

在庫管理の基礎的考察

阿保 栄司

1. はじめに

いわゆる“科学的在庫管理”に関しては、多くの研究成果がこれまでも得られている。“科学的在庫管理”とは何かというと、Hadley, G. と Whitin, T. M. の有名な著書[1]では次のように説明されている。それは、在庫システムを運営するためのルールを得るために、数学モデルを活用することと一般的に理解されていると。

ここで、在庫システムとは、とり扱う対象物としては、単に商品や資材だけをさすのではなくて、ダムに貯えられた水量とか、山林中の立木とか、その他の資源とか、あるいは装置や設備や機器だとか、貨幣の種別量だとか、場合によっては人間の要員とかまでも含むと考えられている。

また、これまでに使用されてきた数学モデルもきわめて多彩である。いわく、確率的方法、統計的方法、サーボ理論、線形計画法、動的計画法、マルコフ過程、等々多種類のものをあげることができる。そして、これまでも多くの論文、著書が発表されており、ORにおいても、注目される一分野を形成している。

ところが、これらの論文、著書で発表されてきた在庫管理理論が、実際の在庫管理業務にどの程度活用されているかという点になると、筆者は非

常に疑問に思ふ次第なのである。

Arrow, K. J. や Harris, T. や Marschak, J. または Karlin, S. や Scarf, H. それに Dvoretzky, A., Kiefer, J., Woltowitz, J., —このような輝かしい先人達の研究業績にはじまる、多数の研究成果が現実の在庫管理業務になぜあまり活用されないのだろうか。

特にわが国の産業界においては、これらの在庫モデルの価値はほとんど認められていないと言ってもよいのが現状でなかろうか。むしろ、在庫を保有しない在庫システムこそ最善の在庫管理方式であるというような風潮が「水道方式」のようなシステムを提唱したり、あるいは現実の管理業務においても、カンバン方式であるとか、DRP(Distribution Resource Planning)等が実際に管理成果をあげて、経営活動の効率化に貢献していると社会的にも認められているのが実情である。

これらの水道方式やカンバン方式やDRPは、経験則にもとづくものであって、理論的根拠をもっていないと極言する意思是まったくないが、少なくとも Hadley, や Whitin が言っているような数学モデルに頼っているものでないことは確かである。それならば、端的に言って、いわゆる科学的在庫管理よりも、上記の実際の諸方式のほうが、実務の上でより効果的であると認めざるをえない局面に立ち到っているのだろうか、という疑問が生じるのである。

そして、筆者がここで問題としたいことは、な

あほ えいじ 早稲田大学 システム科学研究所

〒160 新宿区大久保3-4-1

1985年11月号

ぜこのような状況になっているのか、その理由は何かについて真剣に考えてみる必要があるのではなからうかということである。そして、そのような反省のなかに、いわゆる、科学的方法と称するものの、あるいはもっと狭く限定するならば、ORが現実の経営活動や社会現象の問題解決において示す限界への反省が含まれるのかもしれないと思うのである。

ともかく、筆者は科学的在庫管理と称するものが、現実の在庫管理業務に立ち向った時に露呈するいくつかの問題点を以下に述べて、科学的在庫管理の根底に潜む問題の一面を明らかにしたい。

2. 数学的方法への偏向と現実の無理解

Hadley と Whitin は先に引用した著書 [1] の序文で、次のような意味のことを言っている。

在庫モデルの開発においては、元来は実際の応用を意図したものであった。そして、そのことは現在も真実なのだが、在庫モデルの開発が、より広範に、そしてより完全さをめざして進むにつれて、数学的な理論問題に興味をもつ研究者がかなり多くなった。これらの研究者にとって、実際的な応用は主要な目的でなくなっている。たとえ彼らの理論的な研究が将来において、實際上役立つ可能性があるとしても。

すなわち科学的在庫管理の研究の多くの部分が実際的な応用を直接的には意図していないことを指摘していると見ることができる。DPやマルコフ過程等の理論の研究はそれ自身大きな価値をもつものであることは当然である。またそれらの基礎理論が現実問題の解決において大きな潜在性をもっていたことも歴史が示すとおりである。

しかし、これらの基礎理論を現実問題の解決へ適用する際には、現実問題の正しい把握と理解がきわめて重要だと思うのである。

なぜこのようなことを言うかという理由を理解していただくために、次のような、きわめて簡単な在庫モデルの例を読んでいただきたい。

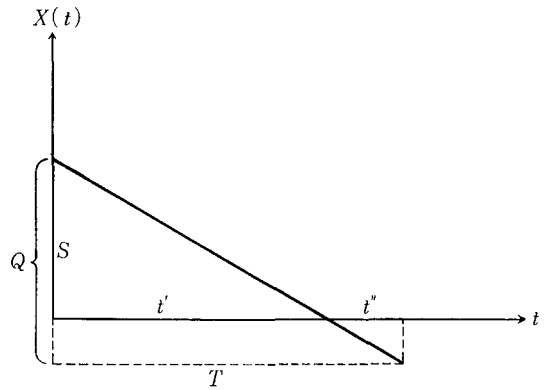


図 1

いま図1のような在庫モデルを考える。このモデルにおいては年間の需要量 R は既知で、しかも同一速度で需要が発生するものとする。ここで毎回 Q だけ発注する政策を採ると、発注サイクルは T となるものとする。また Q が入荷したとき、すでに品切状態になっていて、手持在庫は S になり品切量 $(Q-S)$ は直ちに納入するものとする。

そうすると、 t' 期間に対しては $S/2$ に対応する保管費用が発生し、 t'' 期間に対しては $(Q-S)/2$ に対応する品切費用が発生する。かつ、 T 期間ごとに発注費が発生する。後述するように保管率を I 、商品の単価 C 、品切費を π 、発注量を A と書くことにする。そこで、年間の総在庫関連費用 E は次のようになる。

$$E = \frac{1}{T} \left(A + IC \frac{S}{2} t' + \pi \frac{Q-S}{2} t'' \right)$$

そして

$$t' = \frac{S}{R}$$

$$t'' = T - \frac{S}{R} = \frac{TR - S}{R}$$

$$Q = RT$$

であるので、

$$E(S, T) = \frac{A}{T} + \frac{ICS^2}{2RT} + \frac{\pi(RT - S)^2}{2RT}$$

$E(S, T)$ を最小ならしめる T と S を求めると、

$$\hat{T} = \sqrt{\frac{2A}{RIC}} \sqrt{\frac{IC + \pi}{\pi}}$$

$$\hat{S} = \sqrt{\frac{2RA}{IC}} \sqrt{\frac{\pi}{IC + \pi}}$$

このモデルは在庫管理のテキストの最初に出てくるきわめて初歩的なもので、あえて数学的方法等と称する必要もないものだが、このモデル構成には大きな誤りを犯していることを指摘したいと思うのである。

というのは、需要が確定的既知である時、故意に $(Q-\hat{S})$ の量だけ品切れを発生せしめる者はいらぬだろうかという点である。将来の需要量が既知であるならば、それに見合う量をきっちり仕入れて品切れも過剰在庫も発生しないようにするのが常識というものである。それが、 $(Q-\hat{S})$ だけ故意的に品切れを発生させるというのは $\sqrt{\pi/(IC+\pi)}$ の数値により、品切れを発生させたほうがより経済的なのだという考え方によるものである。

筆者は、この考え方は π に対する評価に対して現実的な理解が欠けていると思うのである。需要が不確定であるならば、品切れを 0 にするためには安全在庫を過大に抱えなければならないので、ある程度の品切れの発生は在庫関連費用にも経済的である。しかし需要が確定的に既知であるのに品切れを発生させる馬鹿はいないと思うのである。すなわち、 π の値は需要の変動性が小さくなるにつれて急激に大きくなるものと推定される。したがって、確定需要に対しては $\sqrt{\pi/(IC+\pi)}$ は 1 であることは明らかなのであって、このようなモデルを考えること自体がナンセンスといっても差し支えないのではないか。

以上あげた例はきわめてシンプルなものであって、数学的方法への偏向云々を言う例としてはおこがましいが、数学的方法の興味に惹かれるあまり、現実的に無意味なことをやってはならないという例にはなるのではなからうか。

3. 在庫関連費用の問題

3.1 Hadley と Whitin の定義

第 2 の問題はコスト・パラメタである。

筆者は、この稿でたびたび Hadley と Whitin の著書を引用した。それは、この本は数学的方法

の正確性もさることながら、在庫モデルに使用されるコスト・パラメタについても、類書のうちで最も明確な概念を示していることを高く評価しているためである。

彼らは在庫関連費用 (Inventory Relevant Costs) について、次のように説明している [1]。

在庫システムの運営方式 (operating doctrine) を評価するためのコストが在庫関連費用であってこれには運営方式に対して変動的な費用のみを含めるべきであり、運営方式に対して固定的な費用は含めるべきでないと主張する。そして、これには 5 種類のコストが存在するとする。

- ① 在庫品目を購買する際に発生する費用
- ② 品目を在庫として維持するための費用
- ③ 顧客の注文を充足するための費用
- ④ システムが品切れ状態になったときに発生する需要に付随する費用
- ⑤ データ収集と在庫システムの管理業務を遂行するための費用

これらの要素費用を彼らの著書のなかで使用されている記号で表わすと以下のごとくである。

- ①には商品の単価 C と、発注費 A が含まれる。
- ②はいわゆる在庫維持費で、在庫維持費率 I と単価 C とを乗じたものである。
- ③は、顧客の注文品目を、倉庫内でオーダー・ピッキングしたり、荷揃えをするための費用であるが、この定義にとり上げられているだけで、本文中の在庫モデルのなかには表われてこない。
- ④は品切費で、 π で表わす。

⑤は、筆者は在庫調査費と呼んでいるものであるが、彼らの著書では J と表わしている。

3.2 在庫関連費用のシステムの考察

Hadley と Whitin の定義にはやや不満な点がある。在庫システムとして把握した場合、システムの考察に欠けているように思うのである。

在庫システムには当然インプットとアウトプットがあるはずである。そしてインプットの消費量とアウトプットの達成度から、その在庫システム

の効率が評価されるだろう。

インプットは何かというと、それは在庫システムを運営するのに要する資源であり、アウトプットは在庫システムに要請されている諸機能である。発注費 A も、在庫維持費 IC も、在庫調査費 J もインプット量のコスト的表現である。アウトプットとして考慮すべき在庫の諸機能には以下のものが考えられる。

①展示機能

商品を店頭で在庫し、展示して置くことは、顧客の購買意欲に働きかけ、かつ顧客が商品を吟味する機会を提供しているのである。

②需給適合機能

在庫の保有量が少ないか、まったくないと、顧客から注文がきたときに、品切れになる。したがって適正の在庫量を保有して、この品切れを防止する。

③製造工程の平準化・計画化

もし商品在庫をまったくもたないか不十分であるなら、需要の変動はそのまま製造工程を変動せしめることになる。したがって適正な在庫を保有することにより、操業水準の平準化、計画化により、製造原価を低下せしめようというのである。

④経済的発注機能

これが経済発注量を生み出した考え方で、合理的なロット量で発注することによりある程度の在庫量を保有する代りに発注費用を経済的ならしめることをいうのは、あまりにも有名なことである。

⑤輸送の合理化機能

たとえば、流通過程に存在する流通センターに在庫を保有することにより、工場からその流通センターまでは大型トラックでロット輸送し、その流通センターから小売店までは小型トラックで、注文量を配送する。一般に、輸送賃率のほうが配送賃率よりも安いので、流通センターに在庫を保有することにより、輸送費用に配送費用を加えた総輸送費用を合理化せしめることができる。

以上が一般に言われている在庫の機能である。

ここで一言つけ加えるならば、無在庫方式がよいのか否かは、一般的に言うならば、在庫がその系において、機能を果しているか否かにかかっているのだと思う。もし、在庫が何らの機能も果していないのであれば、その在庫を保有する必要はないし、何らかの機能を果しているのであれば、合理的な在庫の保有量、すなわち合理的な在庫の管理法が問題となるのである。

再び、在庫関連費用の問題にもどると、このアウトプットたる在庫の機能の達成度を評価関数のなかに加えるためには、次のような手順を踏めばよい。今、目標とする機能の達成水準が考えられるとして、採用しようとしている在庫管理方式がこの目標達成水準を下回ったために、蒙る損失を機会費用としてとらえるのである。

前記のインプット量のコスト表現と、目標達成水準の非達成による機会費用を加えたものが在庫関連費用となる。そうすると、この考え方による在庫関連費用と Hadley と Whitin のそれとを比較してみると、インプット量のコスト表現は大体同じである。アウトプットについては、①②③は品切費 π の一部と考えることができる。④の非達成は発注費 A が増加すると考えればよい。⑤は Hadley と Whitin はまったく考慮に入れていない。したがって彼らの著書中の在庫モデルにはまったく出てこない。最近この点を指摘する人々が出てきた。有名な経済発注量の公式

$$EOQ = \sqrt{\frac{2RA}{IC}}$$

(ここに R は年間の需要量)

において、発注費 A は、POS (Point Of Sale, 販売時点情報管理システム) やオンライン方式が普及するにつれて、その額は相当安価なものになってきたと思われる。また、これを段取費と考える製造工程の場合においても、最近では段取換えの技術が非常に進歩し、段取時間も短縮され、段取費も非常に低下してきた。したがって、 EOQ の値は小さいものになるわけだが、そういう計算以前

に、 A というもののもつ比重よりも輸送費の比重の方が大きくなって、輸送費を考慮に入れた EOQ を考えるべきだと主張する向きもあるのである。

3.3 在庫関連費用の測定の困難性

在庫関連費用による在庫管理システムはまったく経済的合理性にもとづいたものである。また、在庫関連費用の諸要素費用も概念的にはよく理解できる。しかし、これを実際の企業経営の場において測定しようとするると多くの困難がともなう。

在庫関連費用の実際的な測定に関して論じた論文もいくつかある[2][3][4][5][6]。しかし、困難性を払拭してくれるものではない。

まず発注費 A であるが、ある特定商品を1回発注することによる変動費を知らねばならぬ。そしてこれに関連する部門は意外に多いと言われる。資材であれば、必要とする現場部門、それを発注する購買部門、また納入されてくる資材を検査する部門、受入れと運搬作業をする倉庫部門、入庫情報処理をする情報処理部門、買掛金を支払う計理部門。これらの部門のなかで、発注回数に対して変動的にコストを発生する場合は、いずれも発注費の対象となる。

アメリカにおいては、発注伝票枚数に対して変動的なヘッダー・コスト、発注伝票内の構成行数に変動的なラインコストの2種類に発注費を分類する例もある。わが国においては、このヘッダー、ラインを使用している企業はほとんどない。

かように、発注費の分析・測定もなかなか面倒であり、特に POS とかオンラインとか用いられた場合の発注費はどのようになるかについての調査例などは筆者は知らない。

次に、保管費にも厄介な面がある。その一部である倉庫管理費も在庫量に対して変動的な費用のみを考えるのが原則である。したがって、わが国においては人件費はほとんど固定的であるから、単に時間外賃金のみを考えればよいのか、あるいは長期的に考えれば、平均的な人件費を算入してもよいのか、問題がある。

また、この倉庫管理費のなかに、固定資産税や減価償却費を含めるべきでないとするのは変動費の考え方からすると当然だが、異なった在庫管理システムを採用することにより、新たにストック・ポイントを増設することになり、倉庫を増設すべきか否かを判定するとしたら、この固定資産税、減価償却費も算入したほうがよいのかもしれない。

保管費のなかで重要な構成部分を占める資金コストは、拘束資金の機会費用として把えるのが正しいとされているので、多分に経営者の経営政策が反映すると考えられる。

ついで、在庫調査費 J については、ほとんどその調査事例がない。情報処理・情報伝達の手段が急速に発達するのに反して、これらのコスト分析について発表された事例はほとんどない。

最も算定が困難なのは品切費 π である。 π にももちろん現金支出費と機会費用が含まれる。問題なのは品切れをおこしたことによる顧客の信用低下にもとづく機会費用である。品切れをおこした場合、それにより将来の売上げにどのくらい影響をおよぼすかは、その商品のブランド力やその商店の立地の相違、他企業との競合状態や、商品の種類等によって大きく異なるものと考えられる。

品切れ状態に対して購買者はどのような反応を示すかについての消費者の行動調査等の研究例もあるが、いずれにしても、この機会費用の客観的な算定方法はほとんど困難といっても過言ではあるまい。

4. 在庫システムの多階層化と複雑化

4.1 多階層在庫システム

現実の在庫システムは、たとえば、工場倉庫—流通センター—問屋—小売店というように、構造として単一在庫点システムというよりも、多階層在庫システム (multi-echelon inventory system) を構成するのが通常である。

たびたび引用してきた Hadley と Whitin もその著書 [1] の序文のなかで、次のような意味

のことをいっている。

この著者は、対象を単一在庫点と単一供給源問題に限定している。そのわけは、多階層在庫システムのような複雑なシステムにおいては、最適政策を決定することははなはだ困難であるからである。そして、これらの複雑なシステムにおいては、変動するインプットに対して、費用を最小化するというよりも、そのシステムが示す動態的応答と安定性とに興味をもっている。

しかし、その後多階層在庫システム問題は大いに研究されている[7][8]。これらについては本特集でも円川氏が筆を執られることとなっているので、これ以上述べないが、これからの問題として注目する必要がある。

Hadley と Whitin が言うように、多階層在庫モデルは複雑で、いまだ実用化の域に達していない。しかしながら、これからの研究成果が、DRP等と結合することによって、実用的で有効な管理システムを開発することができないものかというのが筆者の夢である。

4.2 物流システムへの統合

すでによく知られているように、在庫システムは物流システムの1サブ・システムである。

物流は、包装・輸送・保管・荷役・情報・流通加工のサブ・システムを統合するトータル・システムであると言われる。

そして、これらの6サブ・システム間には、機能的にもコスト的にもトレード・オフの関係が成立している。

したがって、今日では在庫管理システムだけの最適化は考えられないのである。輸送と在庫管理とのあいだのトレード・オフについてはすでに触れた。また、発注ロットとパレチゼーションやコンテナリゼーション等のユニット・ロード・システムのユニットとのあいだの関係も考慮に入れなくてはいけないのかもしれない。とすると、在庫管理と荷役や包装とのあいだのトレード・オフも問題になるだろう。在庫調査や発注が情報システ

ムと関係があるのは当然のことである。また、流通加工が行なわれるのは在庫点においてである。とすると、流通加工と在庫点の配置にも関連がでてくる。

このように、在庫管理と他のサブ・システムの関連を考えて、終局的には物流システムとしての最適化を考えなくてはならぬはずである。

だが、われわれはまだ、そのような統合システムの最適化理論はもち合せていない。もっとも一部には、このような社会システムにおいては、最適化をめざすことは不可能なことであって、われわれが知りうるのは、政策の変更に対応するシステムの Behavior なのだという向きもある。これは社会科学の基本問題にも触れることなので、この辺で筆を措きたい。

引用文献

- [1] Hadley, G and Whitin, T. M. : Analysis of Inventory Systems. Prentice-Hall, Inc., 1963
- [2] 阿保栄司：在庫関連費用論，早稲田大学生産研究所報第12号，1964
- [3] 阿保栄司，続在庫関連費用論，早稲田大学生産研究所報，第17号，1967
- [4] 阿保栄司，在庫関連費用論その3，早稲田大学生産研究所紀要，第1号，1970
- [5] 阿保栄司，在庫関連費用論その4，早稲田大学生産研究所紀要，第2号，1971
- [6] 阿保栄司，在庫関連費用論その5，早稲田大学システム，科学研究所紀要，第11号，1980
- [7] U. S. Karmarkar, Multilocation Distribution Systems, (Technical Report No. 117, Operations Research Center, Massachusetts Institute of Technology, 1975) の論文末に95の論文のリストがある。
- [8] L. B. Schwarz, Multi-Level Production/Inventory Control Systems: Theory and Practice, North-Holland, 1981, の巻末に256の論文のリストがある。