

解説



CIMの現状

2. 生産計画と管理システム†

井手 清†† 目賀田 正 宏††
三木 昌 康†† 長谷川 功†††

1. はじめに

製品多様化、短納期化などの顧客要求に応える生産システムとして「CIM」に関心が高まっている。本稿のテーマである「生産計画」は、顧客の要求と工場運営の接点であり、CIMのサブシステムとしていくつもの新たな方式が開発されつつある。

「生産計画」という言葉の指す範囲は、業種、生産形態などによって多岐にわたる。広義には、数年先の需要予測と経営戦略に基づき、建物、機械設備、従業員数などの工場リソースを決定する「長期計画」まで含む。一方、狭義には顧客要求に応じるための最終製品の生産数量や生産時期を決定する「短期的な生産計画」を指す。通常、生産計画という場合は、後者を指すほうが多いようであり、本稿でも狭義の生産計画に絞って解説を行うこととする。

2. 生産計画に対するニーズと動向

2.1 環境の変化とシステムの動向

最近の量産製品市場では顧客の個性化要求に応じるため製品の多様化が進んでいる。たとえば、乗用車では顧客が標準品にオプションを選択でき、一車種で数万の組合せが可能となっている。エレクトロニクス製品では継続的な技術革新が進んでおり、これを反映して新製品投入サイクルが短くなっている。これらの結果、製品在庫で顧客の短納期要求に応える従来の方式ではリスクが大きくなった。また、計算機などでは製品システム

化の要請が強まり、単体販売とシステム販売の両方の需要形態をもつ製品が増え、生産計画が複雑化している。このため、かつては量産生産形態の大勢であった見込み生産の見直しがCIM化として急速に進みつつある。

一方、工場の製造部門ではロボット、NC工作機械、シーケンサなどのFA機器により効率的な多品種少量生産ができるようになった。設計開発部門ではCAE、CAD/CAMを駆使し短期間で製品を開発できるようになった。また、ネットワーク技術などの発達により、生産指示などの管理情報や設計技術情報などが工場内に敷設されたLANにより交換される「情報駆動型工場」が実現しつつあり、新たなJIT(Just In-Time: 同期生産)が指向されるようになった。

以上の市場と工場の動向に対応し生産計画システムに対するニーズも変化してきた。

第一には「情報ネットワークから得られる市場情報との結合」、すなわちEOS(Electric Ordering System: 補充発注システム)との結合である。これにより、生産計画決定に不可欠な受注や在庫の情報を即時かつ正確に把握でき、計画精度を大幅に向上できる。たとえば食品業界などでは多数の販売店のPOS(Point Of Sales: 販売時点情報管理)から、WAN(Wide Area Network: 広域情報網)やVAN(Value Added Network: 付加価値情報網)を介して集めた販売情報をもとに生産し、翌日には販売店へ供給するシステムが構築されている¹⁾。

このように顧客と工場を計算機ネットワークで結ぶと、発注のような顧客から工場への一方向の情報ではなく、納期回答など顧客への情報サービスが要求されるようになり、生産計画システムとEOSとの結合が重要となってきた。さらに顧客

† Production Planning & Control System by Kiyoshi IDE, Masahiro MEGATA, Masayasu MIKI (Manufacturing System Technology Center, Headquarters Eng'g. & Mfg., Mitsubishi Electric Corp.) and Isao HASEGAWA (Information System Department, Mitsubishi Electric Corp.).

†† 三菱電機(株)本社生産システム技術センター

††† 三菱電機(株)本社情報システム部

と工場の情報交換を対話レベルまで進め、販売店の端末で顧客が製品をデザインし発注するシステムが開発されている²⁾。以上の関係を図-1に示す。

第二のニーズは「生産計画の多頻度化と計画処理期間の短縮」である。これは、受注情報収集、生産、物流を多頻度化することにより、需要変化により良く追従できるからである。この背景には情報処理技術の進歩と工場のFA化により、毎日の生産計画決定や変更が遂行できるようになったことがある。生産計画の多頻度化実現には計画自動化による処理時間短縮が前提となる。

第三のニーズは「グローバル化への対応」である。機構部品などの標準規格品では市場に密着した生産を行うため複数の生産拠点を国内もしくは世界各地に分散配置している。このような企業では各市場と工場の情報を集中管理して全体効率を最大化する生産計画システムが必要となる³⁾。

一方、生産計画システムの手法面では計画立案に必要な意思決定を支援するため、受注、在庫情報、需要予測結果、シミュレーション結果などを提示するシステム⁴⁾や、プロセス産業などで知識処理技術を用いた生産計画システム^{5), 6)}などが報告されている。

2.2 生産計画の機能

生産計画は、その用途や対象期間により、次の二つに大別できる。

- ① 設備・人員・部材など投入資源が必要となる時点を設定するもの (手配計画)
 - ② 投入資源の準備がなされた後、具体的に生産を行う日時を指定するもの (確定計画)
- 前者は製品の需要予測、在庫計画、生産能力などの情報を基にたてられ、生産実施時点に対して1~6カ月先行して作成されることが多い。これに対して、後者は前者の生産計画を基に需要や部材の手配、生産の状況などを考慮して作成され、

対象期間は旬、週、日と、より短期的なものとなっている。

①の手配計画を立案する上で最も重要な入力情報は受注情報などの販売情報であり、これに基づいて需要予測が行われる。

需要予測に用いられる手法には多くの種類があり、生産計画の用途と期間あるいは製品のライフサイクルなど市場における状況を考慮し最適なものを選択する必要がある。需要予測は予測メッシュが小さいほど、また、遠い先の予測ほど困難である。たとえば、自動車の全需の予測よりも特定車種の需要予測のほうが、また1カ月先の予測より1年先の予測のほうが困難である。近年、多品種化の進行により一品種あたりの販売量が小さくなるにつれ、品種別の需要予測がますます困難となっている。そのため、最近では予測自体の高精度化よりも、予測しなければならない期間の短縮、特に情報処理である生産計画・展開処理リードタイムの短縮(=ペーパーリードタイムの短縮)や予測のベースとなるデータをタイムリかつ正確に把握し、有効なデータベースに基づく意思決定を支援するシステムの構築を図るといった点が重要視されている。

②の確定計画には微調整的な機能が求められる。この生産計画の決定時点では販売・物流面で受注への対応(納期や注文変更)や品切れの発生、在庫の偏在など、現実に差し迫った問題が起きつつある。こうした状況に対して最大限に市場要求に追随していくことが求められるが、一方で生産効率を落とすことは許されない。すなわち生産負荷の平準化や部材入手の保証など、生産効率を維持するための制約条件を満足しながら、販売・物流面で起きている問題の解消・防止を図るために生産計画の確定(変更調整)を行うことになる。すなわち、確定計画は、生産制約条件を満

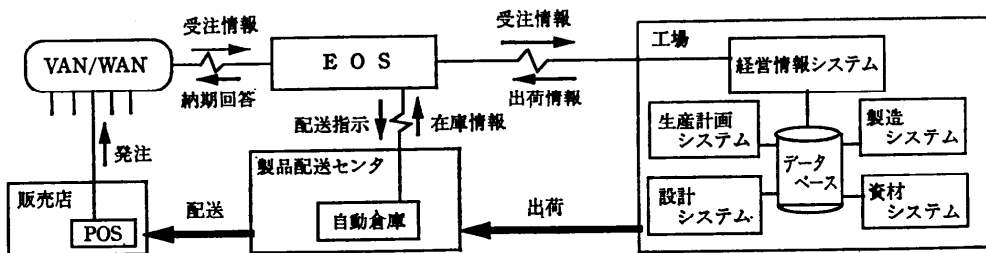


図-1 発注・生産・配送の仕組み (見込み量産製品の例)

表-1 確定計画における生産制約と目的関数

生産制約	目的関数
資材手配状況 設備生産能力 人員手配状況 など	納期遅れ削減 在庫切れ削減 在庫偏在削減 生産効率向上 など

たしながら、複数の目的関数を最小化するような「多目的最適化問題」となる。表-1 に生産計画における制約と目的関数の例を示す。最適化問題には線形計画法などの数学的手法が適用できるが、現実の問題では生産制約の数が多く明確化できないことが多いため、最適化手法ではなく準最適解を求めるヒューリスティックな手法が使われることが多い。

こうした処理を実現するためには、多頻度調整を前提として自動処理を指向したシステムが必要であり、従来の生産計画システム（主に①の手配計画中心）に付加的に構築される形となる。

以上、生産計画の機能に求められる諸点につき解説を加えたが、次章ではこれらに関連した当社におけるシステムの開発事例について紹介する。

3.1 では手配計画における生産計画・展開処理リードタイム短縮を指向したシステムについて、3.2 では、より短期的な確定計画において、販売情報を活用した自動生産計画調整システムについて解説する。

3. システム事例

3.1 製品所要量計画

(PRP=Product Requirement Planning)

(1) システムの位置付け

システム製品化の進行によって、ある部門での製品が単体で外販されると同時に、同一企業の他の部門へ部品として供給されるという生産の相互依存関係がより複雑化している。本システムはこのような部門間の統合システムであり CIM の一つのアプローチと位置付けることができる。

本システムは、生産管理システムで普及している MRP (Material Requirement Planning: 資材所要量計画) を製品レベルに適用した事例であり、営業の外販生産計画から部門別の総生産台数を算出するものである。

製品所要量計画は、図-2 に示すように通常シ

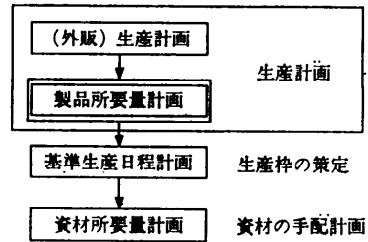


図-2 製品所要量計画の位置付け

テムである標準生産日程計画と資材所要量計画の上位に位置付けられる。通常の MRP に対して PRP (Product Requirement Planning), B/M (Bill of Material: 部品構成情報) に対して、B/P (Bill of Product: 製品構成情報) という言葉を新たに定義した。

(2) システムの基本的考え方

ここでは製品構成情報 (B/P) とメイン機能である製品所要量計画の先行日数ずらし機能と在庫反映機能について、基本的な考え方を紹介する。

① B/P (Bill of Product)

B/P とは、従来部門別に管理していた構成情報を部門間手配品に限定してセレクトし、システム製品構成中に存在する各部門別の生産計画対象品を一元的に関連付けした構成情報であり、外販生

<N+2月の生産台数>

	N+1	N+2	N+3
展開台数	100	200	100
先行分	50*2	25*1	
要求台数			

先行日数:5日, 稼働日数:20日, 計画策定単位:1カ月
 $N+2$ 月の展開台数 (200) + $N+3$ 月から $N+2$ 月への先行分 ($100 \times 5日 / 20日 = 25^{*1}$) - $N+2$ 月から $N+1$ 月への先行分 ($200 \times 5日 / 20日 = 50^{*2}$) = 175台

図-3 製品所要量計画における先行日数ずらし

	N-1	N	N+1	N+2
総所要量	100	100	120	130
在庫基準	10	15	15	10
在庫実績	8			
計画実績差異	2*1	→加算		
在庫基準差異		5*2	0	-5*3
正味所要量			120	

a) 先頭の計画策定単位 (N月)

総所要量 (100) + 計画実績差異 ($10 - 8 = 2^{*1}$) + 在庫基準差異 ($15 - 10 = 5^{*2}$) = 107

b) N月以降の計画策定単位 (ex. N+2月)

総所要量 (130) + 在庫基準差異 ($10 - 15 = -5^{*3}$) = 125

図-4 製品所要量計画における在庫反映方法

産計画をもとに各部門別の生産ボリューム（外販品+部門間手配品）を製品所要量計画において算出するものである。

この B/P には、部品使用実績から比率構成情報を生成する機能、複数形名を代表形名に集約して計画手配させる機能、及び先行手配時に新旧情報の切り替えを管理する機能（日付単位の FROM-TO 管理）などを有する。

② 製品所要量計算における先行日数ずらし

所要量展開された外販品、及び部門間手配品の各要求台数に対し、実要求時期に合うように先行度を図-3 のように考慮するものである。

③ 製品所要量計算における在庫反映

先行日数ずらし後の総所要量（要求台数）に在庫を反映して正味所要量を求める。在庫反映は、図-4 に示すように在庫実績を反映する先頭の計画策定単位 a) と、在庫実績を反映させない先頭以外の計画策定単位 b) がある。ただし、在庫基

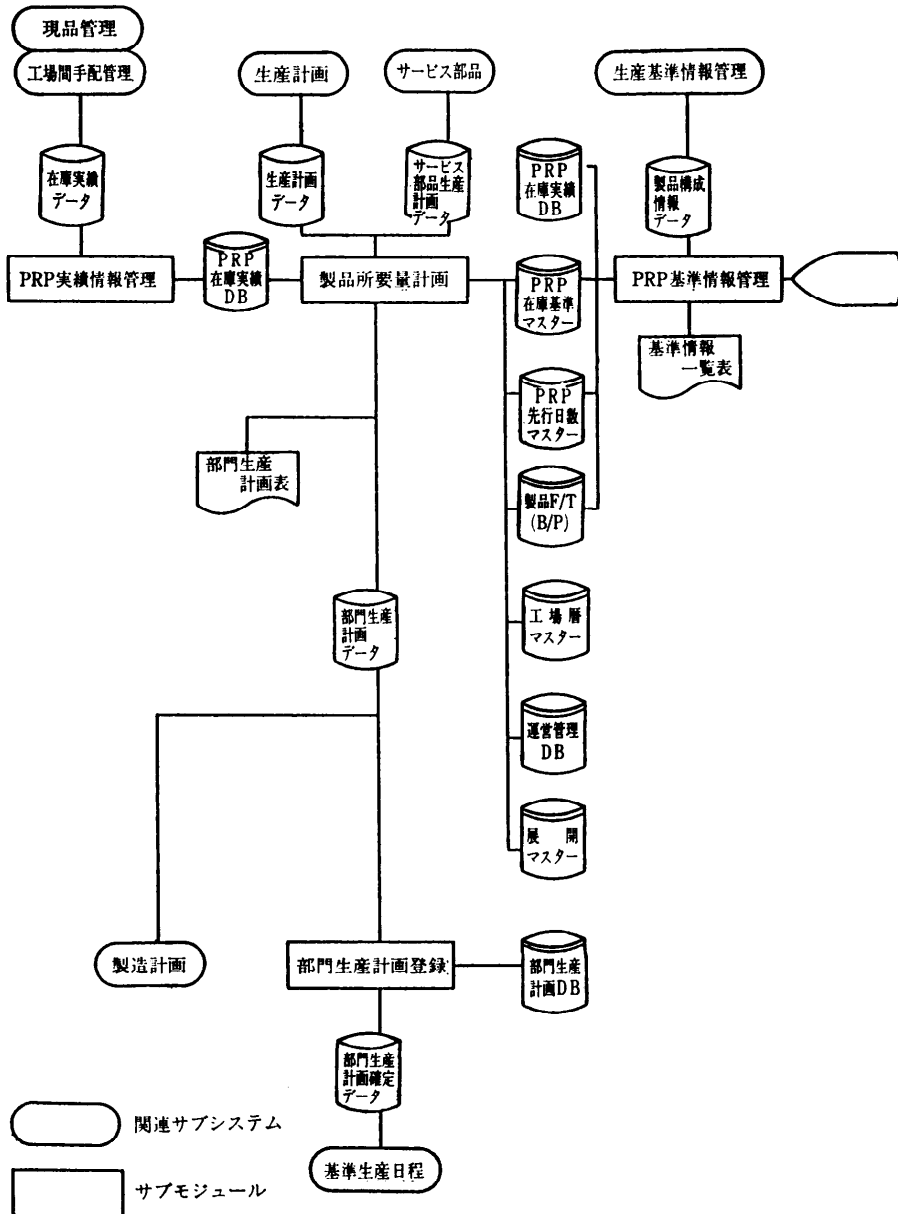


図-5 モジュール関連図

準差異は、全てに反映させる。

(3) システムの特長・利点

① 上位の生産計画と下位の基準生産日程計画との運動により、マーケットイン思想を基本とした計画支援システムが確立できる。

② 従来、マニュアルで算出していた生産計画が自動的に展開、算出されるため、情報仲介業務が削減されるとともにペーパータイムの大幅な短縮が可能となる。

③ 工場全体の生産計画情報を一斉に共通処理化するため、個人のバラバラなノウハウが一元化され、各部門間で連携のとれた精度のよい部門別生産計画が策定できる。

④ 戦略的在庫計画と在庫実績、及び調達先行日数を考慮するため、一定の精度の計画量を求めることができる。

⑤ 特に他部門からの部門間手配量が算出できるため、工場内協業体制の支援が強化される。

⑥ 長納期品の先行手配を行うための元データを算出できる。

(4) モジュール関連図

製品所要量計画は、基準情報管理、実績情報管理、製品所要量計画、部門生産計画登録の4モジュールで構成し、相互の関連は図-5のとおりである。

3.2 販売情報に基づく自動生産計画調整システム

本節では、より短期的な決定、すなわち確定計画レベルに関する筆者らのシステム開発事例について述べる。ここで紹介するシステムは2.2で述べた次の特徴をもっている。

① 販売情報に基づく自動化指向の処理であり、大量の販売データを効率よく処理しながら多頻度の生産調整を可能とする。

② 生産設備能力、資材手配状況など生産制約を満たしながら納期遅れ、在庫切れを最小化する生産調整を行う。

システムの入力となる販売情報は、販売ルートや要求納期などの製品事業特性によって最適なものを選択すべきである。以下、(1)では、予約受注情報を利用したシステム、(2)では、在庫情報を利用したシステムを説明する。

(1) 予約受注情報を活用した多段階生産調整システム⁷⁾

近年、EOS や情報ネットワークの発達により予約情報が直接工場に集まるようになってきた。本システムはこの予約情報を活用して生産計画の確定調整を行う。受注リードタイムに比べて、十分に生産リードタイムが短ければ受注生産を行うことが可能となるが、この事例では、図-6に示すように、最終計画調整段階でかなりの割合の受注

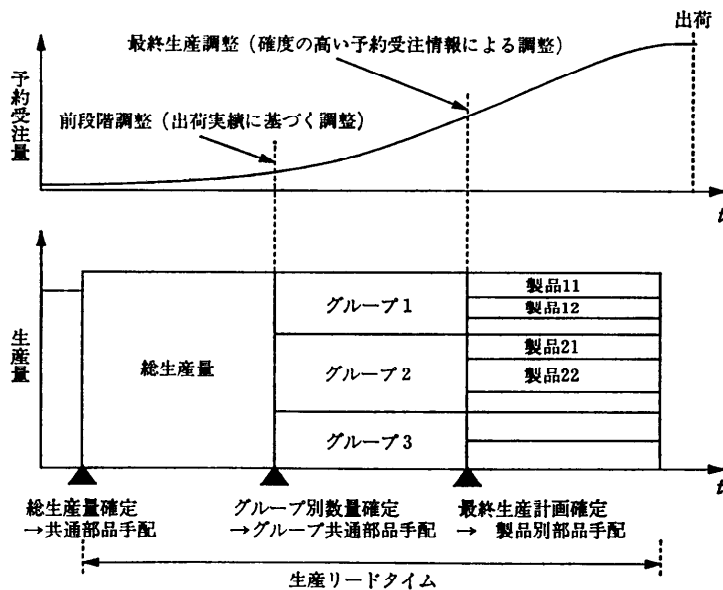


図-6 予約情報を利用した生産計画の多段階調整

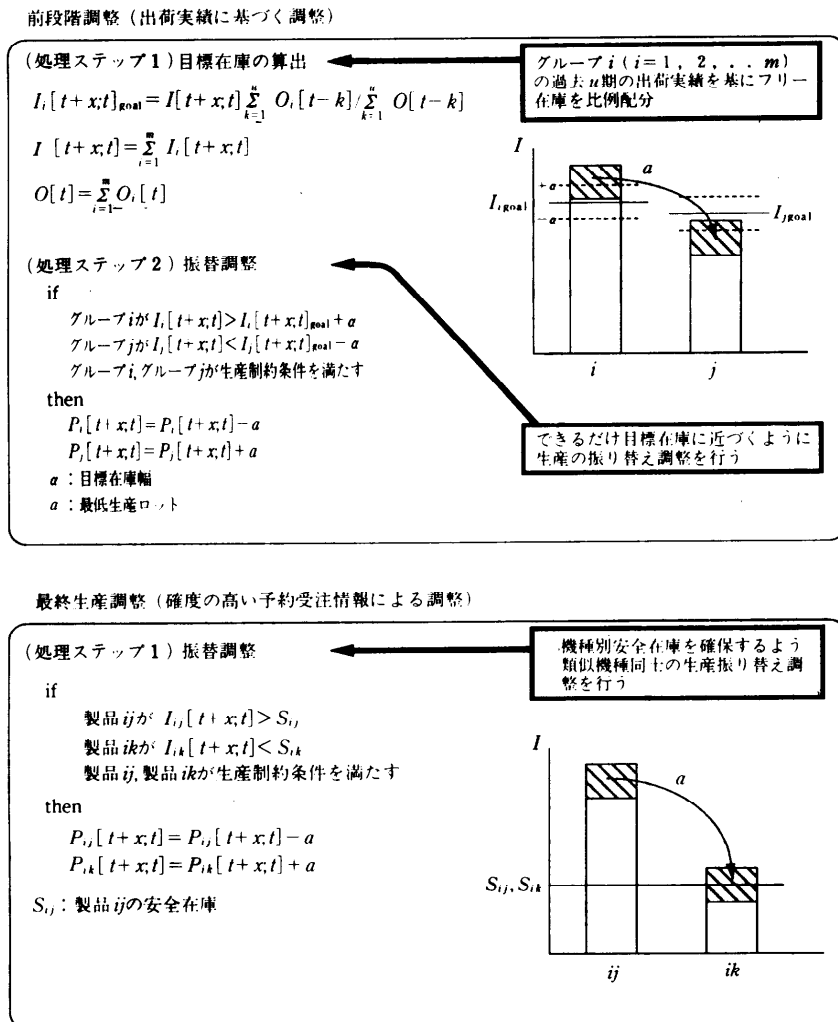
情報を得られるが、資材発注を開始する時点ではほとんど予約受注情報が得られない製品を対象としている。

生産調整の手法として、予約情報の少ない時点の生産計画調整手法(前段階調整)、予約情報の多い時点の調整手法(最終調整)の二つをもつ多段階調整である(図-6 参照)。また、製品を部品の流用が可能な類似機種グループに分類し類似機種同士で生産の振替調整を行う方式をとっている。

その詳細アルゴリズムを図-7に示す。前段階調整では、過去の出荷実績に基づいて機種グループ

ごとの在庫の平準化を行う。具体的には、まず、目標在庫を算出し、次に目標在庫に近づくよう振替調整を行っている。一方、最終生産調整では、確度の高い予約受注情報に基づいて、必要最低限の在庫レベル(安全在庫)を設定し、それを割ったものに生産の振替を行う。

本手法を実際の製品に適用した結果、安全在庫割れの割合を約6割に減らすことができた。また、前段階調整と最終段階調整の併用によりシステム効果をより高めることができることを確認した。



注) t 期における $t+x$ 期末のフリー在庫 $I[t+x;t]$

$$I[t+x;t] = I[t] + \sum_{i=1}^t (P_i[t+i;t] - O_i[t+i;t])$$

$P_i[t';t]$: t 期における t' 期内の生産計画量

$O_i[t';t]$: t 期における t' 期内の予約受注量

$I[t]$: t 期末のフリー在庫 (実績)

図-7 予約情報に基づく類似機種の振替調整アルゴリズム

(2) 少量品在庫補充型生産計画

ここでは、(1)の事例に比べて即納要求が強い製品を対象としている。

量産品における販売量と販売の変動量の関係を図-8に示す。このように、量の多い機種は比較的安定的に売れ販売変動が少ないため精度の高い需要予測が可能である。一方、量の少ないものは販売変動が大きいため、需要予測の精度が悪く、急に売れて在庫切れをおこしたり、売れずに不良在庫化したりする問題機種となることが多い。そこで、本事例では量の大きい機種を計画的に生産し、量の少ない機種(少量機種)を在庫補充的に生産している。

生産計画の流れを図-9に示す。あらかじめ計画生産の機種は日程展開されているが在庫補充生産の機種は未確定となっている。処理ステップ1では販売情報システムから毎日送信されてくる在庫情報や受注情報をもとに、在庫切れ、納期遅れを最小化するように在庫補充生産機種の数量が決定される。処理ステップ2では、在庫補充型生産機種

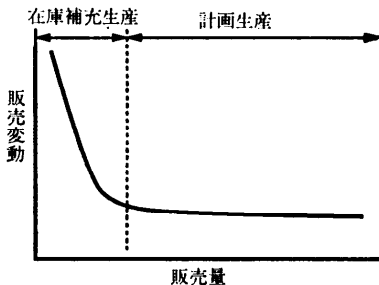


図-8 販売量と販売変動の関係

の量の増減にともない、計画生産機種の日程進度を調整することにより、ライン別の生産能力などの制約条件を満たす解を求めている。本手法は、顧客要求への追従と生産負荷平準化という矛盾する二つの要求を、販売特性に着目した機種の種類によって実現した点が特徴である。

4. まとめ

以上、生産計画システムに関する最近の動向について述べてきた。

生産管理システムや生産計画システムという言葉自体は非常に古くからあるが、現在計算機化されているようにみえる部分も、実は人間の意志決定が非常に重要な役割を果たしている。今後、このような意志決定の領域をサポートするシステム(DSS=Decision Support System)がより重要となろう。その方向は、単なる間接業務の省人化ではなく、人間をより創造的業務へ向かわせるものでなくてはならない。そのためには、企業で働く全ての人間がすぐに必要な情報を得ることができる「情報のオープン化」が進行することが望ましい。

また、市場即応型のCIMを実現するためには、ここで紹介した生産計画などの計算機システムだけでは不十分であり、生産設備、工作技術などいろいろな点で改革が必要であることは言うまでもない。生産計画のシステムは、これらの改革に応じて、また環境の変化に応じて柔軟に変化していかなければならない。そのためには、システムを使用するユーザがシステム開発、改良を行っ

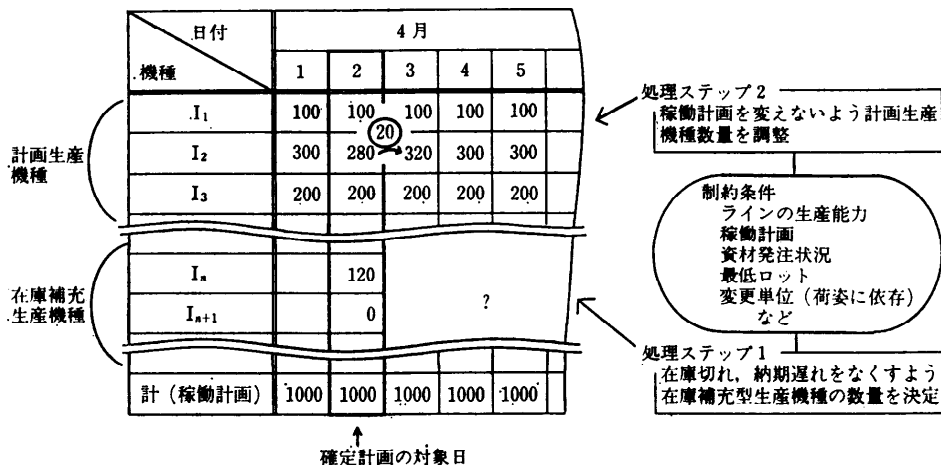


図-9 少量品在庫補充型生産計画の処理イメージ

ていけることが必要である。このようなエンドユーザコンピューティングを推進するためには、よりユーザフレンドリな計算機システムの開発など情報処理技術の発展に期待するところが大きい。

冒頭述べたように「生産計画」の指し示す範囲は非常に広い上、その形態も業種や対象製品によってさまざまである。本稿では、触れることのできなかった項目も多々ある点をご容赦願いたい。

参 考 文 献

- 1) 食品工場を流通 VAN で結合, 日経メカニカル, No. 320, pp. 76-79 (1990).
- 2) CAD で配色をイーザーオーダ, 日経メカニカル, No. 320, pp. 52-54 (1990).
- 3) 片山 博: IE レビュー, CIM 推進モデル工場, Vol. 31, No. 2, pp. 79-85 (1990).
- 4) 野村淳二他: 生産・販売・在庫計画支援システム, オペレーションズ・リサーチ, pp. 362-364 (1989).
- 5) 戸沢他: 製鋼工程スケジューリングシステム—SCHEPLAN (1)~(4), 情報処理学会第 36 回全国大会, pp. 1547-1554 (1988).
- 6) 森下他: 協調型スケジューリングによる製鋼工程スケジューリング・エキスパートシステム, 人工知能学会誌, Vol. 5, No. 2, pp. 184-193 (1990).
- 7) 大石他: 見込み生産における市場対応型生産計画方法の研究—予約受注情報を有効活用した多段階生産計画調整方法の提案, 経営工学会春季大会, pp. 167-168 (1991).
- 8) 秋庭雅夫他: 経営工学シリーズ 13 生産管理, 日本規格協会.

(平成 3 年 9 月 10 日受付)



井手 清

1974 年東京大学工学系大学院修士課程修了。同年三菱電機(株)に入社。同社の自動化, FA, CIM の開発に従事。現在, 同社生産技術部生産システム技術センターグループマネージャ。日本機械学会, 精密工学会各会員。



目賀田正宏

1977 年度慶應義塾大学工学部修士課程卒業。同年三菱電機(株)入社。インダストリアルエンジニアリング, 生産ライン・生産管理システム, CIM システム等の開発および導入に従事。現在同社生産技術部生産システム技術センター主幹。



三木 昌康

1986 年東京大学工学部精密機械工学科修士課程修了。同年三菱電機(株)に入社。以来, 社内 CIM システム等の開発に従事。



長谷川 功 (正会員)

1973 年早稲田大学理工学部工業経営学科卒業。同年, 三菱電機(株)に入社。本社生産技術部を経て現在, 本社情報システム部にて社内生産情報システムの企画・開発に従事。1991年業務グループマネージャ。