

「サーボくずれ在庫管理方式」とその動特性

徳山 長*

まえがき

この研究は、個別生産工場における、資材の在庫管理方式の設計に当って進められたものである。サーボくずれ在庫管理方式は主にB級品の在庫管理方式として検討されたもので、名称“サーボくずれ”は、その方式のニックネームである。

1. 在庫管理の重要な作業＝予測

在庫管理の有効な運用は「払出量、払出時点、調達期間等の予測」の精度に左右される。これらの予測を、その精度によって概念的に二つに区分して考える。

1. 確実予測 工事命令書、主要資材一覧表、材料手配に関する伝票、生産工程会議等の資料はもとより、工場管理全般にわたるあらゆる情報を集収することにより、確実に予測をおこなう。早く情報を収集出来るシステムの設計が必要となる。

2. 推定予測 過去のデータに統計的処理をほどこし、経験的な実績をもとにして予測する。予測方法とし、過去の平均値、移動平均値さらには指数平滑法による予測が考えられる。

予測に当っては、担当者のかんりの努力と費用とが必要となる。これら予測についてやす費用は、その資材の重要性あるいは、その他の費用、例えば在庫費用や発注費用とバランスされたものでなければならない。重要な資材にはそれ相当の予測を、そうでないものは、それ相当の予測をおこなうよう、すなわち最も適切かつ経済的な予測方式を採用する必要がある。

運用上の事務手続あるいは作業の便宜等を考慮し、予測方式として適当な努力、費用の配分が可能となる（推定予測と確実予測の共用）、そして不安定な事象の変化に対してより早く、より有効に手を打つ事が出来るフィード・バックシステムを加味した在庫管理モデルの設計が必要となる。これらの要望を加味して展開したのが“サーボくずれ方式”である。

2. サーボくずれ方式の概要

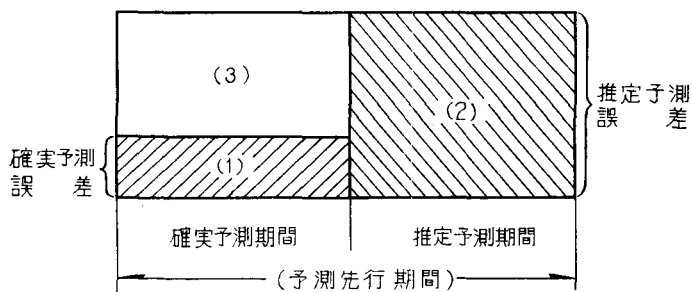
1. 予測方式 予測先行期間（調達期間＋1期間）を確実予測予測する期間と推定する期間に区分する。

2. 発注方式 発注にさいしてとりあえず推定予測分だけ発注しておく。確実予測が可能となった時点において確実予測をおこない。推定予測との差分を追加発注する。すなわちその期の

* 三菱電機 1964年2月26日受理 「経営科学」 第7巻4号

発注量＝推定予測分にその差分を加味修正するのである。追加発注分は必要時点より推定予測期間だけおくれて納入される。

3. 安全在庫量 追加発注分がおくれて納入される分を保障する量と、确实予測誤差を保障する量。〔図-1〕



(注) 発注点方式において述べている安全在庫量は、推定予測誤差を予測先行期間分保障しようというもので、上図の全面積分 (1)+(2)+(3) を云う。

第1図 安全在庫量の構成

3. サーブくずれ方式のモデル構成

第1表

式番	項目	算式	備考
1	1 払出量	X	払出量は正規分布をしているとする
	2 払出量の分布	$N(\bar{X}, \sigma_x^2)$	
2	1 調達期間	T	調達期間は目下固定して考える §4項で調達期間のバラッキを考慮するときは正規分布とみなす
	2 調達期間の分布	$N(T, \sigma_T^2)$	
3	1 予測先行期間 (調達期間+1) = 确实予測期間+推定予測期間	$T+1=N+n$	N : 确实予測期間 n : 推定予測期間
4	1 确实予測量	X^*	σ_x^* : 确实予測誤差
	2 确实予測誤差の分布	$N(0, \sigma_x^{*2})$	
5	1 推定予測量	\bar{X}	推定予測量を払出量の平均値とする σ_x : 推定予測誤差
6	1 确实予測量と推定予測量との誤差	$\Delta X = X^* - \bar{X}$	$(=\sigma_x^*)$ $(=\sigma_x)$
	2 确实予測誤差	$\delta_1 X = X - X^*$	
	3 推定予測誤差	$\delta_2 X = X - \bar{X}$	
7	1 第K期において発注量	$Q_K = \bar{X} + \Delta X_K - I_K$	発注量＝推定予測量＋第K期确实予測と推定予測との誤差－第K期型庫量 $Q_K = \bar{X} + \Delta X_K - I_K = \bar{X} + (X_K^* - \bar{X}) - I_K = X_K^* - I_K$
	2 式61を代入する	$Q_K = X_K^* - I_K$	
8	1 第K期末在庫量	$I_K = I_{K-1} + Q_{K-(T+1)} - X_K$	第K期末在庫量＝第K-1期末在庫量＋予測先行期間前に発注量－第K期払出量

式番	項目	算式	備考
9	1 确实予測誤差に対する安全在庫量	$\alpha^* = k\sqrt{N}\sigma_x^*$	确实予測誤差を确实予測期間分保障する
	2 推定予測誤差に対する安全在庫量	$\alpha = k\sqrt{n}\sigma_x$	推定予測誤差を推定予測期間分保障する
	3 安全在庫量 (=[91]+[92])	$S = \sqrt{\alpha^{*2} + \alpha^2}$ $= k\sqrt{N\sigma_x^{*2} + n\sigma_x^2}$	ただし k : 安全係数

4. 調達期間のバラツキを考慮する時

(式22) で示したように調達期間の分布を $N(\bar{T}, \sigma_T^2)$ とすると、バラツいた期間における払出量のバラツキを Gram-Charlier 級数で近似させ、その払出量分布に対する安全在庫量を考慮する。なお T のバラツキは推定予測期間のバラツキとして考えられる。(運用上その方が便利である。)

第2表

式番	項目	算式	備考
9	4 推定予測誤差に対する安全在庫量	$\alpha = t\sqrt{\sigma_x^2 n + \bar{X}^2 \sigma_T^2}$ ただし $t = f(r)$	t : Gram-Charlier 級数で近似させた分布における安全係数に相当する係数 $f(r)$: この函数については 第12回 OR 学会研究発表 (1962年秋季) 「待ち合せ理論のジョブ・ショップにおける工場床面積問題への適用」三菱電機: 服部: 柴田 (経営科学1963年6月号・Vol. 6. No. 3) にくわしく展開されている。
	5 安全在庫量	$S = \sqrt{k^2 n \sigma_x^2 + t^2 (\sigma_x^2 n + \bar{X}^2 \sigma_T^2)}$	

5. サーボくずれ方式の特色

1. 予測と安全在庫量 (S) 确实予測誤差は一般に推定予測誤差より小であると想定される。(式81) より、もし确实予測期間 (N) を長くすると S は小さくなり、推定予測期間 (n) を長くすると S は大きくなる。予測精度の向上と、精度の良い予測をより長い期間先行しておこなうことにより、安全在庫量は軽減される。

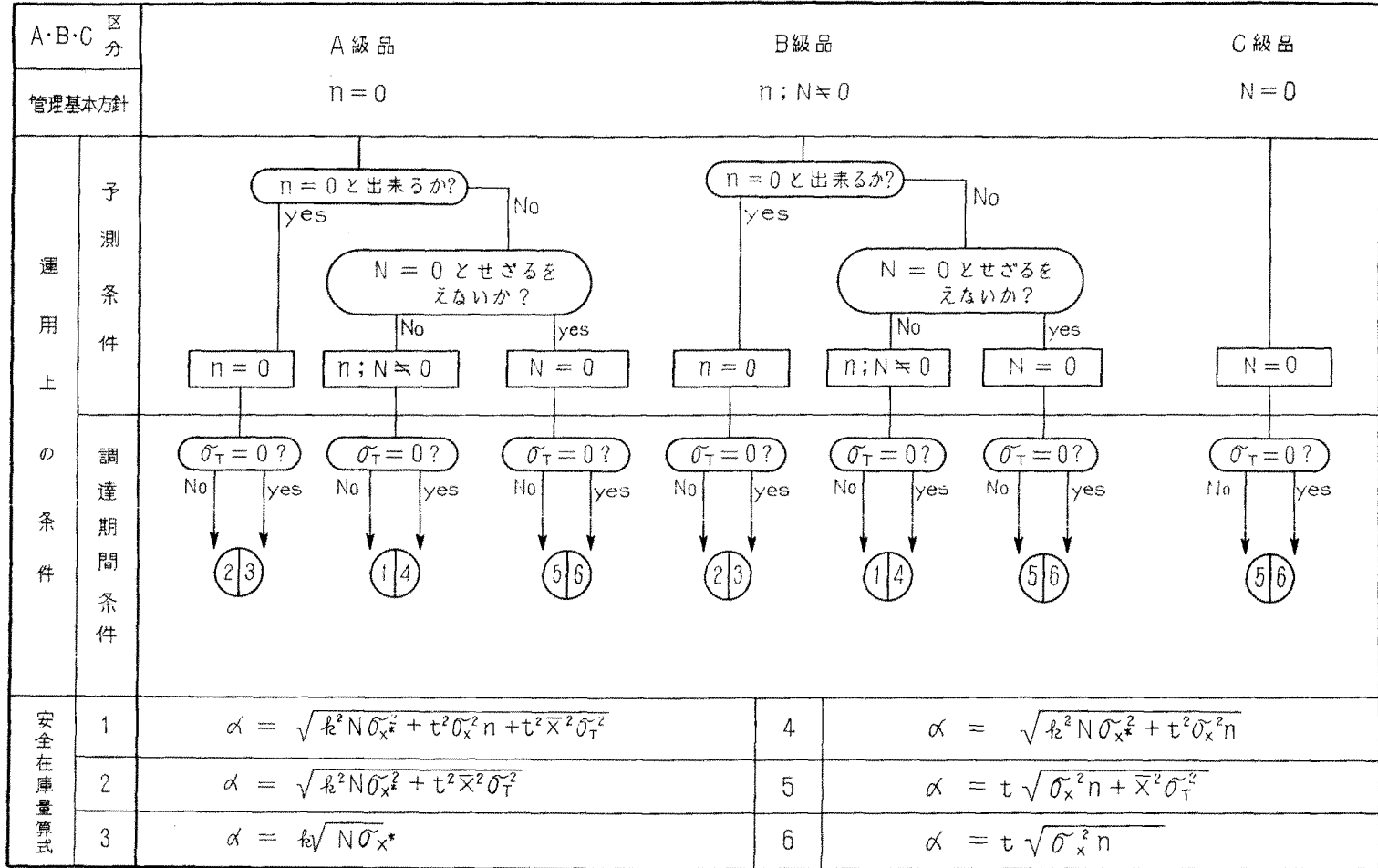
2. 予測と発注量 (Q) (式72) より、発注の折は确实予測可能となった時点における确实予測値を考慮すれば良いことになり、実質的な予測先行期間は确实予測期間となる。自動的に推定予測期間分短縮されたことを意味する。

3. 予測方式の導入および訓練 确实予測の導入にあたっては、とりあえず确实予測期間を1期間として実施、担当者が充分その業務になれることによりステップ パイ ステップに确实予測期間をのばしていくことが出来る。

6. 各資材グループの在庫管理方式の一元化

(1) 予測先行期間=确实予測期間とする。

A 級品の在庫管理方針となる。相当な努力と費用をかけて確実な予測をし、その管理に重点を



第2図 サーボくずれ在庫管理方式

置く。($N = T + 1, n = 0$)

(2) 予測先行期間 = 推定予測期間とする。

C級品の在庫管理方針となる。($N = 0, n = T + 1$)

(3) サーボくずれ方式

B級品の在庫管理方針とする。($N \neq 0, n \neq 0$)

しかし、現実には適用上種々の条件が加味されてくる。例えばA級品といえども、すべて確実予測出来ない状態の資材もある。これは「サーボくずれ方式」が適用される。またまったく確実予測出来ない状態の資材もあり、これはC級品の在庫管理方式にたよらざるをえない。

このような状態を〔第2図〕に示す。サーボくずれ方式のもとに、各資材グループの在庫管理方式が一応包含され、これによって在庫管理方式の一元化が計られる。一元化の効果はサーボくずれ方式のプリンシプルを担当者が体得することにより、あらゆる資材グループの担当が容易となり、また、各資材の管理グループの移換が簡単となる。

7. 新しいシステムの動特性把握のためのモデル化

「サーボくずれ方式」の導入に当っては、前もってそれらのシステムの実用試験等を充分おこない、事象の急変に対する反応について充分検討する必要がある。動特性把握のためのモデル化の概要を示す。

1. 発注量決定について (Q) 発注量はいわゆる発注体(発注担当者)によって決定づけられるものであり、その能力あるいは発注パターンに左右される。発注に際しては一応確実予測値のみ考慮すれば良いとの表現がなされているが(式71)で構成した状態を思い起すならば、三つの要素が介在している。

(i) 推定予測量 (\bar{X})

(ii) 確実予測量 (X^*)

(iii) 期末在庫量 (I)

発注量がこれら3要素によって構成されるとする。構成パターンは種々考えられるが、リニアなウェイトづけによるものと想定する。各要素にかかるウェイト・パラメータを各々A, B, Cとすると

$$Q = A \cdot \bar{X} + B \cdot X^* - C \cdot I$$

ただし $A; B; C; \geq 0$

$$A + B + C \equiv 1$$

で示される。このモデル化は発注量を決定する各要素の構成割合と、この在庫管理システムの動特性との関係、および各予測方式による予測精度の影響を把握するに有効となる。またもしこのモデルにおける X^* の予測誤差 = 0 とすると、(式72)における予測誤差(確実予測量に対する)は0から \bar{X} に対する予測誤差までの間の値をとることを示している。

2. 確実予測誤差について (X^* の誤差) 確実予測誤差の介入は実質的に納入された発注量

が引当された時点で認識されるのであるから、払出時点における払出実績の外乱として加味すれば良い。

8. サーボくずれ方式のモデル化

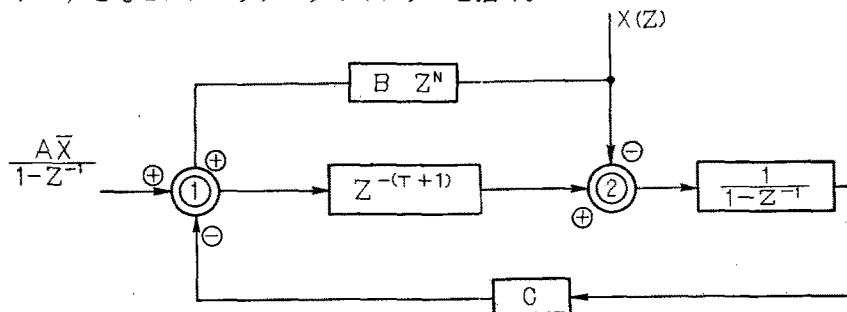
1. サーボくずれ方式のモデル化 (第3表)

第3表

式番	項目	算式	備考
0	1 発注量に関する式 (式72より)	$Q_K X = X_K^* - I_K$	
	2 第K期でおこなう確実予測	$X_K^* = X_{K+N} + \epsilon_{K+N}$ ($\epsilon_{K+N} = 0$)	第K期でおこなう確実予測は確実予測期間Nだけ先行した払出実績 X_{K+N} に対応するものである ϵ_{K+N} ; 確実予測誤差 ($\epsilon_{K+N} = 0$ と想定する)
	3 発注量のモデル化 (式01より)	$Q_K A \cdot \bar{X} + B \cdot X_K^* - C \cdot I_K$ ただし $A; B; C; \geq 0$ $A + B + C = 1$	発注量は (1) 推定予測量成分 (2) 確実予測量成分 (3) 期末在庫量成分 のリネアーな函数が決定さえるとする A, B, C ; 各々の成分に対するウエイト・パラメータ
	4 (式02を代入)	$Q_K A \cdot \bar{X} + B \cdot X_{K+N} - C \cdot I_K$	(注) ϵ_{K+N} については、払出時点における払出実績 (X_K) の外乱として考慮する。
	5 Z変換する	$Q(Z) = A \cdot \frac{\bar{X}}{1-Z^{-1}} + B \cdot Z^N X(Z) - C \cdot I(Z)$	
	6 在庫量に関する式 (式81より)	$I_K = I_{K-1} + Q_{K-(T+1)} - X_K$	
	7 Z変換する	$I(Z) = \frac{1}{1-Z^{-1}} [Z^{-(T+1)} Q(Z) - X(Z)]$	

2. ブロック・ダイアグラム

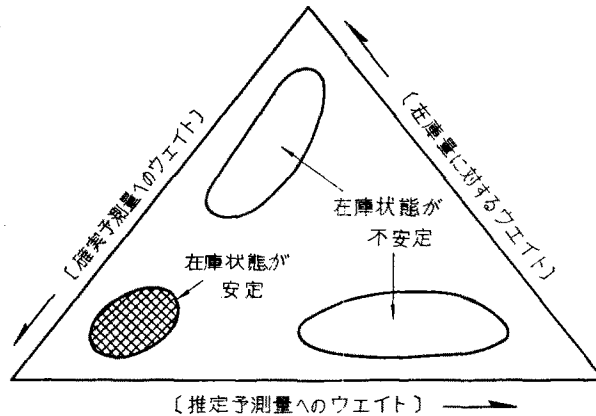
(式05, 07) をもとにブロック・ダイアグラムを描く。



- ① : 発注量を決定するポイント
- ② : 期末在庫量を決定するポイント
- ϵ_{K+N} は、 $X(Z)$ の外乱として与える

第3図 ブロック・ダイアグラム

このシステムの動特性を把握する。種々の解法が考えられるが、シミュレータによる解析を試みた。シミュレータは IBM7090 FORTRAN で作成した。



第5図 統計的結果

発注量，在庫量の状態を示す。「平均値」や「標準偏差」を三角グラフにプロットし，まとめると(第5図)のような結論をえる。

(4.2) 反応パターンの結果

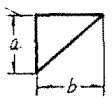
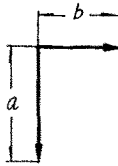

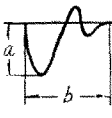
在庫状態がいかに反応するか，そのパターンについて解析する必要がある。各需要パターンに対する反応，および実験されたウェイト・パラメータ各々に対する反応結果を概略的に(図-6，7)に示す。

(5) 結果の検討

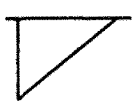

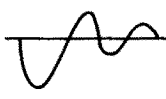

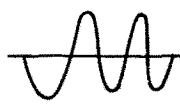
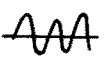
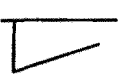

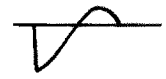

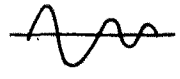

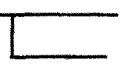

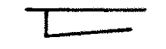



- a) 統計的にいって在庫状態が安定しているのは確実予測へのウェイトが大きい域である。
- b) 確実予測に自信のない時 ($B=(L)$)，推定予測へのウェイトAを大きく(H)した方が良い。〔推定予測に努力を払う〕
- c) 確実予測に自信がある時 ($B=(H)$)，在庫状態へのウェイトCを大きく(H)した方が良い。〔推定予測より在庫状態へ関心を払う〕
- d) パルス・パターンの反応は(第6図)における対角線上のウェイト・パラメータを選定する方が良い。すなわち確実予測への自信度合が強まれば強まるほど推定予測より在庫状態へ注目して発注した方が良い。トレンド・パターンへの反応はパルス・パターンへの反応に対する最適ウェイト・パラメータよりやや在庫状態へ関心を深めたウェイト・パラメータを選ぶ方が良い。

10. ウェイト・パラメータの選定の意義

- a) 過去の払出実績を用いてシミュレーションをおこなうことにより，
 - i) 最適なウェイト・パラメータの選定によって在庫管理方針が決定される。
 - ii) その析の動特性および，需要の種々な変化に対する危険度が把握される。
 - iii) 需要パターンの変化にともなって，ウェイト・パラメータによるその在庫管理方針を変更することができる。

パルス・パターン に対して		トレンド・パターン に対して	
記号	内容	記号	内容
	収斂型 a: 需要変化の影響度合 (在庫量のある度合) b: 需要変化の影響がなくなる期間 (もとの在庫状態へもどる期間) 需要変化の影響が永遠になくならない (もとの状態へもどらない)		a: 振巾の大きさ (需要変化の影響度合を 示す) b: 周期のずれ (需要変化の反応のおくれ を示す)
	振動収斂型 a: 振動の振巾度合 需要変化の影響度合 b: 上記のbと同じ		
	発振型		

第6図 各需要パターンの反応

ウェイト パラメータ	パルス・パターン	トレンド・ パターン	パルス・パターン	トレンド ・パターン	パルス・パターン	トレンド ・パターン
B/A	H		M		L	
L						
M						
H						

H: ウェイト・パラメータの重いもの(大きい)
 M: ウェイト・パラメータの中位
 L: ウェイト・パラメータの軽いもの(小さい)

} を示す

表7図 反応パターンの結果

b) 在庫管理担当者の発注特性が把握できたならば、各資材グループの需要パターンの特性にマッチした担当者の最適な配置および資材グループの分類ができる。またこれらの分析をもとに、担当者の評価、教育、訓練の基準を立てることができる。

11. 最 後 に

ある個別生産工場の資材管理にA, B, C各資材クラスに対して「サーボくずれ方式」を中心とした在庫管理方式が適用されて数年になるが、その目的とする成果もおいおい明らかになってきた。しかし未だ種々の問題点が介在しており、適用を計りながら改良を加えている。

参 考 文 献

1) 32e Session de L' I.I.S.

BULLETIN DE L'INSTITUT INTERNATIONALE DE STATISTIQUE TOMEXXX-
XVIII—3e LIVRAISON

Inventory Control System for the Parts

(by Y. MIZUNO Nippon Electric Company Ltd., Japan)

学 会 事 務 所 の 移 転

このたび学会の事務所を下記に移転いたしましたので御通知いたします。

東京都港区麻布十番2-22 新日東ビル

株式会社 日本構造橋梁研究所内

電 話 (452) 3291-8

