

在庫管理と「単品管理」

船 木 洋 一

１．はじめに

市場の変化が速くなるのにもとない、商品の劣化のスピードも速くなり、その結果、在庫管理や在庫調整等が、今まで以上に重要になってきている。またマーケティングではロジステックス (logistics) という名のもとに、製品の在庫管理や配送を個別にではなく、より広い物流管理全体のなかで考えるようになってきている。そのなかで、小売業では、「単品管理」や「死に筋商品・売れ筋商品」などの言葉をキーワードとした商品の管理が行われている。激しい競争の中で、商品の配送を含めた在庫の管理や調整のための、さらには「死に筋商品」や「売れ筋商品」などを見つけるための、情報の収集、蓄積、利用が小売業を情報産業へと発展させているように思われる。

マーケティングは、売り手の都合により買い手を刺激し、目標を達成しようとする販売とは異なり、市場を満足させるような製品の販売と方法を計画し実行する。そのために、市場の情報を収集、蓄積、利用する。情報の収集、蓄積、利用の仕方は、対象の捉え方、すなわち対象に関するモデルに依存する。マーケティングの一つの方法である「単品管理」にもそのような意味でモデルが存在し、本稿では、それを在庫管理の視点から考察しよう。

在庫管理は、古くからマーケティングと共にオペレーションズリサーチ (OR) でも研究対象とされてきている。しかし、ORの在庫管理から「単品管理」、「死に筋商品・売れ筋商品」の考え方は出てこない。ORの在庫モデルでは、数学的な解が得られるようにモデルの構成要素に様々な仮定がなされ、それら仮定の下でその解を得ることが目的になっている。一方、「単品管理」では、ORの在庫モデルの仮定で固定されたものの変化が前提で、その変化への素早い対応が目的になっているためである。

- (1) ORの在庫管理の手法そのものは、商品の在庫管理のみに応用されるのではなく、より広い問題にも応用されるときも、これまで仮定として与えられ詳しく触れなかったところを、「単品管理」につながるように考えることは、ORの在庫モデルの理解を深めると思われる。
- (2) また「単品管理」を数式モデルで表すことができると、コンピュータシミュレーションによって様々な実験を試みることができるようになる。

以上の理由から、本稿では、解析解が得られなくても、小売店の「単品管理」を表現できるように、その構成要素の変化を許容する「在庫モデル」を考えよう。そのような作業を通して、小売業マーケティングの中心的役割を果たしている「単品管理」をORの在庫モデルの枠組みで、考えよう。

2. 在庫管理とORの在庫モデル

2.1 在庫管理

在庫は需要を満足させることを見込んで持つ商品の保管である。小売業では、商売に当たって、在庫は、発注時における固定費の存在や商品需要の不確定性から持つと有利な商品の一時的蓄積である。この保管にあたって、保管費用が発生し、また品質低下や、陳腐化のためにも何らかの費用が発生しており、それらを総合して在庫費用とよぶ。『在庫費用が掛かるため、商品の在庫はできるだけ少ない方がいい。一方、あまりに在庫が少ないと品切れを起こし、当然商品があれば得たであろう利益を失うという機会損失の問題や、お客の需要を満足させることができなかったことから生じる、店の信頼低下などの、長期的な損失を被るという問題が起こる。それでは適切な在庫量はいくらしたらよいか。』これが在庫管理の問題である。品切れのために需要を満たすことができなかったことによる諸々の損失を、総合して、ペナルティコスト (penalty cost) とよぶ。

「単品管理」は、それについては後(3.1節)で述べるが、このような通常の在庫管理にとどまるものではなく、また重点の置き所も違っている。しかし、本稿では「単品管理」を在庫管理の視点から考えよう。

2.2 単純な在庫モデル

在庫管理の外観をつかむため、単純なORの在庫モデルを述べておこう。

単一商品 x だけを扱う。与えられた商品の単位時間あたりの需要が一定 M で、定期的に一定量 Q 個、を仕入れる。発注時に発注量と関係なく固定費 K が掛かる。個数に比例する部分の一個あたりの発注費は c である。発注された商品はすぐに届く¹。一個の単位時間あたりの在庫費用は一定で h である。バックログ (back log) もなく、ペナルティコストもなしとする²。

この場合がもっとも単純なモデルである。ここでの在庫管理の方法は、定期的に、在庫が0になったら Q だけ発注するというものである。問題は『仕入れ時の最適な発注量 Q を求める』ことである。この問題では最適な発注量が求まれば、モデルの性質から最適な発注間隔も求まる。このモデルで在庫を持つ動機は、発注時に固定費がかかることで、固定費がなければ在庫を持つ必要がない³。一度に数多く発注することにより、1個あたりの経費を安くできることが在庫を持つ理由である。記号の単位を整理しておこう。

M [個/時間], K [円], c [円/個], h [円/(時間・個)]

である。単位時間あたりの平均費用は

$$\frac{KM}{Q} + cM + \frac{hQ}{2} \quad [\text{円/時間}]$$

となり、これを最小にする Q を求めると、解は

$$Q = \sqrt{\frac{2KM}{h}} \quad [\text{個}]$$

となる。この最適発注量 Q は、経済発注量 (economic order quantity, EOQ) あるいは Wilson の口

ットサイズ (Wilson lot size) と呼ばれている。式はロットサイズの公式 (lot-size formula) と呼ばれることもある。このきわめて単純なモデルからの解は、マーケティングの教科書にも現れる(例えば Kotler[15], p602)。現実からかなり離れた仮定のもとで導かれたこの解の式は、より条件のゆるい、いろいろなモデルの解の中にも登場することが知られている⁴(Scarf [15])。

モデルの結果から

この公式から得られた発注量と他の要素の関係は、常識的なものである。機械的な発注はマーケティング活動からは遠いところにあるが、各要素の関係は参考になると思われる。その式の意味を確認しておこう。

- (1) 発注時の固定費 K がゼロならば最適発注量 Q はゼロである。つまり在庫を持つ意味がない。
- (2) 発注時の固定費が小さいほど一回の最適発注量は少なくなる。固定費をできるだけ小さくできれば、総在庫費用も小さくできる。このモデルでは、発注から次の発注までの間の在庫費用は発注量に比例する。発注時の固定費を $1/4$ にできれば総在庫費用を半分にできる。ただし、発注回数は2倍に増える。すべてでこのモデルが成立するとして、物流システム全体で考えると、商品配送段階で何らかの工夫により、固定費を2割減らすことができると、ほぼ1割総在庫費用を減らすことができる。
- (3) 在庫費用が大きいほど、最適発注量は少なくなる。市場の変化が速くなるのにもとない商品の劣化のスピードが速くなり、その結果在庫費用が高くなる傾向がある。小売業において、発注時の固定費を低くする工夫と共に、一回の発注量を減らし、発注回数を増やす、多頻度・小口配送、傾向にあるのは、市場の変化に適應した結果と考えられる。

需要の確率分布

特別な場合をのぞいて、商品の需要は一定ではない。上の単純なモデルでは需要が一定で、在庫を持つ動機は、発注時の固定費の存在であったが、需要が不確定である場合には、需要が不確定であることも在庫を持つ動機である。商品不足時の機会損失などを考えるからである⁵。需要が不確定のモデルでは、需要がある確率分布に従った変動をすると仮定される。需要の分布が独立で一定の同一分布に従うと仮定されることが多い。需要が一定でなく確率分布に従って変動する場合の最適な発注政策は (s, S) 政策⁶ となることが知られている (Veinott [18])。

2.3 ORの在庫モデルとその前提

前節は、ORの在庫管理のよく知られた結果である。機械的な発注方法の数式を求めること、最適政策と呼ばれる発注方法の関数的な特徴を求めること、これらがOR在庫モデルの主な目的になっていることが多い⁷。

ORの在庫モデルには要素がある。要素の取り出し方やそれに応じた仮定のまとめ方は様々であるが、本稿では表1の形にまとめた。そこでは、

- (1) 扱う商品が考察期間にわたり固定されている、
- (2) 需要に関する仮定以外は、関数型その他、一度採用されるとその考察期間にわたり一定と仮

定されている。

(1)と(2)は大前提で、さらに計算のため、在庫費用とペナルティコストは同種の関数型が採用されるのが普通である。

{ 商品、需要、リードタイム、バックログ、在庫費用、ペナルティコスト、発注費用 }

の一組の仮定に対して一つの在庫モデルが対応する。この7つの要素からなる組を、在庫モデルの枠組みと呼ぶことにしよう。

表1 ORの在庫モデルとその前提

{ 商品 }	考察期間を通して同一である。
	単一商品を扱う。 複数商品を扱う。
{ 需要 }	日々の需要が確定的でわかっている。 (+) 日々の需要が確定的で考察期間一定で変化しない
	日々の需要が不確定であるが、分布関数という形でわかっている。その需要関数は日々独立している。 (+) 需要が不確定であるが、分布関数という形でわかっていて、さらに考察期間同じ分布関数であり、その需要関数は日々独立している。このとき需要量 x は確率度数関数 $d(x)$ あるいは確率密度関数 $f(x)$ で与えられる。
	品切れにより影響される需要分布。
{ リードタイム }	考察期間を通して同一である。
	発注から商品が到着するまでのリードタイムがない場合 ある場合 (a) リードタイムが確定で一定である。 (b) 不確定であるが確率分布関数で与えられる。
{ バックログ }	考察期間を通して同一である。
	満たされなかった需要がバックログ（たとえば注文という形で保持される）されない される
{ 在庫費用 }	考察期間を通して同一である。
	日々一定である。 (a) 通常線形関数が当てはめられる。在庫量を x とすると、ある定数 h を用いて在庫費用関数は $H(x) = hx$ で与えられる。 (b) その他凸関数（特別の場合2次関数）、非凸関数など。
{ ペナルティコスト }	考察期間を通して同一である。
	日々一定である。 (a) 通常線形関数が当てはめられる。需要が満足されなかった量を x とすると、ある定数 c を用いてペナルティコスト関数は $C(x) = cx$ で与えられる。 (b) その他凸関数（特別の場合2次関数）、非凸関数など。
{ 発注費用 }	考察期間を通して同一である。
	発注時における固定費 K がある。 発注の最小単位がロットである。
	個数である。 (a) 通常アフィン関数が当てはめられる。発注量を x とすると、ある定数 c を用いて発注費は関数 $O(x) = cx + K$ で与えられる。 (b) その他凸関数、凹関数、区分的線形凹関数など。

在庫費用とペナルティコストは同種の関数型が仮定される。

3. 「単品管理」と「単品管理」の「在庫モデル」

3.1 「単品管理」

本稿での「単品管理」という言葉で指し示すことを明らかにしておこう。本稿では以下に説明する意味で「単品管理」という言葉を使用することにする。(国友 [6]、第4章)

商品のコンセプトを明確にする。その商品のどの特性が、商品として価値ありとさせているか、売れる要素となっているかを見極める。売れる商品を扱い、売れない商品は排除する。この一連の過程を「単品管理」と呼ぶ。

以下具体的に述べよう。

商品の管理単位を、必要な細かさまで区分けして、その区分けされた単位で管理する。商品は、色、素材、大きさのちがいなどによって売れ行きは違うので、その違いで異なる商品と考え、管理し、データを収集する。

その上で、例えばABC分析等で、商品の絞り込みを行なう。「売れ筋商品」を残し、「死に筋商品」をカットする。ただし、少量であるがコンスタントに売れている商品、店の特色に係わる商品はカットしない。長期的観点から店のロイヤリティ(store loyalty)を大事にする。そのような過程を継続していく。この過程が「単品管理」である。したがってここでの「単品管理」は通常の単品管理(unit control)とは違う。

データ収集上、さらに需要面から、お客を必要な範囲で細分する。たとえば、販売時間、男女、年齢、住んでいる地域などの違いによって。これは、後で述べる商品の需要関数を、消費者の分割によって違うものとして扱う、とも考えられる。またこれは視点を変えれば、消費者の違いによっても、さらに商品を細分して扱う、とも考えられる。他の情報と共に、このような細かな情報を元に積極的に新商品の開発導入を行う。これらの点は3.2節の需要の分布のところで詳しく説明する。ここまでは『「単品管理」の考え方』に含める。

3.2 「単品管理」の「在庫モデル」

「単品管理」を在庫モデルの枠組みで考えてみよう。在庫モデルで、複数の商品を対象とする場合であっても、すべての要素が、各商品ごとに独立であるならば、単一の商品を対象とするモデルの組と考えることができる。したがって、需要分布等に相関があるような場合にのみ、本来の複数の商品を対象とするモデルになる。実際に、消費行動のクロス集計等から、商品購入時の相関が観察される商品もあると思われるので、本稿を元に予定している「単品管理」のシミュレーションでは、多数の商品を扱い、いくつかの商品の需要に相関も想定する。しかし、基本は単一商品のモデルである。また、そのシミュレーションでは、各商品についてバックログはなく、リードタイムは、考察期間、固定せず変動し、さらにそれを短縮する誘因があるモデルを考える。変動は確率分布で表現されるが、当然その分布も変化する。

この節では以降、発注費、ペナルティコスト、需要、在庫費用を取り上げよう。

ORの在庫モデルでは

- (1) 定常性の仮定、考察期間にわたって変化しない
- (2) まだ見ぬ商品は対象外

の2点が大前提になっていた。その上で、これら4要素に関数を当てはめていた。しかし小売業のマーケティングはそこを問題とする。定常性は仮定しない。さらに管理対象商品の入れ替わりを認める。むしろ定常ではなく、管理対象商品の入れ替わりを見つけるために「単品管理」があると思われる。もとより「単品管理」は単純な在庫管理ではないが、これら前提を取り除き、「単品管理」を在庫モデルの枠組みで考えよう。

発注費

関数型は変化に応じて、適宜選び、定常ではない。2.2の単純な「モデルの結果から」で述べた、変数間の関係を考慮した、経費削減の努力はなされるが、発注費単独ではなく、長期的総合的観点からなされなければならない。たとえば、突然の天候異変等で需要が多数見込まれ、店のロイヤリティーとの関連で、長期的総合的観点から、発注費が高つく決定もあるであろう。発注は商品配送等との関連が強い要素で、その方法が影響する。しかし、「単品管理」による「死に筋商品・売れ筋商品」の見極めも発注費の削減に寄与する⁹。

ペナルティコスト

他店では、お客のニーズにあった商品を開発、販売しているかもしれない。それ故、同一商品を扱う限りは、ペナルティコストの絶えざる増加を考慮しなければならない。また、天気、周辺の行事等で今日特別の商品需要が見込まれるかもしれない。突如として入ってくる商品のペナルティコストをも考慮しなければならない。関数型よりも変化対応が大事である。客の欲している商品が店にない、扱われていない、では店のロイヤリティーにも関わる。この点からも、消費者ニーズの的確な把握のための情報収集が大事になってきている。

ペナルティーコストの見積もりは、短期の損得だけではなく経営ポリシーをも明確にし、それに適合したものでなければならない。例えば、1個あたりのコストは、 R をその商品1個あたりの利益、さらに < 1 として

$$\pi = R + \beta R + \beta^2 R + \cdots + \beta^n R + \cdots = \frac{R}{1 - \beta}$$

で見積もることも考えられる。これは現在の逸失利益は将来も続き、そのお客は帰ってこない、と想定した1個あたりのコストの例である。 $R = 100$ 円、 $\beta = 0.9$ とすると π は1000円になる。ペナルティコストの見積もりは難しい。そのため、何通りかの数値を用意してシミュレーションをし結果を比較することになる。

「単品管理」による拡張

ここで『「単品管理」の考え方』を考慮するため、品切れ時の機会損失の拡張が必要である。広義の機会損失とは、客が欲している（まだない）新商品を置いてないことによる損失の発生も含むものである。この損失を少なくするためには、今までにない商品で、開発すれば、売れるかもしれない商品を常に考慮する必要がある。ここでの新商品は、「一人分の冷や奴セット」でもよいし、「冷凍生地をお店のより近くで焼き上げたパン」でもよい。「単品管理」での商品の違いである。消費者ニーズを的確に把握し、さらに未知の商品の需要を把握しなければならない。

機会損失を発生させる商品分類はつぎのようになる。

- (1) 毎回目切れを起こしている商品。
- (2) 消費者が欲するだろう、まだ店に置いたことのない、すでに世にある商品。

商品 Y。常に欠品。

- (3) 消費者が欲するだろう、まだ世に出ていない商品。

商品 Z。常に欠品。

(1)は通常の在庫管理でフォローできる。しかし補充発注だけではマーケティング活動とはいえない。需要が伸びているのかもしれない。その場合には多めに発注しなければならない。(2)と(3)は、いままでの在庫管理では対象とされない商品である。これら消費者の欲求の把握は容易ではないが、潜在的あるいは顕在化した消費者の欲求の把握、そしてその欲求を満足させる商品の開発はマーケティング活動の重要な一部である。

これらを考慮するために、新商品を投入しない限り付加される、あるいは、時間経過とともに増大するペナルティコスト関数を導入できる。たとえば、一つのペナルティ関数の例として

$$\Pi(x|t) = \pi x + w(t)t$$

が考えられる。これは、線形ペナルティコスト関数 $\Pi(x) = \pi x$ で、時間(あるいは日にち) t の $w(t)$ 倍、 $w(t)$ は 1 より小さい数であるかも知れない、の形でペナルティコストの増加を考慮したものである。ペナルティコスト関数が時間の条件付き関数として表されている。商品が N 個の場合、

$$\Pi(x_1, x_2, \dots, x_N|t) = \sum_{i=1}^N \{\pi_i x_i + w_i(t) \cdot t\}$$

で表されたとしよう、 $w_i(t)$ はウエイトで、もしすべての i に対して

$$w_i(t) = \frac{k_i}{t}$$

であるとする、毎期、あるいは観察時間ごとに欠品が生じなくてもペナルティコストが

$$\sum_{i=1}^N k_i$$

だけ発生する。この場合、ペナルティコストにも固定費があることになる。

これまでのORの在庫管理、機械的発注等では、売れないものはいつまでも残り、無いものはなかなか補充されない¹⁰。現在扱っている、商品 X1, X2, X3, ... の発注数だけを考え、まだ扱ったことのない、売れるかもしれない商品、Y1, Y2, Y3, ... の発注も、まだ世に出ていない、売れるかもしれない商品、Z1, Z2, Z3, ... の開発もない。突然の変動にも対応できない。

ペナルティコストの過小評価と縮小均衡

ペナルティコストの増加に気づかず、それを過小評価することからくる縮小均衡に注意しなければならない。ペナルティコストを無視、あるいは過小評価し続けると、結果として縮小均衡になる。たとえば列車の車内販売の弁当で売れ残りがないように用意すると、縮小均衡になる。客が「売り切れてありません。」にたびたび遭遇するとホームで購入してから乗り込むか、食事を済ませてから乗り込むようになり、売り上げ数の平均値が下がり、それに合わせてさらにすくなく用意すると、... と縮小均衡におちいる。

需要の分布

前節の縮小均衡の例は仕入れ量の変更によって、長期には需要が変化することを示している。過去に新聞100部を仕入れ販売してきたときのデータは、これから100部を仕入れる時の需要予測の参考にはできても、200部仕入れるときの需要予測の参考に正確にはできない。現在の手持ちの需要分布は、過去の条件下での需要分布である。他の条件が変わらなくても、仕入れが100部の時の需要分布 $d(x|H,100)$ と、仕入れが200部の時の需要分布 $d(x|H,200)$ とは、需要分布が仕入部数に対して頑健でない限り、違う。需要の分布を条件付き分布で表し、それを考慮するようにしよう。

商品の需要分布は、季節、曜日、時間帯、天気によっても違っだろう。いまこれ以上条件はないとしよう。仮に、2時間ごとのデータがあり、天気が3通り、季節4通り、曜日7通りとして、

$$4 \times 7 \times 12 \times 3 = 1008$$

通りの条件がある、すなわち1008通りの需要分布が一つの商品に対してある。さらに本来はこれらも時間（年）と共に変化する。これが時間と共に変化しないとして、また準備をする直前の時間が前日であるとして、明日の天気予報などから、明日の需要分布は時間順に

$$d(x|H_1), d(x|H_2), \dots, d(x|H_{12})$$

であると1008通りの中から選択し、商品を準備することになる。

シミュレーションでは、乱数で発生させる異常時以外は、正規分布やポアソン分布などの分布型を仮定することになる。もちろん定常ではなく、絶えず変化を考慮する。商品によっては単に度数分布の形で与える。

需要分布の推定

商品の価格や仕入れ量は需要に影響を与えるパラメータであり、これらは簡単にコントロールできる変量なので、その影響を容易に実験してみることができる。しかし、それによって安定した需要分布の推定を得ることは、他の条件が変化してしまい、それほど容易ではない。逆に、需要は他の条件の変化と共に変化するもので、長期的に安定した需要分布はない、との認識に立ち、推定の早さを重視する。

「単品」の在庫の動きと、その他情報から¹¹需要を推定し

- (1) 過去の上限にとらわれない。売れると思う「単品」は今までより多く仕入れる。
- (2) 過去の実績にとらわれない。売れないと思う「単品」は縮小する。

変化する条件も考慮に入れて需要分布を推定する方法として、商品投入のとき初めに分布を与え、以後ベイズの公式（例えば Robert [16], 8p 参照）で新たな分布を得ていく方法がある。シミュレーションではこの方法を用いる。

例えば需要の分布が一つのパラメータ（ベクトルでもよい）で完全に記述できる場合（ポアソン分布はその一つの例で、平均 θ_k がわかれば完全に記述できる）パラメータ θ_k の事前分布を $v(\theta_k)$ として、すべての k に対して

$$v(\theta_k|y) = \frac{d(y|\theta_k, H)v(\theta_k)}{\sum_j d(y|\theta_j, H)v(\theta_j)}$$

とベイズの公式で事後分布を求め（これで、現在どの条件が尤もらしいか、が得られる）、新しい需

要分布を

$$d(x|H, y) = \sum_j d(x|\theta_j, H) v(\theta_j|y)$$

で求める。そうして、この需要の平均値がある一定以下で、コンスタントな売れ行きがなかったり、店の特色に関わらない商品の場合は、この商品の取り扱いを中止する。

『「単品管理」の考え方』による拡張

需要分布を条件付きで考え、条件変化を常に監視していくことになるが、さらに条件を取り出して需要量を細分する。よく行われる条件の重要な切り口として、たとえば以下のようなものが考えられる。

時間軸 ⇒ 時間が異なればニーズ、需要量、その他も異なる。

空間軸 ⇒ 場所が異なればニーズ、需要量、その他も異なる。

購買層軸（年齢、性別）⇒ お客の年齢、性別が異なればニーズ、需要量、その他も異なる。

必要な程度にとどめるのはもちろんである。いま、性別、年齢、購入時間で細分し

商品（シャツ甲、大きさM、色赤）の（男、50代、午前に購入）需要量を $x_a(g|H)$ 、

商品（シャツ甲、大きさM、色赤）の（男、40代、午前に購入）需要量を $x_b(g|H)$ 、

...

商品（シャツ甲、大きさM、色赤）の（男、50代、午後に購入）需要量を $x_A(g|H)$ 、

商品（シャツ甲、大きさM、色赤）の（男、40代、午後に購入）需要量を $x_B(g|H)$ 、

...

...

とすると、商品（シャツ甲、大きさM、色赤）の需要量 $x(g|H)$ は

$$x(g|H) = x_a(g|H) + x_b(g|H) + \dots + x_A(g|H) + x_B(g|H) + \dots$$

ということになるが、需要量を細分することによって、より早い変化対応¹²が可能になり、またこのデータが新商品開発等のよりよいデータにもなる。例えば、消費行動のクロス集計が可能になり、そこから商品購入時の相関が観察される商品を見つけることも可能になる。このような細かなデータを取り、短時間で分析することも、情報機器の進歩から容易になってきている。単純に商品（シャツ甲、大きさM、色赤）の需要が減ったというのではなく、どこか特定の、商品（シャツ甲、大きさM、色赤）の（男、50代、午前に購入）需要が減ったのか、あるいは全体に減ったのかがわかる。

これは見方を変えれば、さらに商品を細分したものとも考えることができる。

（男、50代、午前に購入）によって購入された商品（シャツ甲、大きさM、色赤）を商品 Ia

（男、40代、午前に購入）によって購入された商品（シャツ甲、大きさM、色赤）を商品 Ib

...

（男、50代、午後に購入）によって購入された商品（シャツ甲、大きさM、色赤）を商品 IA

（男、40代、午後に購入）によって購入された商品（シャツ甲、大きさM、色赤）を商品 IB

...

...

として商品 Ia、商品 Ib、...、商品 IA、商品 IB、...と別々の商品として扱うことができる。この場

合、販売時に商品が確定する。このように商品を細分したとき、例えば、商品 IB を多めに仕入れて扱っていくということは、午後から買い物にくる、40代男に、顧客のウエイトを置いたということになる。ここでは、顧客を絞るという目的はないが、可能な細分の項目は、市場細分化 (market segmentation) において用いられている項目と結果として同様のものが考えられる。

在庫費用

売れない商品は、商品としての価値が日に日に低下し、その損失として在庫費用が増加する。またスペースをその商品が占め続けることによっても経費が掛かる。単純に、売れない商品の在庫を保持しておくのでは費用がかさむため、積極的に在庫を処分しなければならなくなる。最後には無料でも持ち帰ってもらう方が良くなる。場合によっては、ある一定期間を過ぎた商品は無料で持ち帰ってもらったのでは、さらに付加的なマイナスになるかもしれない。店のロイヤリティ保持のためには廃棄した方が良いこともある。したがって、在庫費用関数 $h(x)$ も $h(x|H)$ と条件付きにし、在庫費用関数は保管数量だけの関数ではなく、仕入れ日からの在庫日数など、状況の変化にしたがって、変化するものと考えよう。

「死に筋商品」の撤去は重要である。「死に筋商品」と「売れ筋商品」の判定は、周囲の情報や、時間と、在庫をペアで観察することなどからなされる¹³。以前も売れず、今も売れない商品や、以前は売れていたが、今は売れなくなった商品など、需要の様子が継続的に在庫の観察から把握される。さらに小売業が協力する事により、この気づきをさらに早めることができる。情報を速く知るといふ点からもチェーン店等が有利である。

よく知られた標本平均 (確率変数の和の平均) の平均と分散の知識 (例えば Arker and others[13], 410p ~ 413p 参照) を利用する。いま100店が類似のタイプで、各店のある特定商品の、ある時点での在庫の分布が平均 μ で標準偏差 σ で同じであると仮定しよう (同じでなくても同様の説明が可能である)。これら100店の確率変数としての在庫、の和の平均は μ で標準偏差は 0.1

である。各店すべてで $+0.3$ の通常の平均在庫からのズレがあったとしても、個々の店では普通のこととして気づきがない。各店の在庫の平均

$$\frac{I_1 + I_2 + \dots + I_{100}}{100}$$

は同じく $\mu + 0.3$ である。しかしこれは、平均値の標準偏差が 0.1 であること、100個の確率変数の平均なので近似的に正規分布すること、を考慮すると、異常である。この時点でこの商品の売れ行き異常が察知される。集積したデータが利用可能であれば有利である。

シミュレーションでは、このような情報が利用可能か不可能かを、チェーンに加盟しているかそうでないか、あるいは何店規模のチェーンに加盟しているかそうでないかに対応させる。

「単品管理」による拡張

「単品管理」では在庫商品の陳腐化を避け、売れない「死に筋商品」を扱わないことが重要である。従って商品の陳腐化を積極的に考慮する方法を考えよう。

仕入れ日の違う商品を、

A 在庫費用を違うとして扱う

B 違う商品として扱う

という2通りに分けて考えよう。ケースBが、「単品管理」の方法で実行しやすいように思われる。しかし、ケースAが在庫管理の方法の延長上にあるので、そちらを先に考えてみよう。

A 在庫費用を違うとして扱う

商品が売れずに残っている場合、在庫費用は同じでなく

$$h(x|\text{今日}) < h(x|\text{明日}) < h(x|\text{あさって}) < \dots <$$

と、増加するものとしてとらえよう。なぜならば、在庫を持つことは、それだけでも

(1) 経費が発生し利益を圧迫しており、

(2) 貴重な場所をふさいでいる、

から。(2)を考慮して、在庫費用関数に固定費を導入することもできる。

例を考えよう。10個仕入れ、残り個数を x として、このとき仕入れた商品の仕入れから t 時間後の在庫費用を

$$h(x|t, H) = 0.5tx + c$$

と表すことができるとしよう。ただし H は t 以外のその他の条件とする。需要分布の場合と同様、天気などによっても関数型が変わる。例えば天気が雨、をその条件の一部として持つ H' の時は

$$h(x|t, H') = 0.8tx + c$$

である、というように。この例の在庫費用関数は残り商品数だけの関数ではない。最後の項 c は、1個でも残っている限りは、またその商品を扱い続ける限りは、在庫が0でも負担されなければならない。それは場所を確保していることによって掛かる固定費を表している。これは(1)と(2)を考慮した在庫費用関数となる。

B 違う商品として扱う

新鮮な商品とそうでない商品はお客の側からみて、正確には同一商品ではない。食品でなくても買い手市場下、市場の変化が速く、商品の劣化も速い。商品の仕入れ日の違いによって別の商品とし、このことにより陳腐化を考慮する。従って在庫費用関数が仕入れ日の違いによって違うものとなる¹⁴。仕入れたA0商品の売れ残りがA1商品になり、さらにその売れ残りがA2商品になる…。コントロールできるのはA0商品の仕入れ量とA0,A1,A2...商品の値段(廃棄も含めて)である。その物(仕入れ日時で区別しない状態での商品)の需要が製造日時からの時間数および価格に対して弾力的である場合には、積極的に値段を違えよう。

A商品、B商品と分類していたときはA商品が売れるとされていたものが、これら商品をさらに時間で細分することにより、A商品であろうがB商品であろうが新鮮なものが売れるということがわかるかもしれない。

ORの在庫管理ではコントロール変数は発注量だけである。しかも今扱っている商品の発注量だけである。発注が問題で、常に、あるいはなかなか発注水準まで在庫が下がらない商品は、そのままである。売れない商品はいつまでも残り、はじめてから無い商品は決して補充されない。これでは変化する顧客のニーズに対応した品揃えができない。

4．終わりに

過去数年、イトーヨーカ堂やセブンイレブンの経営を紹介した本や、それら両社を率いている、鈴木俊文氏の考え方を著した本が、多数出版されている。それらはマーケティングや在庫管理に関する話をたくさん取り上げているが、数年前初めてそれらの一冊(緒方[3])を読んだときには大変新鮮な感じがした。動的計画法あるいはマルコフ決定過程の応用としての在庫管理に関心を持っていた関係から、以後、類書で登場した「単品管理」や「死に筋商品・売れ筋商品」という言葉をキーワードとした商品の管理に興味が引かれた。本稿は、手直しをしたが2年前に用意した原稿である。

ORの在庫管理の講義をしながら、脇道の話としてではなく、どうして本題として「単品管理」の話ができないのかと思い、考えてきた。結局、解ったことは、『「単品管理」はORの在庫管理の成果は当然のこととして、ORでは前提として考えないところを細かく考える』ということである。『マーケティングとしての「単品管理」は単なる在庫管理にとどまらず、小売店経営そのものに近い』ということである。実際上は数式で表すことが必要であるとは思わないが、数式で表すことができれば、シミュレーションによって、いろいろ研究することができる。本稿はそのワンステップである。

単一に扱われがちな商品を、必要上、さらに細かくいくつかの「単品」に分けて需要や在庫を管理することは有利である。消費者ニーズの変化などの気づきが速くなる。また現在の我々が手にしている情報機器はそのような細かな情報の蓄積利用を可能にしている。

註

- 1 したがってリードタイム(lead time)はない。
- 2 この単純な需要確定モデルでも、発注最小単位がロットである場合、需要を満足することができないことがあり、このときバックログやペナルティコストを、考慮するかしないかでモデルが分かれる。
- 3 このことは後の解から理解される。
- 4 たとえば、単純モデルでバックログが許され、 $s < 0$ が発注点であるとしよう。ペナルティコストは単位時間あたりの平均バックログ在庫水準に対して [円/(個・時間)] とすると、 $Q = S - s$ として、単位時間あたりの平均費用は

$$\frac{KM}{Q} + cM + \frac{(h+\pi)S^2}{2Q} - \pi S + \frac{\pi Q}{2}$$

となり、これを最小にするQは

$$Q = \sqrt{2KM} \cdot \sqrt{\frac{1}{h} + \frac{1}{\pi}}$$

となる。この中にも単純モデルの解が現れている。平均費用は $s = 0$ 、 $\pi = 0$ とすると単純モデルに一致する。(Wagner [17] 参照)

- 5 直前の注を参照。
- 6 在庫を観察していて、在庫の現在量 i がスモールエス s 以下になったならば、ラージエス $S(>s)$ になるまで、すなわち $S-i$ 量発注する、このような発注政策を (s,S) 政策と呼ぶ。

- 7 最適政策の特徴がわかると、その特徴を利用するアルゴリズムを利用することにより、最適政策を求める計算時間が短縮できる。そのため結果には意義がある。
- 8 店に対する信用度や期待度
- 9 「配送システムの見直しは、いっそう徹底的になされた。というのは、配送が週一回の商品を二、三回に分ければ、それだけ一回分の量が減り、店舗で保管する場所が空くことになる。冷蔵庫にある商品なら省エネ対策を兼ねることができる。しかしその際、配送車が満杯になるような商品の組み合わせが欠かせない。そのためには、商品ごとの回転率をつかむことが前提になる。したがって、物流の改善のためには、商品の流れを把握し、死に筋商品の排除と、売れ筋商品の導入による品揃えや商品構成の改善、店舗経営の効率化、競合に対する競争力強化に力を入れ、売り上げを増加させると同時に利益率をアップすることが重要であった。」(川辺 [5] 202p)。また発注費との関連で同書 207p ~ 218p 参照。
- 10 在庫管理でもチェックできるが在庫を調べる間隔が固定されていて長いとこうなる。
- 11 商品を細分すれば、より正確な変化を捉えやすくなる。次の注参照。
- 12 細分されていない場合には、特定の例えば需要量 $x_a(g|H)$ の変化がその他の需要量の和 $x_b(g|H) + x_c(g|H) + \dots$ の変動によって吸収されて、需要量 $x(g|H)$ の変化としては現れにくい。細分しておくことによって気づきやすくなる。
- 13 現実の場では、このことが POS (販売時点管理) システムによって可能となっている。
- 14 違う商品の在庫費用関数であるから。

参考文献

- [1] 石原・石井編「製版統合 変わる日本の商システム」日本経済新聞社、1996
- [2] 上田・江原共著「マーケティング」新世社、1992
- [3] 緒方知行「セブン・イレブン流通情報戦略」TBS ブリタニカ、1984
- [4] 緒方知行「実証研究 イトーヨーカ堂グループのニューリーダー鈴木俊文の経営 その思想と実践」TBS ブリタニカ、1993
- [5] 川辺信雄「セブニーイレブンの経営史」有斐閣、1994
- [6] 国友隆一「ヨーカ堂グループのバイヤーズ・マニュアル」ばる出版、1994
- [7] 塩沢由典「延期・投機原理とシステム内行動」、石原・石井編「製版統合 変わる日本の商システム」日本経済新聞社、1996、267-302
- [8] 藤原、生田目、山口「変売価格決定と計画変更を考慮したチェーンストアにおける在庫モデル」1997 年日本オペレーションズ・リサーチ学会秋期研究発表会アブストラクト集 212p-213p
- [9] 船木洋一、「(s、S) 政策の単調性について」、研究年報「経済学」37巻、67-73、1975
- [10] 船木洋一、「在庫理論における信用損失費用について」、「アルテス・リベラレス」第30巻、61-70、1982
- [11] 三道、村原「小売業における新製品テスト販売政策」1997年日本オペレーションズ・リサーチ学会秋期研究発表会アブストラクト集 92p-93p
- [12] 矢作敏行「製版統合の焦点 - 情動的在庫調整メカニズム」、石原・石井編「製版統合 変わる日本の商システム」日本経済新聞社、1996、205-234
- [13] D. A. Arker & V. Kumar & G. S. Day, *Marketing Research*, sixth edition, Wiley, 1997
- [14] K. J. Arrow & S. Karlin & H. Scarf, *Studies in the Mathematical Theory of Inventory and Production*, Stanford, Calif.: Stanford Univ. Press, 1958
- [15] P. Kotler, *Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation, and Control*, ninth edition

Printice-Hall, 1997

- [16] Christian P. Robert, *The Bayesian Choice: A Decision -Theoretic Motivation*, Springer-Verlag, 1994
- [17] H. E. Scarf, A Survey of Analytic Techniques in Inventory Theory, 185-225 in H. E. Scarf, D. M Gilford, and M. W. Shelly (eds.), *Multistage Inventory Models and Techniques*, Stanford, Calif.: Stanford Univ. Press, 1963.
- [18] A. F. Veinott, Jr., Optimal Stockage Policies with Non-stationary Stochastic Demands, 85-115 in H. E. Scarf, D. M Gilford, and M. W. Shelly (eds.), *Multistage Inventory Models and Techniques*, Stanford, Calif.: Stanford Univ. Press, 1963.
- [19] Harvey M. Wagner, *Principles of Operations Research: With Application to Managerial Decisions*, Prentice-Hall International editions, Prentice-Hall International Inc., London, 1972