

線形計画法による分散処理型生産管理システム

On the Distributed Production Management System by Linear Programming

(1996年3月26日受理)

藤 原 恒 昭
Tsuneaki Fujiwara

Key words : production management system, distributed data processing system,
linear programming

要 旨

我が国における製造業のシステム化は本社に大型コンピュータを設置する集中処理型システムでスタートしたが、其の後分散処理型システムへと変って行った。分散処理型システムを構築するためには全社的総合情報通信ネットワークの構築を必要とする。本論文では筆者の化学品、合成繊維製造における経験を基に、生産管理システムにおける分散処理の必要性を論じ、更に生産計画、量管理、コスト管理、品質管理において分散処理を具体的に論じる。最後に、生産管理システムを線形計画法による生産計画システムを柱に、量管理、コスト管理、品質管理システムから構成し、これの運用方法を論ずる。

Abstract

The systematization of business in the manufacturing industry in Japan started with the centralized data processing system. But this processing system has gradually been replaced by the distributed data processing system. To develop the latter, it is necessary to construct the total information network system.

The author, with his experience in chemical and synthetic fiber industry, describes the necessity of the distributed data processing system in the manufacturing industry and also in the production management system. Next, an attempt is made to construct a production management system by integrating the production planning system, the quantity control system, the cost control system and the quality control system. Finally, a description is

製造業における生産管理システムは、元来それ自身単独では役目を充分果たすことは出来ず、企業の経営情報システム[1,2]の中に組み込まれて能力を発揮することが出来る。経営情報システムを見るならば、システムは生産、販売、財務、人事等の部分システムが階層構造(Hierarchy)に構築され、且つ分散処理形態で運用されるのが普通である。

本論文では、製造業（化学製品、化学繊維）において、経営情報システムにおける生産管理システムに就いて先ず論じ、続いて分散処理の必要性、総合情報通信ネットワーク、線形計画法を基にした生産管理システムに就いて論ずる。

製造業における生産活動は、原材料、エネルギー、労働力、製造設備を調達し製品を製造し販売することである。生産活動を狭い意味での生産の仕事（実際に物を製造する仕事）を中心に考えるならば、製造業における経営情報システムは、システムの相互関係として図1が画ける。図1に示す様に生産管理システムは生産を支える他のシステムとのデータの相互交換により始めて機能を発揮し使命を遂行出来る。従って、生産管理システムの構築に当っては、これ等周辺システムとの相互関係、特に情報の入出力を当初から考えておく必要がある。

次データの発生源が生産現場であることもよく考えておく必要がある。このことは、生産現場のデータを基に工場のシステムが動き、工場のデータに本社、事務所、更には外部データが加わって経営情報システムの中の各システム、総合システムが動きデータの解析、管理が進む。これ等の情報処理を円滑に進めるためには企業においてコンピュータを中心とする総合情報通信ネットワークの構築が必要不可欠となって来る。

```

graph TD
    A[総合管理] --> B[資金(財務・経理)]
    A --> C[原材料(購入)  
エネルギー(原動)  
製造設備(施設)  
労働力(労務)]
    A --> D[生産管理]
    A --> E[販売管理]
    A --> F[各種技術]
    B --> C
    C --> D
    D --> E
    F --> C
    F --> D
    F --> E
  
```

— 28 —

る。経営情報システムにおける生産管理システムの位置づけは前述の通りであるが、生産管理システムもまた階層構造をなしており、種々の機能の相違するサブシステムから構成されている。この事実は、生産管理システムの構築に当っては常に心しておく必要のあることで、これを忘れると迷路に入り込んでしまうことが度々起こる。そして実際の情報システム構築においては、企業全体が有機的統一体となる。それ故システムの全体像を画きながら、機能分担としての部分システムを構築して行く必要がある。

3. 製造業における分散処理の必要性

生産現場におけるデータ処理は、もともと算盤、計算尺、歯車式計算機にゆだねられていた。その後、卓上型電子計算機、更にはコンピュータ、そして現在ではパーソナル・コンピュータ、ワーク・ステーションと新しいシステムが開発され広い分野で使用される様になって来た。

生産設備の運転と言う立場に立つならば、多くの場合、算盤、計算尺、歯車式計算機程度の使用でこと足りていたのであるが、社会変化に伴う市場の要求に対する早急な対応、新製品の開発、高品質製品の製造等のために運転管理においても前述の計算道具類による単純な計算では立ち行かなくなって来た。即ち、日報類を運転管理者が算盤を使う程度では対処出来ず、ファイルにデータを蓄え、これを利用しての計算に基づく運転管理が必要不可欠となりコンピュータ利用が登場して来る。

さて、生産管理にコンピュータを利用しようとする国産業状況が反映する。石田(1991)[3]によれば米国では大型機のメーカーは米国IBM一社が突出する反面、小型のコンピュータのメーカーが多く、もともと分散処理の傾向が強い。これに対して日本は国自体も中央集権的だが、コンピュータのメーカーとして大型機のメーカーが、外資系の日本IBMと国産のメーカーが三社もあり、集中処理方式のシステムが多かった。事実、企業におけるコンピュータ導入に就いては、当初本社か情報処理センターに大型機を一台設置して出発することになる。このため最初はコンピュータの周辺しかデータ処理の恩恵に浴しないが、利用が拡大して来ると工場に端末を設置オンラインで利用する様になる。従って、この場合は集中処理となる。この場合のコンピュータと端末の関係を図2に示す。

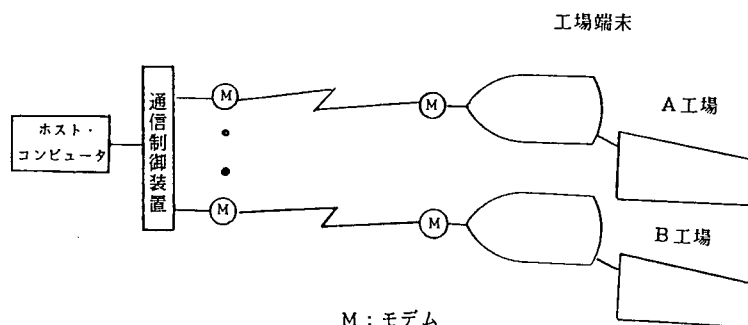


図2 集中処理方式

我が国におけるコンピュータの開発が大型機中心であり、順次能力の大きいものに置き替わって行っても実際の処理となると一台の大型コンピュータで処理することは種々の面で限界があり、中央に大型のホスト・コンピュータを置き、工場、事務所に中・小型のコンピュータを設置、階層構造で分散処理を実施せざるを得なくなる。又、ホスト・コンピュータ一台での集中処理ではハードディスクはGBの容量になったとは言うものの多くの台数が必要であり、床面積の増加、家賃の増加を来す。通常製造業では本社以外に複数の生産工場、事務所を有し、これ等が一体となって需要に対応した製品を生産する形態をとる。しかる時、一台のホスト・コンピュータ処理では処理の優先順位(Priority)の問題もあり、図2に示す処理形態では、ユーザーの必要なタイミングでのデータ処理は保証されない。事実、このために、日本のコンピュータ・メーカーも米国と同じ様に中・小型コンピュータを開発、ネットワークを利用する分散処理の方向にシステムを展開して行った。

工場、本社に工場コンピュータ、ホスト・コンピュータを設置すれば各コンピュータの役割は次のようになる。

(1) 工場コンピュータ

工場の生産関係のデータは、センサー或いはCRT(Cathode Ray Tube)を利用してキーボード入力でデータをオンラインで入力、即時処理して生産管理、工場他部門で直ちに活用する。ホスト・コンピュータに必要なデータは整理してタイムリー伝送する。

ホスト集中型であると全てのデータをホスト・コンピュータに伝送して処理、保管するが、当然のこととして効率が落ちる。又、工場は24時間稼動が常識であるが、ホスト・コンピュータが都会にある場合コンピュータの24時間の稼動は通常不可能ではないにしても仲々むづかしい。

(2) ホスト・コンピュータ

ホスト・コンピュータは、工場より伝送されて来るデータを、データ・ベースに保管し、全社的に利用出来る様にシステム構築を行う。更にホスト・コンピュータは独自のデータ管理、処理、即ち工場におけるデータ処理を工場コンピュータに渡すことにより、販売管理、一般管理、経営シミュレーションにおいて重要な役割を果たすことが出来る。

以下、生産管理システムにおいて分散処理に就いて具体的に論じるが、その前に全社的情報通信ネットワークに就いて簡単に記す。

4. 総合情報通信ネットワーク

企業における総合情報通信システムを構築するためには、全社的情報処理システム（ハード、ソフト）の将来予測を立て、データ通信のみならず、電話、ファクシミリ等も取り込み全体像を画いてから取りかかる必要がある。理由は計画を誤ると二重三重の手間と投資を必要とするからである。

ネットワークの構想がどうなるかは、センターの大型コンピュータにどのメーカーを採用す

るかにより決ってくるが、例えばIBMを採用するとSNA (System Network Architecture, 富士通のFNA, 日立のHNAに相当) [4]によるSDLC (Synchronous Data Link Control, 国産メーカーのHDL Cに相当) [4]方式となる。

図3に、ホスト・コンピュータと工場コンピュータのネットワークの一例を示す。ここで示す例はデータ入力は全てキーボード入力であるが、センサーからの直接入力も技術的には可能である。次に複数の事業場、事務所、工場を有する場合の高速デジタル回線利用のネットワークの例を図4に示す。ここで各事業場、事務所、工場にはコンピュータが設置され分散処理が実施される。

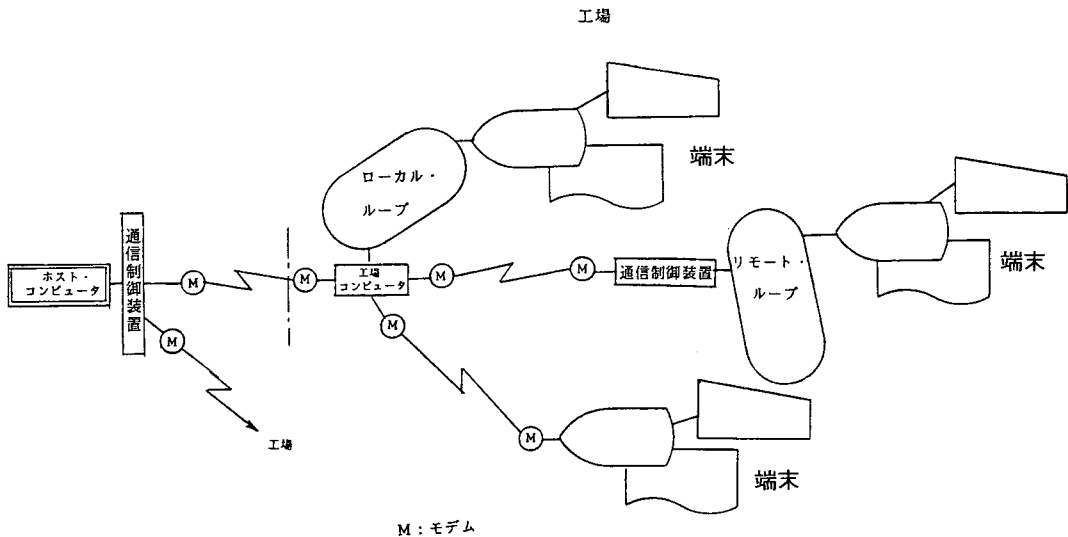
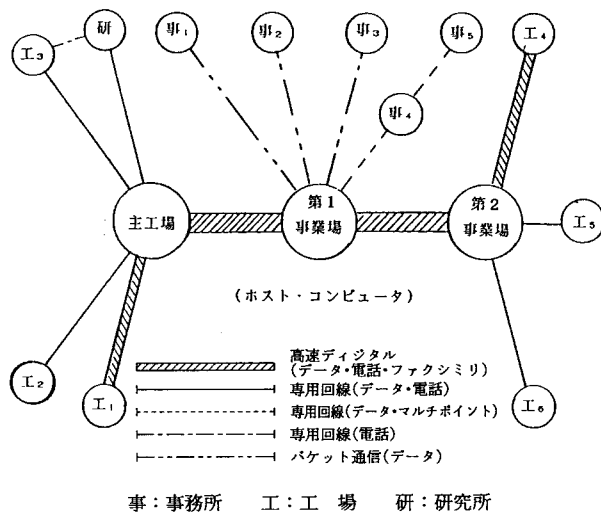


図3 工場コンピュータ・ネットワーク

このネットワークにより工場内では工場コンピュータを介してデータ交換が出来、ホストが必要とするデータは端末起動で伝送出来、又、追加ホストのデータベースを照会出来る。ホストからは製品の出荷指図、賃金計算の結果等を伝送出来、全社的なデータ交換が可能である。更に各工場にデジタル型電話交換機を設置すれば、社内が自由に通話



事: 事務所 工: 工場 研: 研究所

図4 総合情報通信ネットワーク

出来るツール・ダイヤル方式も可能となり通信費削減に大きく寄与する。

5. 生産管理における分散処理

3. で分散処理の必要性を論じたが、ここでは生産管理システムの分散処理に就いて具体的に論じる。先ず工場の組織及び生産管理システムの構成に就いて簡単に述べる。工場の組織に就いて触れるのは組織ののっとり管理が実施されるので、組織が管理内容に影響して来るからである。図5に工場組織の一例を示す。組織をどの様に構成するかは管理思想の基本に係わる問題であるので組織図は注意して見る必要がある。

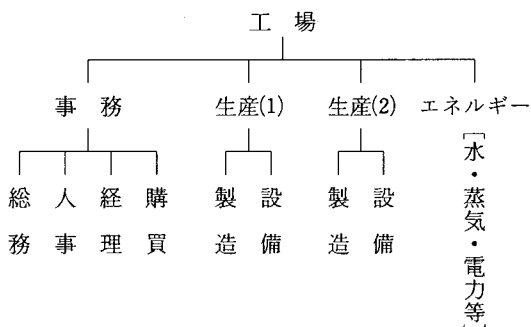


図5 工場組織

生産管理システムの構成に就いては大崎(1991)[5]は生産活動と生産管理方法との関係を図6の様に示している。これを基に筆者は線形計算法 (Linear Programming, LP) [6]による生産計画を主システムとし、これを支えるサブシステムとして量管理、コスト管理、品質・物性管理を置きシステムを構成する (図7)。生産を実施するためには、外注管理、設備管理等も必要であるが、今は考えないことにする。以下、各システム毎の分散処理に就いて論じる。

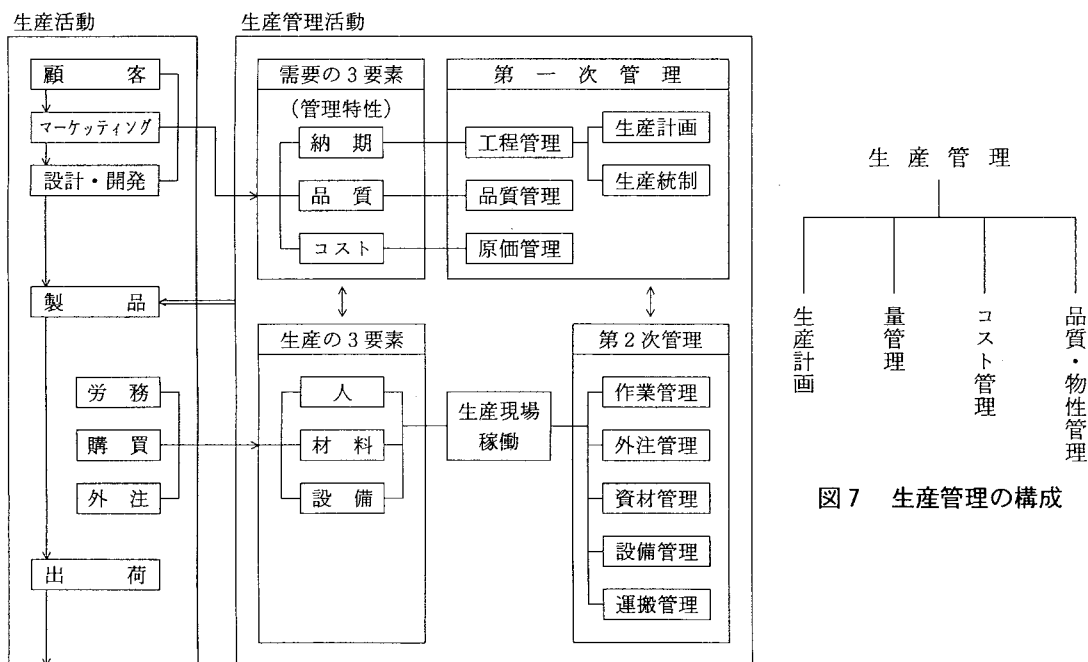


図6 生産活動と生産管理技法

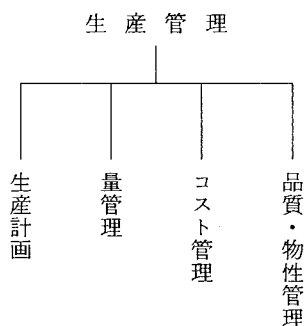


図7 生産管理の構成

5. 1 線形計画法による生産計画

ここで言う生産計画問題とは、与えられた設備を使用して、使用可能な量の範囲内の原材料、ユーティリティ、労働力でもって、売上高、利益額等を最大ならしめる生産量（銘柄別数量組合せ）を求めることである。この目的によく利用されるのが線形計画法である。線形計画法には目的関数と制約条件が必要であるが、普通、本社と工場で相違する。表1に目的関数と制約条件の例を示す。複数の目的

表1 目的関数・制約条件

関数が存在するのは経済情勢により経営目標が変化するためである。例えば、利益が或程度確保の見通しが立てば、利益増より売上高増を望むことがあるからである。通常の企業であれば、複数の工場を有し、複数の製品を

	本 社	工 場
目的関数	1) 売上高最大 2) 利益額最大	1) 総コスト最小 2) 総生産量最大
制約条件	1) 販売経費 2) 一般管理費 3) 主要原材料、ユーティリティに制約のある時、LPによる配分	1) 工程能力 2) 貯蔵能力 (社内、社外) 3) 要 員 (社内、社外)

製造するのが普通であるから、本社で生産計画を立案するとなると全社的視野で計画を立案するが、工場の生産部門では自分の部門しか視野がなく、このため本社と工場での考えに相違が出て来る。

次に制約条件に就いて考えると生産を取り巻く環境は工場により同じではない。例えば、ユーティリティの内、水、蒸気、電力は相互に深い関係がある。ボイラーで蒸気を発生して自家発電をするかどうかで、蒸気量、蒸気単価、電力単価は変る。このために制約条件は工場により相違する。この様な状況下にあっては、本社で全工場のデータを集中、全工場の計画を立案するのはよい方策ではなく、各工場に配置されたコンピュータで工場毎の計画を立案した方が効率的である。

本社計画と工場計画に相違が出た時には、最終決定は経営方針で決まる。唯、次の様な解決方法もある。通常は後で述べる様に本社では6ヶ月、工場では1ヶ月毎に計画を立案するが、経済情勢の変化の激しい時には、販売の生産要求は期初要求よりも月毎に変るのが普通である。このために工場で総コスト最小と総生産量最大で答を出しておき販売の要求に対応し、本社計画を勘案、妥協点を見つける。但し、数式で表現出来る基準が明確に存在するわけではない。

5. 2 量管理

量管理、コスト管理を論ずる時に留意すべきことがある。それは生産現場は厳密に言うならば量管理は出来てもコスト管理は出来ないということである。生産担当者が管理出来るのは原材料、副資材、ユーティリティ等の投入量と製品出来量のみであることによる。組織図に示す様に物の

購入は購買部門の仕事に属し、購入価格はこの部門で決定される。又、価格が使用時点では決定せず、生産終了後決定することも度々ある。次に工場コストの計算、管理は普通工場経理部門に属する。もし生産部門が金額に換算して管理したい時は実績に基づく標準値を使用することが多い。

さて、生産管理において重要な管理は量管理であり、基礎は物質収支、エネルギー収支である。量管理の項目は物では原材料、副資材、中間仕掛け、中間製品、製品、ユーティリティでは、水、蒸気、電力、圧搾空気等である。生産現場では、これ等の管理を棚卸し管理と称する。

量管理において本社で管理することは原材料、製品、ユーティリティの工場毎の総量であって、プロセス、工程毎の詳細データではない。一方工場では、詳細データを必要とする。管理の進め方は先ず工程全体の、続いて工程における銘柄別毎に、更に工程よりプロセスにおける管理と進展する。管理の結果は最終的には原単位に集約されるが、これが量管理上最も重要な機密事項である。

量管理のデータ処理をホスト・コンピュータ一台で処理することは不可能ではないにしても、処理のタイミング、データ保存を考えるならば運用上効率的なことではない。工場に工場コンピュータを設置し、工場のデータは工場で保管管理し、全社的に必要なデータのみホスト・コンピュータで管理する。

5. 3 コスト管理

生産部門における量管理が完了すると、データは経理部門に渡り、購買部門から入力される購入価格のデータと合せてコスト計算が実施される。データの授受はコンピュータ内で行われる。工場におけるコスト算出のためには生産の直接費用のみならず事務、設備等の間接部門の費用を加える必要がある。工場コスト計算において、工場コンピュータがあれば、各部門から入力されたデータが、コンピュータで集約され、計算は効率的に進む。工場での計算が完了すると集約されたデータはホスト・コンピュータに伝送され、他工場、本社経費を加えたコスト計算管理が展開される。

5. 4 品質・物性管理

生産現場において量管理に次いで大切なのは品質・物性管理である。生産現場では、原材料、製品の品質は言うに及ばず、工程毎の仕掛け品、中間品の品質・物性値が測定される。

品質で本社が必要とするのは最終の製品品質のみである。一方、工場では各工程毎のデータ管理が必要である。工場にコンピュータがあれば川上工程のデータが入力されると、これは直ちに川下工程の運転に利用（運転条件の設定等）出来る。又、本社に必要なデータはタイムリーに集約しホスト・コンピュータへ伝送する。ここに工場コンピュータの24時間稼働前提のオンライン即時処理の必要性があり、実施すれば生産管理上大きなメリットをもたらす。

6. 生産管理システム

5. で生産管理システムの構成と分散処理に就いて論じたが、以下このシステムの運用に就いて論じる。

先ず生産計画立案であるが、既に述べた様に本社、工場レベルでは考え方に相違がある。実際の立案では本社レベルでは

1) 中日程（6ヶ月）計画として生産見込量で立案

これに対し工場レベルでは

2) 小日程（1ヶ月）計画として生産確定量で立案，プロダクト・ミックスを作成

尚，中日程計画を6ヶ月で計画すると記したが，これは正確に6ヶ月毎に計算を実施すると言う意味ではなくて，経済情勢の急激な変化の時代であるから必要に応じて2ヶ月，3ヶ月毎に6ヶ月スパンで計算してもよい。生産計画が完了すると，その結果を基に，1ヶ月毎のスケジュールを工程シミュレーションで決定する。

スケジュールが出来ると生産の実施に入る。生産に当っては，5. で示した管理を実施すると共に，図6の第二次のサブシステムの管理を行う。生産結果は販売実績（販売量，売上高等）として出て来る。この結果は直ちに次の生産計画にフィードバックする必要がある。これを図示すると品質管理における Demming サークル[7]に相当する生産管理サークル図8が画ける。

この生産管理システムの特長は，線形計画法による生産計画問題を中心におき，図8に示す様にサークルを絶えず回転させ，運転結果を利用し工程の改善，運転条件・方法を改良しながら生産を進める点にある。

尚，実際のシステム運用は前述の通りであるが，システム構築においては，量，コスト，品質・物性管理が生産計画システムより先行することである。理由は，先行システムにより生産計画に使用する一次式の係数が決まるからである。又，工程シミュレーションも前述の先行システムのデータが必要であり，更には工程能力の把握も必要である。工程シミュレーションが出来る様になると将来計画の立案も可能である。

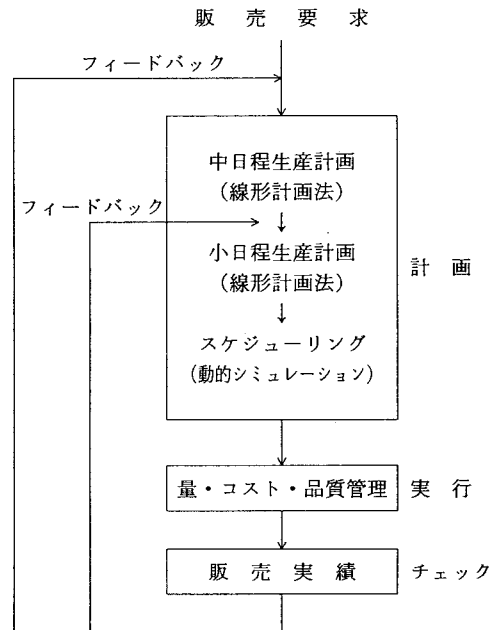


図8 生産管理サークル

7. 結 言

本論文では，経営情報システムの位置づけ，分散処理の必要性，総合情報通信ネットワーク，線形計画法を中心とした生産管理システムに就いて論じて来た。取りまとめると次の様になる。

- (1) 情報システム構築に当たっては最初に将来構想及びコンピュータ技術（ハード，ソフト）の見通しを立て，システムの全体像を描き，個々のシステムを構築し，後に統合することで全システムを構築する．非常に時間のかかる仕事であるが，システムの持つ基本的特性であることを熟知しておく必要がある．
- (2) 製造業における生産管理システムは，その階層構造から，ホスト・コンピュータ一台で集中処理するよりも工場毎にコンピュータを設置，総合情報通信ネットワークのもとに分散処理型で構築するのが効率的である．このことを生産計画，量管理，品質管理等で具体的に論じた．
- (3) 生産管理システムを線形計画法を主システムとし，量管理，品質管理等をサブシステムとして分散処理で構築，運用方法を具体的に論じた．

〔謝 辞〕

本論文を取りまとめに際して有益なご助言とご指導をいただきました岡山大学工学部大崎紘一教授に深く感謝致します．

参 考 文 献

- 〔1〕 長松秀志(1979)：「経営情報システム」，白桃書房．
- 〔2〕 中辻卯一(1990)：「「経常情報システム論」の展開」，関西大学出版部．
- 〔3〕 石田晴久(1991)：「コンピュータ・ネットワーク」，p.147，岩波書店．
- 〔4〕 加藤満左夫，塚本克治，野村雅行，千田昇一(1990)：「情報通信システムのプロトコル」，p.92，p.76，電子情報通信学会．
- 〔5〕 大崎紘一(1991)：「生産管理」，p.10，企業経営通信学院．
- 〔6〕 Gass,S.I.(1969)：“Linear Programming” 3rd Edition, McGraw-Hill．
- 〔7〕 日科技連品質管理リサーチ・グループ（編）(1962)：「管理図法」，p.13，日本科学技術連盟．