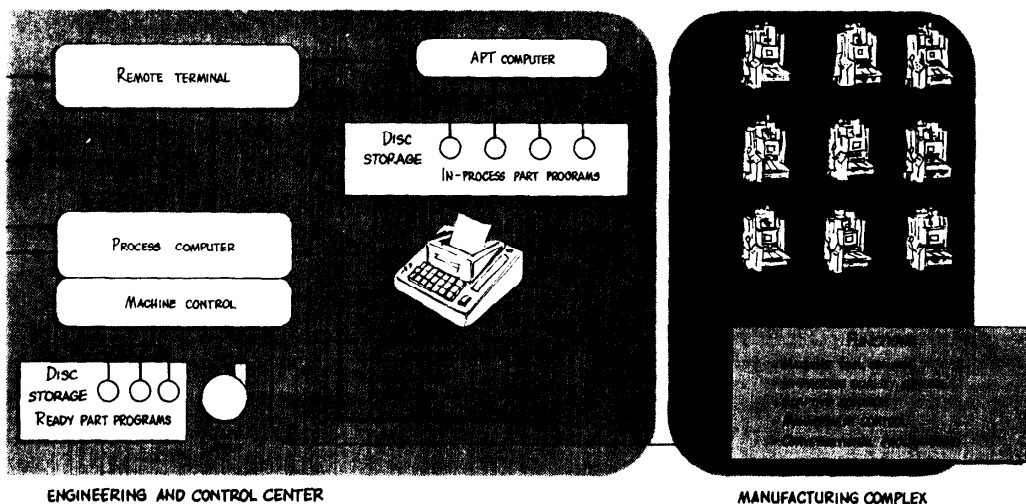
†† 富士通。

††† 加工工程の EDP 化についても現状レベルではまだ熟練者の力に負うところが多い。加工を的確に行うために必要な情報をとりうる範囲はまだ一部である。



(第2回機械工業システムデザインシンポジウム報告文集, 日科技連, p. 71 より.)

図5 システムの構成と自動プログラム



(Automation, January 1971, pp. 34~35 より)

○タイプC (部品中心生産方式)

加工条件, 加工手順レベルの標準化をさらに進めると個品レベル, ユニットレベルでの標準化に到る。製品レベルで注文引当を行うよりもなるべく製造過程の前の段階 (Tree レベルの低い方) で部品を準備しておく方が製品の多様化に対処することができる。しかしあまり前の方の段階では注文の変動の影響を直接受けることになり, また納入リードタイムも長くなってしまふ。そこでなるべく共通部分の多い段階で生産し, 受注を待つ形が良い。受注があると, このなかから過当に組合わせて直ちに組立, 出荷を行う。この方式の長所としては,

- 納入リードタイムが短くなる。
- 在庫費用が少なくなる。
- 加工ロットが大きくなる。
- 部品の生産は直接需要の変動の影響をうけない。
- 安定した生産が期待できる。
- 部品については少種多量生産でありながら製品の多様化に対処し得る。

この方式はわが国でも最近浸透しはじめ実施あるいは計画中のところがふえつつある。

この方式の採用に当たってはいくつかのポイントがある。第1にはオーダーエントリーシステムの確立であろう。この生産方式は, あらかじめ用意されている部品, ユニットの組合わせによるものであるから顧客の要求する仕様に対処するにはおのずとある範囲がある。したがって客の要求をあらかじめ用意されている部品のなかでうまく処理するためのスクリーンシステムが必要になる。そのためには部品マスターから注文に合った部品構成表 (Tree) を作成すること, 作成された Tree に必要な部品を引当てること, 引当不可能な場合のアクションがとれるようにしておくことが重要である。この部分の EDP は電動機などでは古くから行なわれているが (たとえばウェスチングハウス社の RONS, ハネウェル社の IMICS など), 一般の機械工業ではその数は少ない。今後の開発分野であろう。第2は部品の在庫管理システムを固めることである。具体的にはどのレベルに在庫を設定するか, どのような在庫政策をとるか, である。

理論的にもこの問題 (多段階在庫モデル†) は未解決の部分が多く今後の研究課題である。部品, 製品の自動倉庫なども含めた在庫管理システムと管理方式設定

のための技法開発が望まれる。第3に部品情報の集約化, 一元化が必要である。このシステムでは部品を中心に生産システムが運営されるため部品の仕様, 構成, 加工手順, 在庫, 生産, 引当情報が正しく把握, 維持されていることが必須である。そのためにはこれらの情報が正しく管理されていなければならない。いわばこの生産方式の基本情報である。しかしこの基本情報は独立したものではなく integrated system のなかで取扱われなければならない。

生産システムのなかでもとくにこのタイプの場合は EDPS の活躍が期待される。IBM 社の PICS, CO-PICS などこのタイプで考えてみるとかなり同感し得る部分が多い。(ハネウェル社の IMICS などこのタイプの具体的システム例であろう。)生産システムと表裏一体になった EDPS のまとめが望まれる。

○タイプD

製品を見込みでくり返し生産していけるため生産システムそのものは単純になりとくに EDPS の必要性はうすい。タイプAでは EDPS の助けは必要としているが, うまく EDP 化できないという傾向がある。しかし, こちらは EDPS を使わなくて運営していけるのである。ところが, このタイプでは顧客の好みやニーズを知り, それに応じられるような装置を用意すること (製品開発) が最大の問題である。

製品開発についてはその方法論もまだ固まっておらず, したがって EDP 化の方向もいまだというところであろう。わずかにハネウェル社で開発した PATTERN 法の EDP 利用にその例が見受けられる程度である。(しかもこれは開発すべき項目の評価についてだけである。)しかし, 少なくとも手をつけられるところは顧客の製品に対する反応情報の収集や整理であろう。現在でも各社でこの面でのデータ分析や整理に EDPS が利用されているが, さらに生産面へ直接フィードバックし得るような方向が展開されるであろう。

生産システムに関しては引当製品の生産量を決定するための1つの情報として需要の予測がある。需要予測に関してはこれまで各電算機メーカーばかりでなく, 各種の企業での利用が報告されている。しかし, これほど実際に使用 (システムのなかにとけ込んで) されていないものもめずらしい。理由としてはいろいろのことが挙げられようが, わが国の風土に合ったものを開発していく必要がありそうである。

また, この方式では需要に見合うような製造能力を計画すること (Capacity Planning), 需要と能力とを

† 可能性としては 10 レベル以上の多段階在庫となるが管理上から実際には 2~5 レベル位が多い。

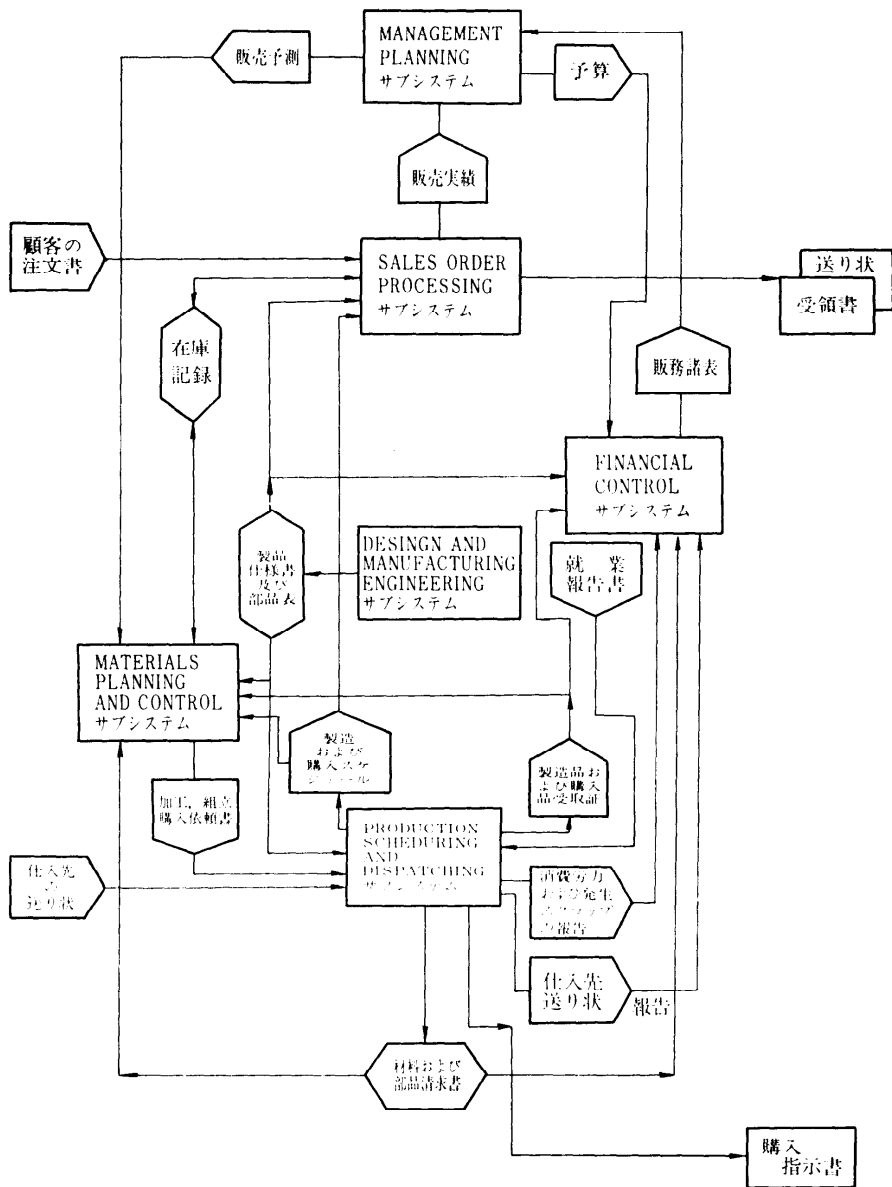


図 7 MICRO SWITCH 事業部システムの総括図
(NEAC ELECTRIC DATA PROCESSING SYSTEM APPLICATIONS LIBRARY, INTEGRATED
MANAGEMENT INFORMATION AND CONTROL SYSTEM 概要書, p. 7)

うまく平滑化すること (load balancing) が必要である。この面については aggregate & disaggregate production planning, line of balance† 手法としてかなり基礎的研究はなされているが実際面への応用研究

はこれからであろう。

このタイプで生産される製品は多数、大量のものが多く、そのため生産されたものをいかにして顧客に引渡すかが重要な問題になる。いわゆる物流システムであるが、この面での EDP 化はあまり進んでいない。特に物流のなかでも物的システム (自動集配施設とか

† Production Planning の展開 (1), 生産研究所報, No. 25, 1971, 中根, 山田。

自動倉庫)は部分的ではあるがかなり研究、開発されているが、販売部門における(配給倉庫、代理店、小売店等の)物流情報の把握、管理システムについてはこれからの課題である。電電公社で開発した DRESS などは1つの例であり、今後さらに生産—配給—販売を結びつけた総合的 EDP 化が必要になろう。

4. まとめ

以上、生産の場を中心にした EDPS の設計の現状

と課題を総括的に述べてきた。

EDPS の開発に際してはそれぞれが適用される領域で形成されるシステムが如何なるかたちになるべきかの検討がまず第1であり、そのなかで EDP 化の必要性を見い出していくことがポイントである。このことを徹底的に追求していくことにより EDPS の役割は単に情報処理の自動化だけではなく適用領域でのシステムの育成にも充分な力を発揮することが期待できる。

(昭和 48 年 7 月 30 日受付)