

シミュレーションによるMRPシステムの性能 評価

NAKAZATO, Masaru / YAMAMOTO, Masaaki / 山本, 正明 / 中
里, 勝

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

Bulletin of the Technical College of Hosei University / 法政大学工学部研
究集報

(巻 / Volume)

19

(開始ページ / Start Page)

149

(終了ページ / End Page)

160

(発行年 / Year)

1983-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004084>

シミュレーションによる MRP システムの性能評価

中 里 勝*・山 本 正 明*

Performance Evaluation of MRP System by Simulation

Masaru NAKAZATO and Masaaki YAMAMOTO

Abstract

Behavior of firms is now changing from the expansion of production scale into the improvement of control technique.

MRP system is a production control system which attaches importance to planning, and it is recently attracting a wide attention as a system which utilizes computer effectively.

MRP system has various parameters that determine system functions and they cannot be set up properly without reflecting the actual production environment.

In this study we intend to develop the ways how to evaluate the performance of MRP system and to set up the system parameters adequately by connecting MRP system with a production control simulator PROSIM.

This paper reports the results of simulation experiments on: (1) the comparison between control performances by MRP system and by human judgement under a common production circumstance, and (2) the improvement of control ability by selecting system parameters adequately.

§ 1. 緒 言

変動する市場動向、あるいは製品仕様の多様化等のめまぐるしい変化を生産活動の中にどうタイナミックに即応させて行くかは生産管理の大きな課題である。

MRP (Material Requirements Planning) システムは生産管理のための意思決定問題に、コンピュータの情報処理能力を活用する方式として近年注目を集めている¹⁻²⁾。MRP システムの機能を決めるパラメータは非常に多様で、現実の生産環境に対してこれを適切に設定することなしには、効果的な MRP システムの運用はありえない。

本研究では既存の生産管理シミュレータ PROSIM (Production Simulator) に MRP システムを連結したシミュレータを作製し、これを MRP システムの性能評価、及び、最適システム・パラメータ設定に利用することを目標としている。

* 経営工学科

本報告では、このシミュレータを用いて次の2点を検討する。

- 1) PROSIM に対する MRP システムの挙動と人間の状況判断による意思決定との比較による MRP システムの性能評価。
- 2) システム・パラメータの適切な選択による MRP の制御性能の改善。

§ 2. シミュレーション・モデル

PROSIM は Auburn 大学で開発された³⁾ 学生実習用の生産管理シミュレータである。経営工学科ではこれに一定の改良を加えて、学生実習用に利用している⁴⁾。

2.1. 生産管理用シミュレータ PROSIM のモデル構造

1. 製 品

工場では、3種類の製品が個数単位で生産販売されている。これらの製品の需要はランダムな要素を加えて毎期発生され、製品在庫のある限り毎日1期の1/5（週5日制）ずつ出荷される。もし在庫がない場合は受注残となり、生産が追いつけば追加出荷される。品切れ時には品切れ損失コストが計上される。

2. 部品構成

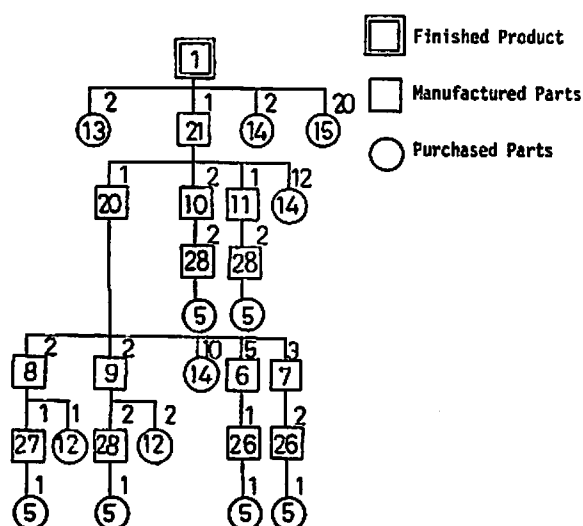


Fig. 1 Product structure

In the figure, each number on the outside of a square or a circle is requirement quantity for making one part in the upper level.

各製品は中間組立品、部品から成り部品構成表によってその内容が与えられる (Fig. 1)。

部品は内作部品と購入部品に分類され、内作部品は工場に生産命令を出すことにより、購入部品は購入注文を出すことにより1定期間後、倉庫に入庫される。

生産期間は各工程を実際に稼働させることにより定まるわけだが、購入期間は平均リード・タイムとその標準偏差によってランダムに定められる。

3. 製造工程

製品および内作部品の製造工程はあらかじめ工程図 (Fig. 2) により与えられており、定めら

れた作業ステーション順序で加工が行われ、各工程での段取時間及び加工時間も1定値が与えられている。

4. 操業時間

生産はロット単位で行われる。

PROSIM では1週間（5日）を1期として工場を操業する。1日の操業では少なくとも1交

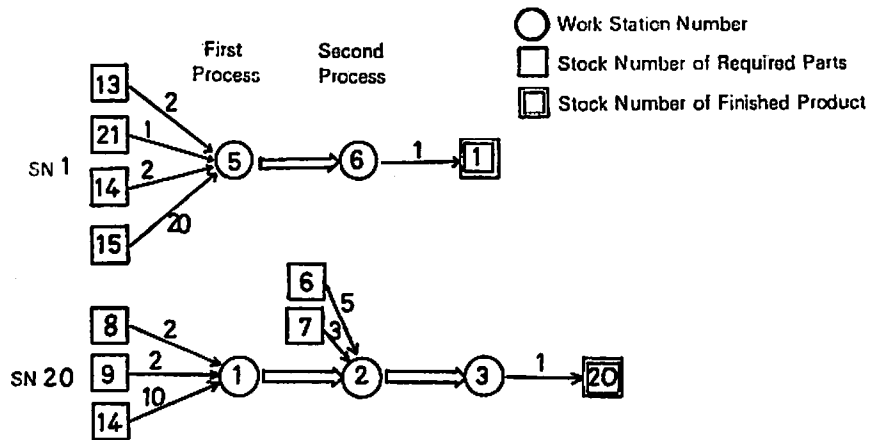


Fig. 2 Process chart

The figure upper an arrow shows requirement quantity.

代一8時間は動かさなくてはならない。総操業時間を指定することによって、残業による操業、あるいは、2、3交代制による操業の区分が行なわれる。

5. 生産コスト

1期の操業で発生するコストは、次のような項目が考慮され計算される。労務費、機械費用、材料費、経費、シフト変更費、発注費、在庫保持費用、品切れ損失費など。

2.2. PROSIM の流れ

生産管理担当者は、コンピュータの中に初期値化された仮想の工場に対して、あらかじめ示される製品の販売実績、工場の初期状態をもとに1期の生産計画を作成し入力する。シミュレータはこの計画にもとづき工場の操業を行い、期末の工場の状態と操業結果を報告する。実習では数期間の操業を通じた総生産コストの最小化を競っている。

PROSIM では期首ごとに次の生産計画項目を入力しなければならない。

- ① 今期の需要予測（計画生産量となる）
- ② 購入部品の注文
- ③ 工場に対する生産命令・順位
- ④ 各ワークステーションに対する操業時間（残業時間などの指定）

通常の利用ではこれをプレイヤーが状況判断にもとづき入力するが、本研究ではこの部分をMRPシステムで自動的に計算し供給できるようにする。

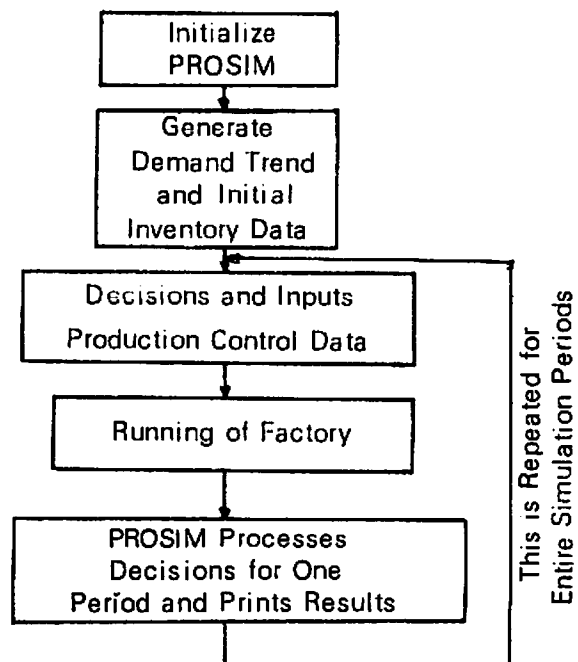


Fig. 3 Flow of production control simulator PROSIM.

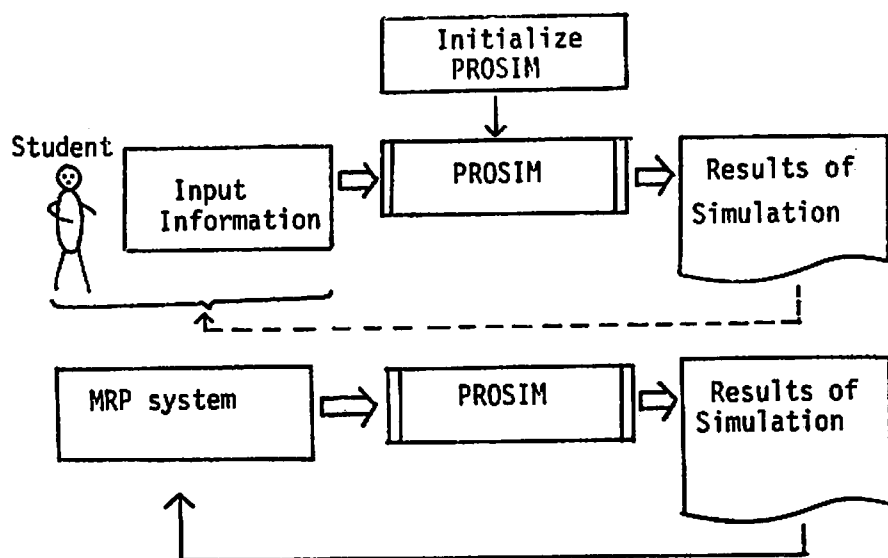


Fig. 4 Difference of decision making flow by MRP system and human judgement.

経営工学科では以前から学生実習用にこのシミュレータを利用しているので^{b)}、人間による意思決定の特徴についてはこの実習結果を利用することができる。

§ 3. MRP システムの機能

3.1 基準生産計画

MRP に必要な基礎情報である基準生産計画は需要予測にもとづき作成する。予測手法は過去10期間の実績値にもとづき、Ⅰ) 傾向のある指数平滑法あるいは Ⅱ) 季節変動指数予測を含む方式を利用して需要予測を行った。

予測方式は、

Ⅰ) 傾向モデル

$$\left. \begin{aligned} T_t &= \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \\ S_t &= \alpha D_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \\ F_{t+1} &= S_t + T_t \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Ⅱ) 傾向季節含みモデル

$$\left. \begin{aligned} S_t &= \alpha(D_t/I_{t-L}) + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \\ T_t &= \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \\ I_t &= \gamma(D_t/S_t) + (1-\gamma)I_{t-L} \\ F_{t+1} &= (S_t + T_t)I_{t-L+1} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

を用いる。

ここで、 S_t = (季節指数修正済) 需要期待値

T_t = 傾向値

I_t = 季節指数

F_t = 予測値

D_t = 需要値

α = 平滑定数

β = 傾向を予測するための平滑定数

γ = 季節を予測するための平滑定数

L = 周期

を表す。

3.2. 適正在庫量の決定

前節において求めた需要量を基準生産計画数量とする。これを用いて純所要量を算出する。

$$IP_{(t)} = I_{(t-1)} + O_{(t)} - PQ_{(t)} \quad (3)$$

ここで、 $I_{(t-1)}$ = 在庫量

$O_{(t)}$ = 指示済みオーダー量

$PQ_{(t)}$ = 基準生産計画数量

$IP_{(t)}$ = 使用可能在庫

を表す。もし、 $IP_{(t)}$ が負になった時、その数量が t 期の純所要量となる。

しかし、在庫保持費を可能な限り低レベルで押えながら、品切れを未然に防ぐためには、適正在庫量を正しく選ぶことが重要となる。そこで、次の2点を目標としてこれを決める。

① 需要予測誤差をバッファするための安全在庫数量 S は、

$$S = 2.0 \times \sigma_{FE} \quad (4)$$

によって求める。ここで、 σ_{FE} は過去 N 期の予測誤差の標準偏差である。

② 次期の生産計画を円滑に遂行するための生産用バッファ量 B は、

$$B = \alpha \times NQ \quad (5)$$

によって求める。

ここで、 α = 前ずらし率

NQ = 次期基準生産計画数量

とする。

適正在庫量 RQ は、

$$RQ = S + B \quad (6)$$

である。

3.3. 発注方式

MRP によって期間別純所要量が算出される。この所要量をそのまま発注・手配の数量とはせず、適正ロットにまとめた上でオーダーとして指示される。適正ロットは、ロット在庫の保持費

と発注費の合計を最小化することにより決める。

当システムにおけるロットサイズ手法は DOQ (Dynamic Order Quantity) を採用し、最低発注単価法 (Least Unit Cost) を適用する。

$$P_{(n)} = \frac{C_0 + \sum_{i=1}^n \left(i - \frac{1}{2}\right) Q_i \cdot UC \cdot IC}{Q} \quad (7)$$

ここで、 C_0 =発注費

UC =単位コスト

IC =在庫保持費

Q =発注量 ($Q=Q_1+Q_2+\cdots+Q_n$)

$P_{(n)}$ = n 期まとめて発注するときの発注単価

を表す。

この(7)式を用いて、 $P_{(n)}$ が最小となるような期間 n を求め、 n 期間をまとめて発注する。

3.4. 先行計算

各期の部品ごと総所要量は、製品の基準生産計画数量をレベル別に部品展開して算出される。この所要量に対して在庫の引当てを行い、さらにこの数量をリードタイム分ずらすことにより計画オーダー(着手)量を作成する。この計算を先行計算(Leadtime offset)と呼ぶ。

先行計算に使われるリードタイムは製品、中間部品、購入部品によって各々以下のように定める。

- ① 製品は適正在庫レベル以上は保持しないように需要量に見合った量をその期に作製するのでリードタイムは“0”を指定する。
- ② 中間部品のリードタイムは“1”とする。
- ③ 購入部品は次式を用いて算出し、計算は固定リードタイム方式とした。

$$LT = AL + (2 \times \sigma_{AL}) \quad (8)$$

ここで、 AL =平均購入リードタイム

σ_{AL} =平均購入リードタイムの標準偏差

LT =リードタイム

3.5. 作業時間の指定

作業時間は生産着手数量とその加工時間が与えられれば計算できる。しかし、この時間は工程順序や生産順位による待ち時間や思わぬ段取時間の発生などにより延ばされる可能性が起こる。こうした原因による作業時間不足をカバーし、品切れが起きないように時間を定めることが必要である。MRP システムによって各ワークステーションの負荷状況が明らかになるので各ワークステーションの作業時間を適切に与えることにより、作業コストの最小化を計ることができる。

このために次の点を考慮する。

- ① 作業時間に対して余裕時間を $\beta\%$ 持たせる。
- ② 1日の作業時間により人件費が変動するので、数期先まで作業時間を考慮したシフト選択の判断機能を持たせる。

3.6. 作業分割

ロットサイズは、発注費や段取り費用などから考えると大きなロットの方が良さそうである。しかし、工程が複数にまたがってくると仕掛量が非常に大きくなる。また、各ワークステーションでの負荷のバラツキが大きくなり、製品の流れがよどみ毎日の出荷が停滞してくる。このような点を含み、生産が円滑に遂行できるように、製造連の分割システムと期間内での品切れ防止のために優先順位規則を取り入れる。

a. 分割システム

- ① 1日の作業時間の $\gamma\%$ 分の生産量を1ロットとして分割を行う。
- ② どのワークステーションでも全体の負荷量がA分に満ない場合には分割を行わない。

b. 優先順位規則

- ① 製品の製造を部品の製造に優先する。
- ② 在庫状況を判断して、在庫比率が悪い部品を優先する。

$$IS = I_{t-1} / PO_t \quad (9)$$

ここで、 I_t = 在庫

PO_t = 計画オーダー（着手）量

IS = 在庫比率

- ③ 部品構成の上位レベルの作業を優先する。
- ④ 特殊な製品に対する特急処理機能を有する。

§4. PROSIM-MRP の運用

PROSIM シミュレーション・プログラムは、生産計画に関する決定事項を MRP 計算プログラムから受けることによって作業を開始する。しかし、シミュレーションを続けるためには、前期の作業結果にもとづいて、日程再計画（Regeneration）をする必要が生ずる。こうした運用をするためには、2つのシステムが互いに情報を交換しながら計算を続ける必要があり、Fig. 5にそのジェネラル・フローを示す。

§5. MRP システムと人間による意思決定との特性比較

経営工学科における学生実習での PROSIM 作業結果（いくつかの代表例）と MRP システムによる結果とを比較した。比較は学生の実習条件である6期間の作業について行った。

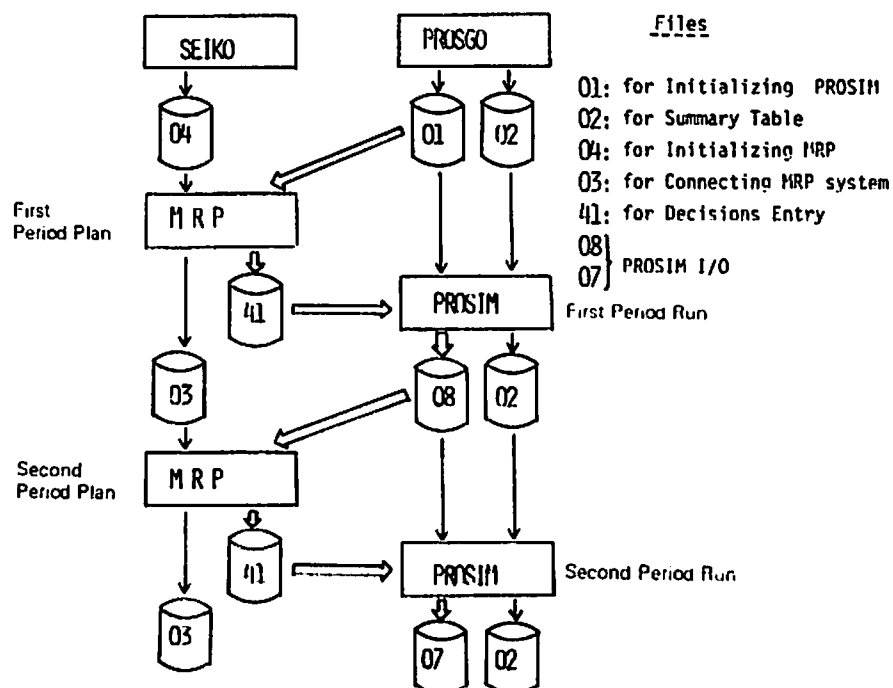


Fig. 5 General flow chart.

1. 在庫投資の抑制

このシミュレーション・モデルでは、需要量に対して初期在庫を多めに与えているために、

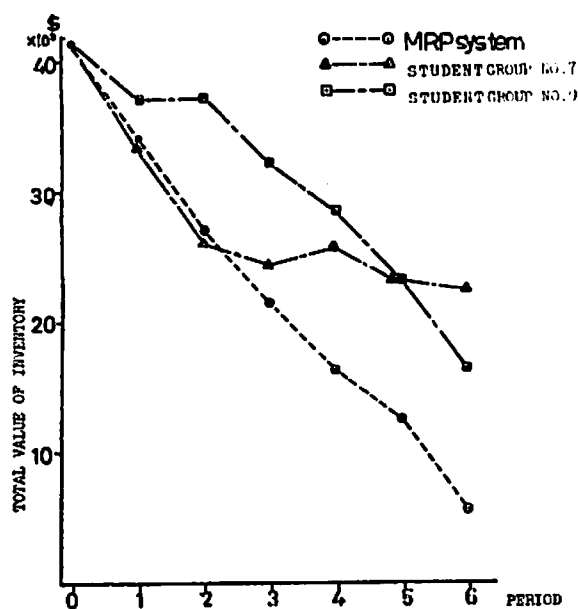


Fig. 6 Variation of total inventory.

Fig. 6 に示すように MRP 方式は、手持在庫量を平均26%づつ減少させ総在庫額の低下を計っている。他方、学生グループは、適正在庫レベルを確実につかめないため思い切った在庫削減ができず、判断がどうしても安全側に片寄り、MRP と比較すると30%強の高い在庫を保有している。また、グループによっては MRP 並に低下させたかと思うとあわてて軌道修正し高レベルを維持している。このように、MRP 方式はシステム内に在庫の自動調整能力をもっているため、需要量に対してすばやく対応できる。

2. 発注の仕方

部品構成が階層構造を形成している場合の発注方式は、複雑多岐になってくる。人間が対処しようとする、品切れを恐れるために過去の実績値などを見ながら早目多目に発注しがちである。

MRP は純所要量計算により、品切れタイミングと数量を予測できるので必要最小限の発注に

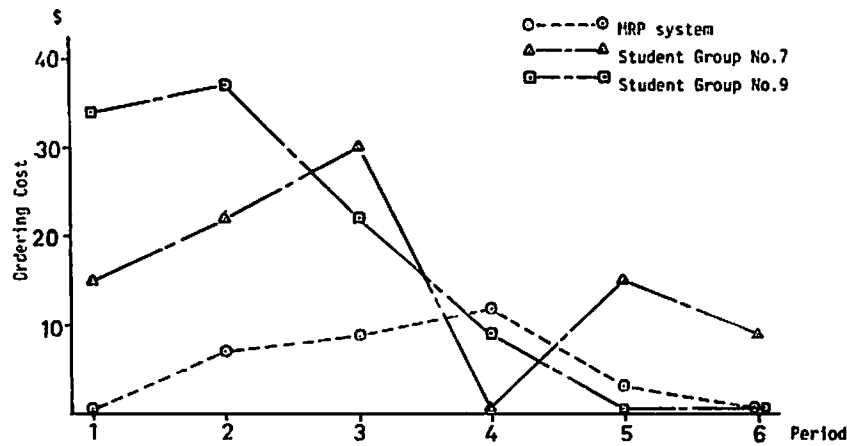


Fig. 7 Variation of ordering cost.

よって操業が可能となる (Fig. 7 参照)。

3. 工場操業の実状

MRP 方式は、初期のうち需要を在庫消費でまかなうので生産を行う必要を認めず遊休時間が

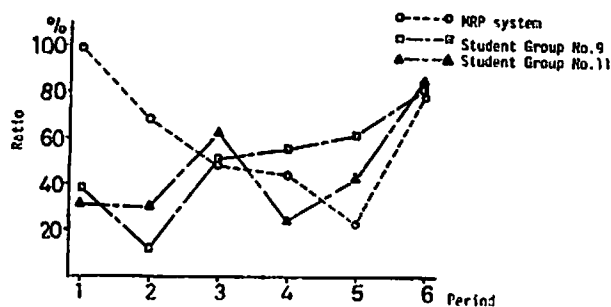


Fig. 8 Ratio of idle time of processing time.

多く、ある在庫レベルに下って始めて生産を開始する。他方、学生グループはまだ在庫が適正レベルまで下っていないにもかかわらず生産を開始している (Fig. 8)。MRP 方式と比較すると操業の対処の仕方が対称的な傾向を示している。

4. 総合評価

学生グループと MRP 方式は、6 期間の操業を通じて総生産費の最小化を競ってきた。

最終スコアにおいて MRP 方式は、学生グループの平均スコアより 8.5% 減少させることができた。また、最終期末在庫額にいたっては、MRP 方式は学生グループの 1/3 まで削減させている。

最後に、顧客に対する信用につながる品切れ損失費を比較すると、学生グループが MRP 方式より約 7 倍の損失を受けている。

Table 1 Performance comparison of MRP system

	Total plant cost (\$)	Total order cost (\$)	Out of stock cost (\$)	Final period value of inventory	
				Cost (\$)	Ratio to MRP
Student group. 7	45,891	91	823	22,364	4.0 (times)
Student group. 9	43,466	102	382	16,363	1.9
Student group. 11	42,332	37	339	12,396	2.2
MRP system	40,148	37	73	5,631	...

このように、MRP システムは製造メーカーの生産活動を人間の判断に比較して、かなり効率よくコントロールできることが明らかである。

§ 6. MRP システムの性能向上の検討

1. 生産量の前ずらし

MRP の計算結果のオーダー量が、製造能力の実状を無視し過負荷や過少負荷が発生するので、
は良い計画とはいえない。よって、各期の生産負荷を平準化するための 1 方法として、遊休時間
が多量に生ずる期には、次期に予定される部品の生産数量を前ずらしして生産することを試み
た。

Table 2 で示す、ずらし方欄の“全量”は純所要量の全部を、また“可変”は純所要量を期別
に $k\%$ だけリードタイムの長さだけずらすことを意味する。

Table 2 Effects of the Froward shift procedure

Cost items	Period	1	2	3	4	5	6	Ratio (%)
	Shift method							
Direct manufactur- ing costs (\$)	the Whole quantity	56	1,933	4,924	3,216	2,275	1,078	...
	Variable	56	1,375	2,663	2,824	4,174	1,414	Δ 7.2
Total plant costs (\$)	the Whole quantity	5,573	6,324	8,733	7,541	7,133	6,224	...
	Variable	5,573	6,205	7,124	7,070	7,866	6,367	Δ 3.2
Overtime (min.)	the Whole quantity	0	1,500	8,600	6,100	3,600	1,600	...
	Variable	0	1,500	3,200	2,900	5,100	1,600	Δ 33.2

このシミュレーション例では初期在庫が過剰に与えてあるので、MRP システムによる計画で
は初期に多量の遊休時間が生じているので(Fig. 8 参照)、前ずらしは特にこの部分に有効に作用
する。

直接製造費について比較してみると“可変”の方が“全量”に対して7.2%安価になっている。
このように生産余力の活用を絶えず検討することが重要である。

2. ロット・サイズ手法

発注計画の時に用いるロット・サイズ手法として、EOQ (Economic Order Quantity) と DOQ
(3.3 参照) の 2 方式の効果を検討した。DOQ 方式は発注費で多少経費が増すが、在庫保持費
まで考慮すると EOQ 方式より 9.2 % 安価となった (Table 3 参照)。

発注手法 EOQ の式は、

$$EOQ = \sqrt{\frac{C_o \times Q_u}{R_{IC} \times UC}} \quad (10)$$

である。

Table 3 Effect of lot sizing method

Period			1	2	3	4	5	6	Ratio (%)
Cost items									
Purchased parts	Order cost	EOQ	0	3	16	12	0	0	...
		DOQ	0	3	13	9	15	3	38.7
	Carry cost	EOQ	24.7	23.08	19.48	21.30	26.03	24.92	...
		DOQ	24.7	23.08	19.25	16.61	15.08	13.08	Δ 20.0
*Total inventory costs		EOQ	180	114	106	101	90	62	...
		DOQ	180	114	102	93	94	52	Δ 3.0
*Total value of inventory		EOQ	34,240	27,841	24,250	21,291	15,871	8,171	...
		DOQ	34,240	27,875	24,270	20,047	14,130	6,436	Δ 21.2

*: Inventory data include purchased and manufactured parts.

ここで, C_0 =発注費

Q_u =年間使用量

R_{IC} =在庫保有経費率

UC =単価

§ 7. 結 言

1. 生産管理シミュレーター PROSIM と MRP システムとを連結して, 一定期間の連続操業をシミュレートすることができた。
2. このシミュレーション結果と人間の判断にもとづく操業を比較すると, MRP システムによって,
 - ① 在庫レベルの低下
 - ② 発注費の低下
 - ③ 部品生産量の削減
 などの効果が認められた。

3. MRP システムの機能を定める各種パラメータを, 生産環境に合わせて最適に選択をするためには, 本研究が示したようなシミュレータとの連結システムを利用することが有効である。

今後さらに, このシミュレータを利用して, MRP システムの性能向上, 特に, 各種の環境条件の変化に対する MRP システムの対応能力の向上について検討を続けていきたい。

謝 辞

なお, MRP システムの作成にあたっては, 山本ゼミナール所属の学生諸君に多大な協力をいただいた。

参考文献

- 1) O.W. Wight, "Production and Inventory Management in the Computer Age", Cahnerns Publishing Company, Inc., 1974.
- 2) レイトン・スミス, 小島義輝, 森 正勝, "MRPの理論と実践", 日本能率協会, 1977.
- 3) J.H. Mize, "Production System Simulator", Prentice-Hall, 1971.
- 4) 経営工学科編著, "PROSIM-H による生産管理のシミュレーション", 『生産工学実習』, 法政大学, 1977.
- 5) 山本正明, 那須理恵子, "経営工学実験に「生産管理シミュレータ」を導入して", 52年度 春季研究発表会予稿集, 日本経営工学会, 1977.