

季節変動型需要構造に対する 最適生産計画検討モデルの実例

松下電器産業(株)
森 俊洋

I はじめに

前回の発表では“コンピューターによる最適生産計画検討モデルの実例”とゆうテーマで、どのような角度必要性から最適生産計画の問題をとらえたか、又その場合何を目的関数として最適な生産計画設定の基準としたかを汎用モデルを用いその検討内容を述べた。その内容を図1、図2に示す。

今回は当社のある事業部に於いてこの最適生産計画設定システムを如何にデザインし、実際に適用をほかり効果を上げたか、その内容について発表したい。なおここで適用を試みたのは季節変動型の需要構造を対象とした最適生産計画設定である。

II 内 容

1. 当事業部の背景

適用を試みた事業部ではどのような背景の上に成り立っているか現状調査からみると、以下の特徴があげられる。

- (1) 季節変動の大きい需要に合わせた生産計画を行っているため稼働ロスの発生が大きく、この傾向は将来更に増加の方向にあった。実際のデータをみると、閑忙期の差異が1:2以上ある事がわかる。(図3参照)
- (2) 多品種小ロットの生産のため能率、切換ロスの発生が多い。特に多忙期に於いてその傾向が著しかった。従って最高能率一定ベースによる生産が望まれた。
- (3) 販売ロットの変動で仕上製造工程、部品製造工程間にアンバランスを生じ、ロスの発生をまねいていた。それが工程の不安定、品質上の問題につながっていた。
- (4) 閑忙期的人员調整、パート季節工の調達、特に多忙期での人員調達が年々難しくなって来た。
- (5) 材料価格の変動による価格差異ロス、機会損失の発生がみられた。それは需要変動の影響を直接に受ける生産体制のため、材料の量的に不安定な調達が行われたためである。例えば価格高の時に大量に、価格安の時に少なく調達するケースが生じた。
- (6) データの精度アップと整備の要求

明確な基礎データの把握、ファイル、任意の取り出しに応じられる体制が要求された。等々 ………

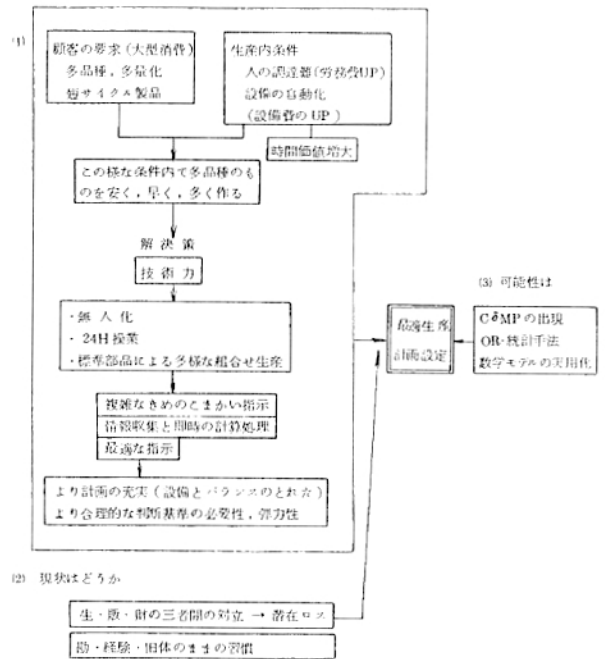


図1 最適生産計画の必要性

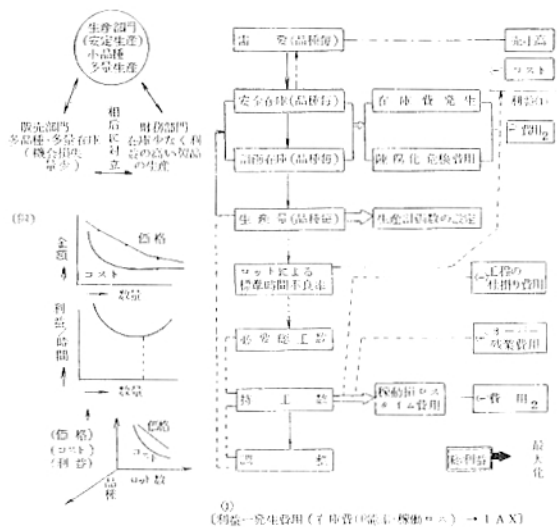


図2 生産計画汎用モデル関連図

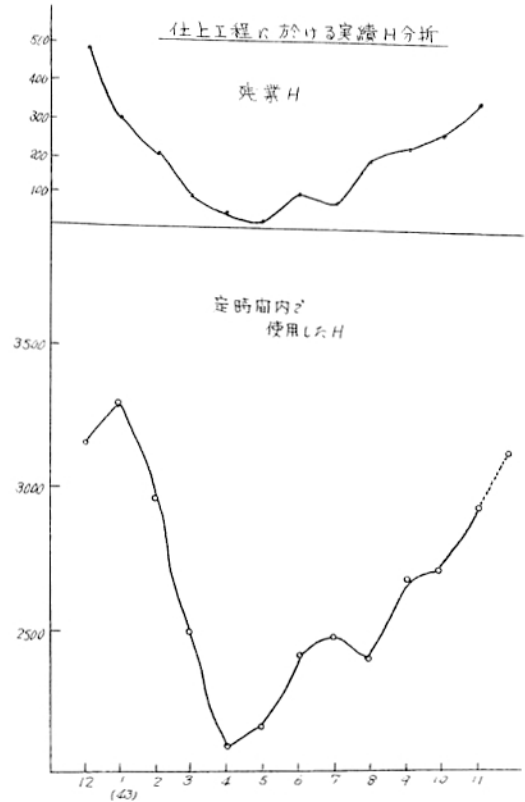
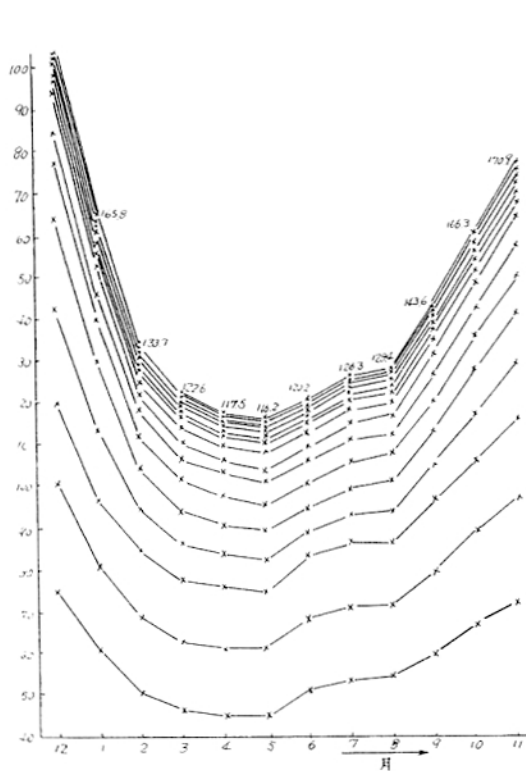


図3 需要動向及び実際の生産活動時間

以上のような内容により発生するロス金額は原材料の加工工程から一貫して生産している附加価値の大きいこの事業部に於いては大きく、その解決出来る弾力的なシステムデザインが望まれた。又一方実際適用の可能性としては以前から比較的IE改善活動を活発に行って来た土壌だけに基礎データの精度も十分だとゆう確認のもとにデザインする事とした。

2. システムの目的

1で述べた背景及び問題点を確認し以下のような観点でシステム、デザインする事とした。即ち
 “営業の要望に対して品切れする事なく変動する各制約条件(例えば標準工数、保有能力、在庫、販売計画、ロット単位等)内で、どの品種をいつ頃から、どれだけ作りだめすれば一定ペース生産、集中生産がどの程度出来るのか、その場合どれだけメリットがあるのかを測定し、それを運用するシステムをデザインする”事であった。

3. 生産管理システムに於ける生産計画の位置

生産計画システムをデザインする上で、全体図となる生産管理システムとどのように関連づけるかをこの事業部の特徴をとらえてデザインした。

その関連図を図4に示す。その考え方の中心はブラ

ン、ドゥー、シーのサイクル内で特に生産計画に置き、個々に最適化への展開を企みた。

図5は生産計画を中心とした場合の各々サブシステムの狙い、範囲、実施スケジュールを入れた一例を示す。

4. アプローチした手法

このシステムデザインで全体的に解決する手段として、予測にはBASE・INDEX法を、生産計画展開検討には、B・S・M法を開発し、適用をはかった。その概要を示すと次の如くなる。

(1) BASE・INDEX法

需要予測の一手段としてある範囲の需要構造には当方に適った季節変動型の指数平滑法を活用した。

その内容は、

- ・過去二カ年の実績データをもとにシミュレーションを行い、 α の係数を求めた。

- ・その結果を用いて予測を行った所、よくフィットしている事が確認された。

- ・対象とした製品の80%は活用出来る事が確認され三カ月単位で係数のチェック予測を行う事とした。

その実際のアウトプット結果表及びグラフを示すと図6、図7-1の如くなる。

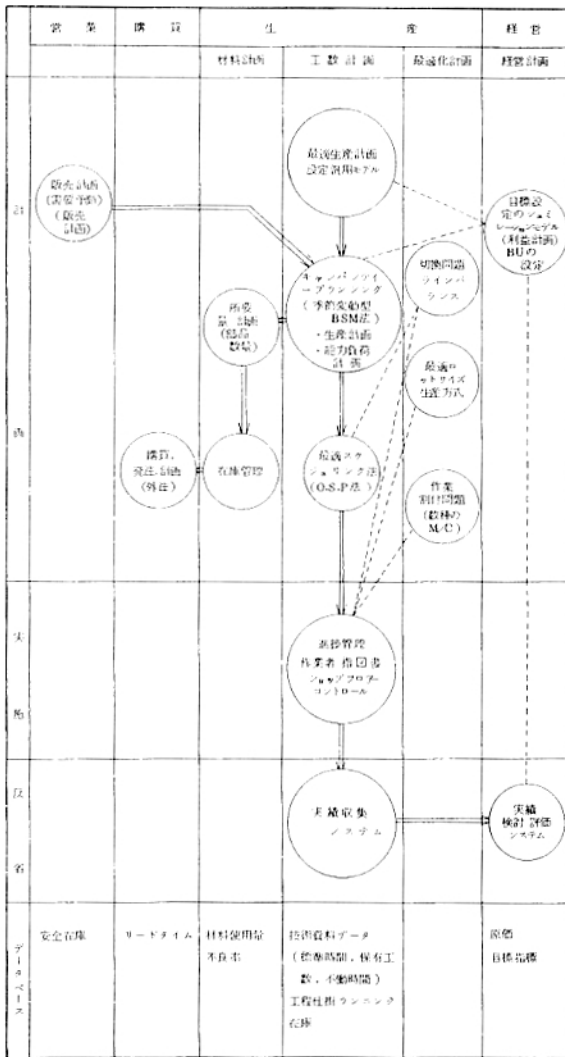


図4 生産計画を中心とした 最適生産管理システムの関連図

内 容	現 状			期 間	期 間	目 的	効 果
	備考	備考	備考				
1. 最速生産計画システム (集中生産システム) ① 組立工程中心 ② A・B品種3ヵ月単位 ③ (C品種まで)全品種 ④ ライン毎稼働 ⑤ 費用モデルの適用 ⑥ 前工程検討 ⑦ 部品 所要量 食 荷 作業割当 (N方式) ⑧ 他工程含む ⑨ 在庫管理 ⑩ 部品在庫管理部品工程	△	△	△			1. 生産計画の質的レベルアップ ① 手遅れ (稼働ロス、タイムロス、在庫ロス)の削減 例: 組立のみ (年間) 約数千万単位 前工程 (年間) 約数千万単位 ② 材料ロス削減 人員削減業務 外注削減 2. 生産計画業務の効率化 3. 他関連業務の質的レベルアップと効率化 (例: 資材計画、人員、設備計画、スケジュール、利益計画等)	
2. スケジュールリング ① 組立工程中心 ② 部品工程中心 ③ 他工程中心	△	△	△			1. 日程計画の質的レベルアップ (集中生産による切欠ロス、非稼働時間の削減) 2. 日程計画業務の効率化 3. 他関連業務の質的レベルアップと効率化	
3. 技術データファイナ ① 技術資料	○					1. インプットデータの元的収集ファイナによる精確なアップとクアイルコストの削減	
4. 実績収集システム ① 作業指示書 (組立中心) ② 前工程含む	△					1. スケジュールのフォローアップ 2. 結果分析の質的レベルアップ 3. 工数集計業務の改良 4. 他システムへの結合による有効性	
5. 業務管理 ① 作業指示書 (組立中心) ② 業務管理						1. 適正な作業指示による結果アップ	
6. 目標設定及び評価反省システム ① 目標設定 (利益計画) ② 評価反省システム						1. チャンスロス減少 (BUの目標設定、利益計算に活用) 2. BU業務の工数削減 3. 検計分析の質的レベルアップ	
7. 製造工程の最適化探求	△					1. チャンスロスの削減 例: 長直経路の検討 ラインバランシング	
8. その他業務処理 ① 製品会計 ② 発注計画 ③ 購買計画 ④ 経理処理						1. 関係部門業務の効率化	

図5 最適な生産管理システムの 設計内容案

(2) B・S・M法 (BACK・SCHEDULING, METHOD)

システムの目的にあげた各要素を検討するモデルとしてヒューリスティックな検討モデル-B・S・M法を開発し適用した。検討モデルで試みた中で、一つの考え方のルール、概要を示すと、次の様なものがあげられる。

- ① 需要動向を逆サイン・カーブで年間捉える。安全在庫、回転在庫も考慮する。
- ② 検討は品種の優先順位を考え最後の月から逆順で繰上げて考える。
- ③ 年間需要に見合った定員、残業レベル、その他のポリシー値 (非稼働率、出勤率、稼働日数) を定める。
- ④ 各月稼働日数、定員に見合った保有工数のリミ

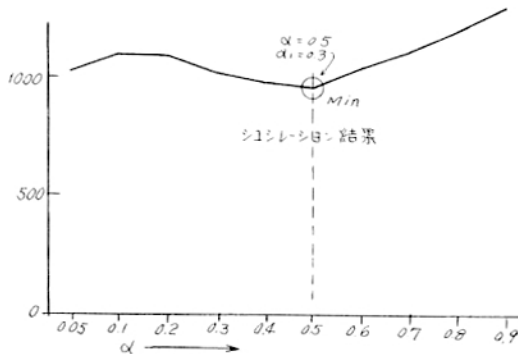
ットを定める。

- ⑤ 月々適った標準時間を使用する。
- ⑥ 必要生産数から必要工数を計算し、その工数の大きな値から積上げる。
リミットオーバーした時はその値だけ品種、数量を指定し、任意の月に繰上げ生産を行う。
- ⑦ その場合、一時的な優先ルールとしては “在庫費/工数の小さい値で小ロットのもの” を優先的に長期間繰上げを行う。
- ⑧ ⑤~⑦の組合せ試行を何回か行い、在庫費用の少ない、タイムロスの少ない組合せを選ぶ。
- ⑨ ころがしを行う場合、最初の月ほど需要は強気の水準で行う。
- ⑩ 月々の実績をフォローレ A・B品種の傾向を把握する。A品種は毎月、B品種は3ヵ月単位で予測

I=4	OLD-MEAN= 1340.	NEW-MEAN= 1260.	FP= 813.	CISEKI= 1153.
	WMA= 360.	MUIKEI= 360760.		
	NEW-INDEX= 0.29	OLD-INDEX= 0.27		
I=5	OLD-MEAN= 1260.	NEW-MEAN= 1524.	FP= 885.	CISEKI= 847.
	WMA= 38.	MUIKEI= 362255.		
	NEW-INDEX= 0.68	OLD-INDEX= 0.76		
I=6	OLD-MEAN= 1524.	NEW-MEAN= 1491.	FP= 1031.	CISEKI= 913.
	WMA= 26.	MUIKEI= 362396.		
	NEW-INDEX= 0.39	OLD-INDEX= 0.37		
I=7	OLD-MEAN= 1491.	NEW-MEAN= 1450.	FP= 1121.	CISEKI= 1393.
	WMA= 442.	MUIKEI= 560639.		
	NEW-INDEX= 0.69	OLD-INDEX= 0.67		
I=8	OLD-MEAN= 1450.	NEW-MEAN= 1728.	FP= 1876.	CISEKI= 2086.
	WMA= 190.	MUIKEI= 598883.		
	NEW-INDEX= 0.83	OLD-INDEX= 0.92		
I=9	OLD-MEAN= 1728.	NEW-MEAN= 1816.	FP= 2466.	CISEKI= 2940.
	WMA= 476.	MUIKEI= 821303.		
	NEW-INDEX= 1.10	OLD-INDEX= 1.16		
I=10	OLD-MEAN= 1816.	NEW-MEAN= 1990.	FP= 4452.	CISEKI= 3270.
	WMA= 1182.	MUIKEI= 2219321.		
	NEW-INDEX= 1.39	OLD-INDEX= 1.48		
I=11	OLD-MEAN= 1990.	NEW-MEAN= 1726.	FP= 2388.	CISEKI= 2902.
	WMA= 516.	MUIKEI= 2483920.		
	NEW-INDEX= 2.13	OLD-INDEX= 1.89		
(男子区別)の決定)				
	ALPHA= 0.30			
	ALPHA= 0.30	SIGMA= 1576.05	(決定)	

PAST=RECORDS (FROM 43 TO 44)			
MEAN=	1889.	SUM=	43348.
I=1	PRO= 2032.	BI= 1.08	
I=2	PRO= 1621.	BI= 0.86	
I=3	PRO= 1289.	BI= 0.59	
I=4	PRO= 1141.	BI= 0.60	
I=5	PRO= 1219.	BI= 0.63	
I=6	PRO= 1098.	BI= 0.58	
I=7	PRO= 1307.	BI= 0.69	
I=8	PRO= 1500.	BI= 0.79	
I=9	PRO= 2050.	BI= 1.09	
I=10	PRO= 2566.	BI= 1.36	
I=11	PRO= 4226.	BI= 2.24	
I=12	PRO= 2613.	BI= 1.38	

FORECASTING-BY-BASE-INDEX	
(決定)	
BASE=	1387.
N=2	P= 1190.
BASE=	1387.
N=3	P= 954.
BASE=	1387.
N=4	P= 838.
BASE=	1387.
N=5	P= 895.
BASE=	1387.
N=6	P= 806.
BASE=	1387.
N=7	P= 960.
BASE=	1387.
N=8	P= 1101.
BASE=	1387.
N=9	P= 1506.
BASE=	1387.
N=10	P= 1884.
BASE=	1387.
N=11	P= 3103.
BASE=	1387.
N=12	P= 1919.
BASE=	1387.
N=1	P= 1330.
BASE=	1387.
N=2	P= 1190.
BASE=	1387.
N=3	P= 954.
BASE=	1387.
N=4	P= 838.
BASE=	1387.
N=5	P= 895.
BASE=	1387.
N=6	P= 806.



NEW-MEAN=	1387. (ALPHA= 0.30)	OLD-MEAN=	1889.
R=1	NEW-INDEX= 0.96 (ALPHA= 0.30)	OLD-INDEX=	1.08
RCI(SEC)=	952.		

1. SIGNAL=	-2.00	OLU=OIE=	0.	OLD=OMAD=	0.
NEW=SOE=	-502.	NE=OMAD=	251. (ALPHA= 0.30)		

図6 αのシュミレーションの実例ある品種の予測の実例

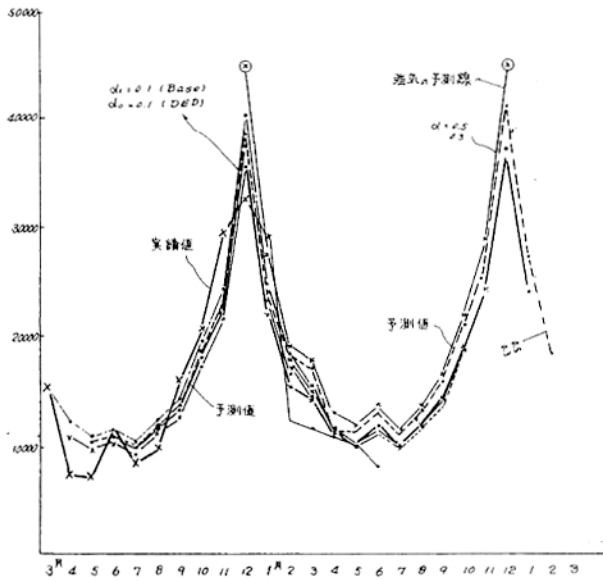


図7-1 実績及び予測図

を行いチェックする。

特にA品種の実績差異は次月の安全在庫量で調整する。

⑪ 計画と実績との差異はシグナル形式で検討する。残業レベルの再設定、繰上げ生産等を考える。

⑫ ライン毎に行う。

⑬ 同様の考え方で前工程（部品工程）を展開、部品の在庫計画を合わせ考える。

⑭ これらの一連の計算は作業量が多いゆえコンピューター使用を前提とする。等々……………
 こういったルールをおりこんでコンピューターによる検討モデルのプログラムを行い実施活用した。

5. シミュレーションの実施

4で示したルールに従うシミュレーションモデルを作り、過去1年間の実績をもとに展開した。

その場合、下記のような条件でシミュレーションを行い、その効果使用法のチェックを行った。

条件設定の一例

① 品種は全品種を対象とせず、数量、金額のA・B・C分析、及び将来性を加味して選定した。

② 1年間の実績をもとに、シミュレーションを行った。実績は生産実績、実加工時間、実働時間等のデータを使用。ここで実加工時間、正味実働時間とは次の式に示す定義で処理を行った。

$$\text{実加工時間} = \frac{\text{実働時間 (品種毎, 年間総時間)}}{\text{生産実績 (年間) (品種毎)}}$$

$$\text{正味実働時間} = \text{月々の実働時間 (日報実績の集計)} - \text{C品種用実働時間, 非作業時間等}$$

(※非作業時間＝朝夕会、教育、準備、切替時間等)

③ 定員及びリミット線の設定

定員は年間の総必要工数（ Σ 実生産量 $i \times$ 実工数 i 品種）から、又リミット線は定員と実総稼働日数で算出した。その結果の一例を示すと図7-2、図8となる。

図7-2による各月の左側の数字が実績の生産数、右側がコンピューターシミュレーションによる結果である。各月の生産品種数をみると約半分に減少し、計画的な集中生産が行われている結果がわかる。

実際に図8のグラフでみると、生産カーブは稼働日数の違いで変動しているが、定員は一定で計算されている。

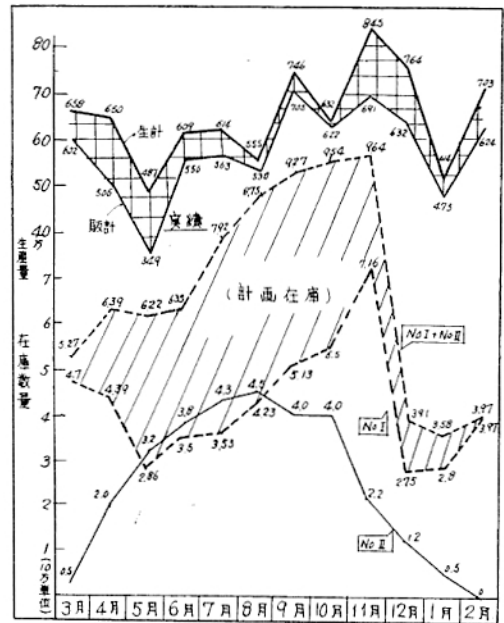


図8 実績とシミュレーション結果修正生・計

6. 効果の測定

以前の販売に従った方法に比較して、このB・S・M法による計画在庫方式による集中生産計画法の効果をあげると次の点があげられる。

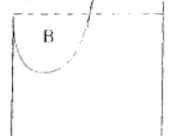
長所としては、

(1) 稼働益

新しい方法は図9の如く、一定定員による一定ペース生産により、閑散期の稼働損、多忙期の設備補強の費用が節減出来る。このシミュレーションの実際例では、図8から、年間数万時間が節減となり金額に表現すると約数千万円（ $\frac{A+B}{A+B}$ ）一定保有工数 A 強となる。

(2) 切替ロス、準備ロスの節減

図7-2に示しているように、以前の方法に比較して新しい方法による生産品種数は約半分に減り、それによる切替ロス、準



外注No.	3月		4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月		2月		計	
	実績	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP		
1	(シミュレーション内容)																									
1	300	300	250	510	260	0	310	650	270	270	350	350	560	560	100	100	710	710	340	0	220	220	340	340	4010	
2	65	110	45	0	46	148	64	178	75	93	65	172	76	76	85	85	102	0	114	0	20	0	105	0	862	
3	130	726	400	0	250	1200	110	1440	240	760	520	0	196	0	840	840	850	0	1330	0	830	830	1300	1300	7096	
4	35	84	38	0	35	111	30	0	19	88	0	0	6	0	5	5	15	0	31	0	35	0	39	0	288	
5	44	134	90	0	26	144	17	0	0	0	0	0	1	0	70	70	80	0	10	0	9	0	1	0	348	
6	220	220	300	820	220	0	300	0	400	730	300	0	350	350	500	500	0	0	0	0	30	0	0	0	2620	
7	40	40	44	280	2	0	1	0	2	0	21	0	39	0	21	21	20	0	55	0	51	0	45	0	341	
8	140	140	300	2530	100	0	200	0	0	0	0	0	210	0	50	50	40	40	950	0	270	0	450	0	2710	
9	0	0	30	190	1	0	0	0	30	0	0	0	20	0	2	2	30	0	60	0	0	0	22	0	195	
計	6025	6583	5063	6500	3490	4876	5596	6087	5634	6137	5380	5551	7460	7052	6322	6218	8450	6911	7643	6326	5143	4752	7035	6245		
計画在庫	⊕ 558		⊕ 1437		⊕ 1386		⊕ 491		⊕ 503		⊕ 171		⊖ 408		⊖ 104		⊖ 1539		⊖ 1317		⊖ 391		⊖ 790			
生産品種数	45	40	43	28	44	25	44	20	45	18	45	19	44	22	45	27	45	29	45	27	45	29	45	24		

図7-2 B・S・M展開結果の一例

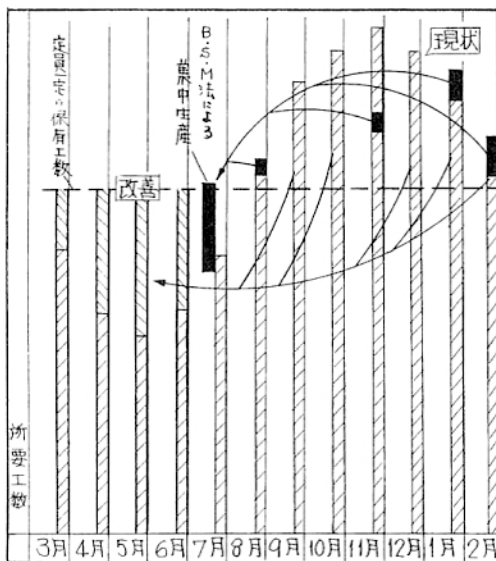


図9 生産グラフ

備ロスの節減は約数百万円可能である。

(3) パート、季節工調達費の節減

多忙期に於けるパート季節工の調達費用数百万円が節減可能である。

その他の定性的なメリットとしては、

(4) 長期的な観点に立つ安定した材料発注による、購入価格差異の益、発注業務の削減が可能である。

(5) 一定の生産ペースにより作業標準化が促進され習熟による工数ダウンが可能である。

(6) 製品の需要増に答える残会利益の確保。

(7) 専用ライン化の促進をはかり、管理の合理化が可能である。

又一方欠点としては、

(1) 計画在庫のための在庫費用（ハウジング、金利

を含む）が数百万円増加する。

(2) その他の定性的なものとしては計画在庫分の、陳腐化危険率の発生。

(3) 計画のための費用がある（主としてコンピュータ費用）等々 ……………

総合すると在庫費増を考へても数千万円強節減可能であり、陳腐化危険のある品種はプールして扱う事で問題はなかった。

ここにあげた節減金額はこの事業部に於ける仕上工程のみの数字で、実際は前後の工程を含めると更に効果は大きい。このような実績によるシミュレーションのシステム評価をもとにトップに判断をおおぎ実施する決断がなされた。

7. 実施

実施に際しては綿密な実施計画を立てて進めた。その計画内容の一例を示すと(図10)の如くなる。

データ収集検討を行う上での前提条件としては、次の各要素に関して各々設定し行う事とした。

(1) 対象品種は数量金額のA・B・C分析、将来性により選択。

(2) 予測は1部BASE・INDEX法を活用。

(3) 安全在庫、ランレグ在庫を各品種毎に設定。

(4) 標準工数は品種毎、期間毎に設定した値を使用。

(5) 保有工数の設定は出勤率、不動率、稼働日数等をもとに設定。

(6) 所定の期間ころがしを行う。

(7) 一方部品工程での必要部品数量計算及びその加工マシンへの合理的な割付を行う。等々 ……………

評価に関しては前述したシミュレーションでの定量

	双方による発表会 及び計算機実行	生 技 研	事 業 部
9	売り込み発表会	最適生産計画汎用モデルの売り込み	
10	汎用モデルの試行	汎用モデル用の試行データ収集 チェック	汎用モデル結果の検討及び基礎データの内容検討 最適生産計画設定検討会 合理化委員会
11		(事)に於ける最適生産計画 実施上の現状調査	
12	B・S・M法で実績によるシュミレーション発表会	組立用プログラム作成(B・S・M法) 運転法作成	インプット資料作成及び検討
1	指数平滑法による予測の実施	プログラムレベルの改善 前工程(部品)展開プログラム作成 (R・P・P法) 需要予測プログラム作成 (指数平滑法) 運用法の検討	実施に方針設定 集中生産グループの発足 グループによる運営方法の検討
		第1回インプット実施(B・S・M法) 前工程展開法実施(R・P・P法)	第1回インプットデータの作成及び結果の考察
2	第2回インプット実施(B・S・M法) R・P・P法	結果運用法の分析	第2回インプットデータの作成及び基本案の作成
3	第3回インプット実施(B・S・M法) R・P・P法	日程計画プログラム作成 (第1ステップ)	第3回インプットデータの作成及び実施案の確立
4	発表会(今期のマトリ)	プログラムのレベルアップ (安全在庫方式) 作業割付(部品工程)のプログラム作成	
5			

図10 実施, 検討, 過程

1=13	0.	400.	2090.	430.	1889.	-211.			
1=14	0.	500.	2010.	520.	1524.	1524.			①定員調整のやり直し
1=15	0.	340.	0.	340.	0.	20.			②調整
1=16	0.	630.	0.	630.	0.	0.			③調整
1=17	0.	100.	150.	110.	430.	310.			④調整
1=18	0.	500.	100.	340.	211.	211.			
1=19	0.	1000.	210.	1040.	209.	39.			
1=20	0.	430.	160.	470.	174.	654.			
1=21	0.	870.	50.	890.	1120.	1090.			
1=22	0.	350.	870.	380.	1784.	944.			
1=23	0.	800.	910.	890.	1054.	234.			
1=24	0.	910.	810.	960.	0.	-10.			
1=25	0.	230.	810.	240.	494.	-304.			
1=26	0.	120.	300.	180.	610.	400.			
1=27	0.	390.	190.	400.	513.	393.			⑤調整
1=28	0.	780.	90.	790.	594.	518.			
1=29	0.	340.	190.	570.	424.	264.			
1=30	0.	730.	0.	240.	790.	1020.			
J=1	MOYU=	6374.	AB=	6028.	SAI=	914.	SON=	895001.	
J=2	MOYU=	3282.	AB=	6142.	SAI=	-193.	SON=	-817857.	
J=3	MOYU=	7766.	AB=	10282.	SAI=	-2510.	SON=	-2732350.	
J=4	MOYU=	8119.	AB=	8526.	SAI=	-317.	SON=	-344317.	
J=5	MOYU=	7766.	AB=	7368.	SAI=	298.	SON=	432330.	
J=6	MOYU=	7766.	AB=	4983.	SAI=	2183.	SON=	3021973.	
J=7	MOYU=	0.	AB=	0.	SAI=	0.	SON=	0.	
J=8	MOYU=	0.	AB=	0.	SAI=	0.	SON=	0.	
J=9	MOYU=	0.	AB=	0.	SAI=	0.	SON=	0.	
J=10	MOYU=	0.	AB=	0.	SAI=	0.	SON=	0.	
J=11	MOYU=	0.	AB=	0.	SAI=	0.	SON=	0.	
AE=	3269.	AP=	43780.						
Total	ENTRO	(8)	MIN	SAI	(MIN)	SAI	(MIN)	SAI	MAX
I=1	3553.	958.	2397.	958.	2397.	958.	2397.	958.	-2397.
I=2	4323.	1844.	2479.	1844.	2479.	1844.	2479.	1844.	-2479.
I=3	10390.	7140.	3250.	7140.	3250.	7140.	3250.	7140.	-3250.
I=4	2191.	6296.	1193.	6296.	1193.	6296.	1193.	6296.	1193.

図11 定員調整の検討例

的評価の考え方に従って計算を行った。実際にはいくつかの前提条件で何回か計算，評価を行い最適な組合せ条件のもとで一つの実施案が選択された。

(図 11)に定員調整の検討内容の一例を，(図 12)にある前提条件に於けるアウトプットの一例を，

(図 13)にその場合のグラフ図を示した。(図 14)には必要部品数の展開及び部品加工機械への合理的な品種割付の一例を示す。

Ⅲ 終 り に

1. 反省点

数カ月，数回の試行をもとにそのシステムは有効に動きはじめた。しかし更にこのシステムを有効に活用するためには関連する組織のつながり，働きをより明確化する必要がある。例えばトップ，営業，生産，経理，資材等を関連させた合理的なインプットデータの収集，そのアウトプットデータの有効な活用方を

考える点である。

2. 今後の計画

前述した生産管理システム(図 4)に於ける位置づけで生産計画システムに関連する各システムの一例を示したが，その関連に応じて各システムのデザインを更に進めて行く事が要求される。例えば前後工程を関連させたきめの細かい最適なスケジュール展開，進捗管理を行うシステム等が考えられる。

以上実際に最適生産計画の問題をどのようにとらえそのシステムをデザインしていったか。その場合のコンピュータの活用，又今後どのように関連させて進めて行こうとしているかを述べた。実際はともすると，こういった生産計画設定に於ける積極的な機会利益を見落しがちであるが現下のようなきびしい競争下に於いては計画の重要性が益々高くなり積極的な姿勢によるこういった検討が要求されるであろう。