

ローコストオペレーションのための在庫管理問題

2007MI068 今泉隆徳 2007MI136 三浦奈津子 2007MI196 齊木和弥

指導教員：鈴木敦夫

1 はじめに

本研究では、あるホームセンターの小規模店舗における在庫管理問題について考える。

現在、このホームセンターではオペレーションズリサーチを用いて様々な問題に取り組んでいる。過去の研究では、[4]のような折り込み広告の最適な選定により売り上げを増加させる研究や、[1]のようなシフトスケジューリングの自動作成により人件費の削減に取り組む研究がされている。昨今の不景気のため、このホームセンターでは更なる経費削減・利益向上が求められている。その中でも本研究では、最適な在庫管理問題について考える。

ホームセンターは、常に様々な商品を取り扱っており、更に欠品を起こすことを回避したいと考えているため、店舗ごとに常に余裕をもった在庫を保有している。そのため、ホームセンターの倉庫には、隙間なく商品が並んでいる。しかし、各商品の在庫量は過去の経験に基づいて決定されているため、多く購入されるのにも関わらず在庫量が少ない商品や、ほとんど購入されないのにも関わらず在庫量が多い商品もある。したがって、本研究の目的は売り上げを確保しつつ、無駄のない在庫量を設定し、倉庫にある在庫（以下、倉庫在庫）を削減し、最適な在庫量を求めることである。

倉庫在庫を削減するために、1商品ごとに在庫量を見直すことが考えられる。しかし、現在このホームセンターでは数万種類の商品を保有しているため、それらの商品の在庫量を個別に管理することは、大変手間のかかる作業である。そのため、現在各々の商品の在庫量は、ある一定の法則で決定している。よって、商品ごとに在庫量を設定することは難しい。そこで本研究では、倉庫在庫削減のため、二つの事柄について注目した。一つ目は各々の商品の陳列量、二つ目は自動発注ロジックである。

現在、各々の商品の陳列量は、過去の経験やデータに基づいて決定されているため、客にほとんど購入されていない商品が数多く陳列されている可能性がある。そのため、まだ改善の余地はあると考える。更に、このホームセンターの小規模店舗では人員が少ないため品出しを完了させることで精一杯で商品の補充作業まで手が回らないことがある。そのため、倉庫に商品があるにも関わらず、売り場に商品が陳列されず、売り場で欠品状態になっていることがある。もし在庫がすべて陳列されれば、補充作業の手間がなくなり、売り場で欠品を防ぐことができる。つまり、倉庫在庫を削減する陳列量の決定ができれば、人員コストも削減できる。

また、このホームセンターは現在数多くの商品を取り扱っているため、発注は自動発注ロジックのもとに行われている。自動発注ロジックは、全商品一律に適用されているため、在庫量に大きく影響を与える。現在、数多くの商品が、少数売れただけで発注が起こっている。も

し、発注頻度を減らすことができれば、無駄な在庫を保有することなく、発注コストも抑えることができると考える。

本研究における解法の枠組みを以下に説明する。

まず売り上げに見合った最大在庫数の決定を行う。つまり余分な在庫をもたずに欠品を防ぐことができるような在庫量の見直しを行う。過去の研究[2]では、在庫に関する研究がされている。その研究では、最適在庫スケジュールの提案がされている。これは最適な在庫量を求めることを前提としている。一方本研究では、倉庫在庫を減少させるような最適な在庫量を求める。

次に、倉庫在庫を削減させる最適な陳列量の決定を行う。保有している在庫量はそのままにし、フェース数の入れ替えにより倉庫在庫の削減を図る。

最後に自動発注ロジックの見直しを行う。現在このホームセンターで用いられている自動発注ロジックについてシミュレーションを行う。この自動発注ロジックの改善を行うことで、無駄のない在庫スケジュールを実現したい。そして、店舗が保有する在庫量を減少させたい。過去の研究[3]では、この自動発注ロジックの性能分析や改善について研究がされている。本研究では、発注点など別の視点から自動発注ロジックの改善を検証する。

1.1 用語の説明

ここで、問題解決にあたって、ホームセンターで使われている用語を説明する。まず、各商品では、部門・パターン・商品という属性が与えられている。この属性は、部門・パターン・商品の順で大きな括りである。部門は日用品部門やペット用品部門などがある。部門を更に分類したものがパターンである。パターンには、シャンプー、ペットフードなどがある。

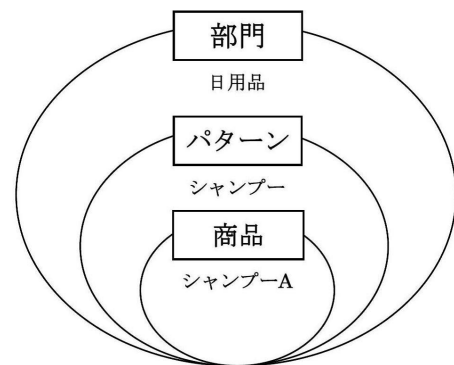


図1 商品の属性

次に、陳列に関する名称について説明する。各商品が持つ列数を「フェース数」と呼ぶ。ある商品において、陳列することができる最大数を「最大陳列量」と呼ぶ。最低限陳列しなければならない数を「最低陳列量」と呼ぶ。

更に、在庫に関する名称について説明する。店舗が保有している商品の在庫数を「帳簿在庫数」と呼ぶ。発注する際に最低限必要とする在庫数を「最大在庫数」と呼ぶ。そして最大在庫数に応じて「発注点」が決められている。「発注点」とは、ある商品の数とその数以下となった時に最大在庫数まで発注をするポイントのことである。更に、各々の商品には、発注する際の数単位として「発注単位」が決まっている。

最後に、在庫管理に関する名称について説明する。「損失額」とは、在庫があれば、売れるはずであった商品の合計金額を表している。また、「欠品率」は、毎週日曜日の時点の欠品状況から算出したものである。

2 商品の最適な最大在庫数

最適なフェース数を求めるために、販売数に見合った無駄のない最適な最大在庫数を決定する。しかし、最大在庫数を決定するにあたり、欠品を起こさないようにする。

余分な在庫を持たず、更に欠品を防ぐことができると考える最大在庫数を以下の式 (1) のように定義した。

$$(\text{最大在庫数}) = (1 \text{ 週間の販売数の平均}) + 3\sigma \quad (1)$$

1 週間の販売数の平均は、1 年間の総販売数を 52 で割ったものである。 σ とは、52 週を標本としたときの標準偏差を示す。最大在庫数を“(1 週間の販売数の平均) + 3σ ”と定義することで、99.7% の確率で欠品が起きないと考えられる。このように定義することで、販売数にばらつきがある商品は最大在庫数を多めに、販売数にばらつきがない商品は少なめに設定し欠品を防ぐことにした。

最大在庫数を求めるにあたって、以下の 2 通りの解法を用いる。

- 解法 1 では、最大在庫数を求める際に式 (1) をそのまま用いる。
- 解法 2 では、解法 1 の結果において、最大在庫数が最低陳列量未満の場合、最大在庫数を最低陳列量まで引き上げる。

解法 2 で最低陳列量まで引き上げた場合、解法 1 と比べ最低陳列量がどの程度結果に影響するのか比較する。

また、特売などの特殊な要因によって販売数が異常な値になる場合がある。これらの週のためだけに最大在庫数を多く設定することは効率が悪いと考えるため、この週の販売数を異常値とし、これらの異常値を除いた場合における最大在庫数もそれぞれの解法で求める。異常値とは、“(1 週間の販売数の平均) + 3σ ”を超えたものと定義する。

ただし、平均販売数のデータが不足している商品は現状の最大在庫数、フェース数を用いる。更に、ホームセンターの特性上、商品の種類は減らしたくないのでフェース数は 1 以上確保する。そのため、最大在庫数が 0 と計算されたものは 1 とする。

2.1 データについて

研究対象である小規模店舗の 2009 年 7 月 13 日から 1 年間における 19,183 点の商品データを用いる。これらの

現状の最大在庫数の合計は 75,200、フェース数の合計は 23,589 である。しかし、データが不明なものが数多くあるため、実際は最大在庫数、フェース数がともに更に大きくなると考えられる。

2.2 解法 1

計算した結果、最適な最大在庫数の合計は 51,109 となり 32% 削減でき、フェース数の合計は 22,336 となり 53% 削減できた。

異常値を除いた場合は、最適な最大在庫数の合計は 47,528 となり 37% 削減でき、フェース数の合計は 21,774 となり 7% 削減できた。

2.3 解法 2

計算した結果、最適な最大在庫数の合計は 65,147 となり 13% 削減でき、フェース数の合計は 23,169 となり 2% 削減できた。

異常値を除いた場合は、最適な最大在庫数の合計は 62,672 となり 17% 削減でき、フェース数の合計は 22,684 となり 4% 削減できた。

2.4 考察

解法 1、解法 2 のどちらの解法においても最大在庫数の合計、フェース数の合計が減少した。したがって、ホームセンターは販売数に比べて余分に在庫を保有していることが分かる。しかし、以下の検討すべき問題点がある。

1. 発注する際には発注単位が存在するため、発注単位も含めた最大在庫数を求める必要がある。そのため、最大在庫数、フェース数は更に大きくなると考えられる。しかし、発注単位を考慮するためには、発注点も新たに求める必要がある。
2. 最低陳列量まで引き上げると最大在庫数、フェース数がともに大幅に増加するため、最低陳列量は最大在庫数に大きな影響を与える。そのため、最低陳列量を見直す必要がある。
3. 現状のデータは不明なものがあり、実際には、現状の最大在庫数の合計、フェース数の合計が大幅に多い可能性がある。そのため、データ不足の商品をどのように計算するか検討する必要がある。
4. 異常値を取り除くべきかについて検討する必要がある。異常値を取り除くことで、最適な最大在庫数、フェース数を少なく計算できる。しかし、特売などの理由がある場合は問題ないが、まとめ買いなど偶発的な理由による場合、異常値を取り除いてしまうとすべての客に対応できなくなってしまう可能性がある。更に、機会損失が発生してしまう可能性がある。
5. 実際には自動発注ロジックが存在し、1 商品ずつ最大在庫数を変えることは難しい。

しかし、上記の問題点 1 から問題点 4 は変えることができないため、改善することは困難である。一方、問題点 5 に関しては自動発注ロジックを見直すことが可能である。そこで、次の 3 章では倉庫在庫を最小にするよう

なフェース数の見直しを行い、4章では自動発注ロジックについて検討する。

3 商品の最適なフェース数の決定

前章では、1商品ごとに最大在庫数を求めてきた。しかし、実際は1商品ごとに最大在庫数を変化させることは困難である。そのため、この章では最大在庫数を変化させずにフェース数の入れ替えによって、倉庫在庫を削減したいと考える。商品ごとのフェース数を変化させ、全商品のフェース数の合計は現状のまま、最適なフェース数の決定を行う。そのために、以下の3つの手法を用いて倉庫在庫を削減するための検証を行う。

- 手法1はある時点での帳簿在庫数を陳列することで倉庫在庫を最小にするフェース数の最適化を行う。
- 手法2は手法1に加え、帳簿在庫数が発注点以下の場合、最大在庫数まで引き上げた帳簿在庫数を陳列することで倉庫在庫を最小にするフェース数の最適化を行う。
- 手法3は手法2において最大在庫数まで引き上げる際に発注単位も含め、最大在庫数以上にした帳簿在庫数を陳列することで倉庫在庫を最小にするフェース数の最適化を行う。

手法3では発注単位を含め最大在庫数以上にするため、帳簿在庫数が最大在庫数より大きくなる可能性がある。手法2と手法3の結果から、発注単位がどの程度影響するのかを比較する。

3.1 データについて

研究対象である小規模店舗における19,151点の商品データを用いる。フェース数の総和は23,554である。帳簿在庫数は2010年5月10日のデータを利用した。

最適化計算には、LINDO System Inc.社のWhat's Best! 9.0を使用した。What's Best!とは、線形・非線形最適化問題を解く最適化ツールである。また、計算を実行したPCの仕様は次の通りである。OSはWindowsXP、CPUはデュアルコア2.93GHz、メモリは3.00GBである。

3.2 記号の定義

まず、添字、定数を以下のように定義する。

添字

I : 商品の集合, $i \in I$

定数

b_i : 商品 i の平均販売数

σ_i : 商品 i の売上の標準偏差

t_i : 商品 i の帳簿在庫数

l_i : 商品 i の商品棚の奥方向に陳列できる数

F : 現状の総フェース数

s_i : 商品 i の最大在庫数

p_i : 商品 i の発注点

k_i : 商品 i の発注単位

次に、決定変数を定義する。

f_i : 商品 i のフェース数

z_i : 商品 i の倉庫在庫数

3.3 手法1

ある時点における帳簿在庫をもとに倉庫在庫を最小にするフェース数を求める。この方法により、倉庫在庫をすべて陳列することができるか、あるいはどの程度削減できるかを検証する。

3.3.1 定式化

目的関数

$$\min \sum_{i \in I} z_i \quad (2)$$

制約条件

$$b_i + 3\sigma_i \leq l_i f_i, \quad i \in I \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} f_i = F \quad (4)$$

$$t_i - l_i f_i \leq z_i, \quad i \in I \quad (5)$$

$$z_i \geq 0, \quad i \in I \quad (6)$$

$$f_i \in N, \quad i \in I \quad (7)$$

目的関数の説明

(2) 倉庫在庫数の和を最小にする

制約条件の説明

(3) 欠品が起きないように陳列する制約

(4) 求めるフェース数の和と現状のフェース数の和は等しいという制約

(5) 倉庫在庫数に関する制約

(6) 倉庫在庫数は0以上という制約

(7) フェース数 f_i は自然数という制約

3.3.2 実行結果

帳簿在庫数の合計は91,065であり、この時の倉庫在庫数の合計は17,727である。

実行時間10秒で解が得られ、その結果、倉庫在庫数は7,712となり、56%削減できた。また、倉庫在庫数を0にするために必要なフェース数は28,585であり、5,041の増加となった。

3.4 手法2

手法1では、ある時点での帳簿在庫数をもとにフェース数の最適化を行ったが、これでは在庫数が少ない場合がある。したがって、発注量も含めた帳簿在庫数についてフェース数を最適化する必要がある。

帳簿在庫数が発注点以下であれば帳簿在庫数を最大在庫数まで引き上げ、この数を最大帳簿在庫数とする。また、帳簿在庫数が発注点より大きければ、最大帳簿在庫数はその時点での帳簿在庫数とする。

3.4.1 定式化

目的関数

手法1と同様である。

制約条件

手法1の制約条件における(5)を以下の(8)、(9)に変更する。

$$t_i - l_i f_i \leq z_i, \quad i \in \{i \mid i \in I, t_i > p_i\} \quad (8)$$

$$s_i - l_i f_i \leq z_i, \quad i \in \{i \mid i \in I, t_i \leq p_i\} \quad (9)$$

制約条件の説明

(8), (9) 倉庫在庫数に関する制約

(8) 帳簿在庫数が発注点より多い場合, 帳簿在庫数を用いる制約

(9) 帳簿在庫数が発注点以下の場合, 最大在庫数まで引き上げた最大帳簿在庫数を用いる制約

3.4.2 実行結果

最大在庫数まで引き上げた際の最大帳簿在庫数の合計は 102,258 であり, この時の倉庫在庫数は 20,133 である.

実行時間 12 秒で解が得られ, その結果, 倉庫在庫数は 9,831 となり, 51 %削減できた. また, 倉庫在庫数を 0 にするために必要なフェース数は 30,125 であり, 6,571 の増加となった.

3.5 手法 3

手法 2 では, 発注量を含めた帳簿在庫数をもとにフェース数の最適化を行ったが, 実際の発注には発注単位が存在する. そのため, 最大在庫数より多く帳簿在庫数を持つ場合がある. したがって, この場合についてもフェース数の最適化を行う.

3.5.1 定式化

目的関数

手法 1, 手法 2 と同様である.

制約条件

手法 1 の制約条件における (5) または, 第 2 段階の制約条件における (6), (7) を以下の (10), (11) に変更する.

$$t_i - l_i f_i \leq z_i, \quad i \in \{i \mid i \in I, t_i > p_i\} \quad (10)$$

$$t_i + k_i \left[\frac{s_i - t_i}{k_i} \right] - l_i f_i \leq z_i, \quad i \in \{i \mid i \in I, t_i \leq p_i\} \quad (11)$$

制約条件の説明 (10), (11) 倉庫在庫数に関する制約

(10) 帳簿在庫数が発注点より多い場合, 帳簿在庫数を用いる制約

(11) 帳簿在庫数が発注点以下の場合, 発注単位を含め最大在庫数まで引き上げた最大帳簿在庫数を用いる制約

3.5.2 実行結果

発注単位を考慮した最大帳簿在庫数の合計は 105,757 であり, この時の倉庫在庫数は 20,954 である.

実行時間 11 秒で解が得られ, その結果, 倉庫在庫数は 10,818 となり, 48 %削減できた. また, 倉庫在庫数を 0 にするために必要なフェース数は 30,509 であり, 6,955 の増加となった.

3.6 重要商品のフェース数の確保

手法 1, 手法 2, 手法 3 の問題点として, 倉庫在庫数が多いものを多く陳列しているため, よく売れている商品にフェース数を少なく, あまり売れていない商品にフェース数を多く割り当ててしまう可能性がある.

そこで, 売上げが多い重要な商品のフェース数を先に確保し, 残りの商品についてフェース数の最適化を行う. 方法としては, まず, 売上げが多い商品のフェース数を最適と考える最大在庫数から計算する. そして, 手法 1, 手法 2, 手法 3 それぞれの定式化において, それらの売上げの多い商品のフェース数を計算した値以上とし, 最適化を行う. このようにすることで売上げが多い商品について十分なフェース数を確保することができると考えた. 売上げが多い重要な商品は, 全 19,151 商品のうち, 1,269 商品である.

3.6.1 実行結果

重要商品のフェース数を確保し, 最適化を行った結果, 手法 1 の定式化においては, 実行時間 11 秒で解が得られ, その結果, 倉庫在庫は 13,083 となり, 26 %削減できた. また, 倉庫在庫数を 0 にするために必要なフェース数は 29,487 であり, 5933 の増加となった.

手法 2 の定式化においては, 実行時間 12 秒で解が得られ, その結果, 倉庫在庫は 15,075 となり, 25 %削減できた. また, 倉庫在庫数を 0 にするために必要なフェース数は 30,935 となり, 7,381 の増加となった.

手法 3 の定式化においては, 実行時間 11 秒で解が得られ, その結果, 倉庫在庫は 16,237 となり, 23 %削減できた. また, 倉庫在庫数を 0 にするために必要なフェース数は 31,303 となり, 7,749 の増加となった.

3.7 考察

手法 1 では, ある特定の時点において倉庫在庫を縮小することができるという利点がある. そして, 手法 2, 手法 3 では, 発注量を考慮した最大帳簿在庫数の場合を考えているため手法 1 より現実的である. 手法 2 と手法 3 においては, 発注単位がフェース数の決定に大きな影響を与えているため, 発注単位を変えることができるならば手法 2 の結果がより良いものとなる. つまり, 発注単位は大きな問題であるとわかる.

また, それぞれの段階において重要商品のフェース数を先に確保し, 最適化を行った結果, 倉庫在庫の削減率が半減した. 重要商品のフェース数が予想以上に多くなってしまったため, 他の商品が確保できるフェースを圧迫してしまう結果となった.

これまでの結果から, フェース数の入れ替えだけでは倉庫在庫数を 0 にすることはできなかった. これらの方法で倉庫在庫数を 0 にするためには, 2 割から 3 割程度の新たなフェース数を確保する必要がある. また, 倉庫スペースを売り場に活用できたとしても, 全ての商品を並べることは難しい. 更に, これらの方法では以下の問題点がある.

- 特定の時点での帳簿在庫数を用いているため, 他日の帳簿在庫数では結果が変わってしまう.
- 重要商品のフェース数を先に確保し, 最適化を行っても, 倉庫在庫数が多いものを多く陳列することは変わらないため, よく売れている商品にフェース数を少なく, あまり売れていない商品にフェース数を多く割り当ててしまっている可能性がある.

- 手法 2, 手法 3 で用いる最大在庫数は, このホームセンターから提供されたものであり, 余分な在庫数が設定されている可能性がある. もし, 最大在庫数を減少させることができれば, 倉庫在庫数の削減につながると思う.

これらの問題点も踏まえ, 4 章では自動発注ロジックについて検証する.

4 自動発注ロジックによる 在庫シミュレーション

2 章で述べたように, すべての商品には一律に自動発注ロジックが適用されている. そのため 1 商品ごとに最大在庫数を見直すことは困難である.

そこで, この章では自動発注ロジックについて見直しを行う. 自動発注ロジックの中でも, 本研究では発注点を見直すことで倉庫在庫の削減を行う. 発注点を引き下げることができれば, 発注頻度を減らすことができるからである. つまり, 余分な在庫を持たない効率のよい在庫管理が実現できる. ただし発注点を引き下げることにより, 欠品率が上がってしまう可能性がある. そのため, 欠品率を考慮しつつ, 最適な発注点を定めたい. 本研究では, 最適な在庫管理が目的であるが, この章では, 同時に発注頻度についても考察をする.

4.1 自動発注ロジックについて

このホームセンターの自動発注ロジックについて説明する. 例えば, ある週の発注量を求める時, まず直近の数週間の平均販売数から最大在庫数を計算する. そして, その最大在庫数をもとに発注点を決定する. もしその商品の在庫量が計算した発注点以下となった場合, 発注単位を含めた発注量を求め, 発注を行う. 最大在庫数と発注点の関係は以下の式 (22) で表される.

$$(\text{発注点}) = (\text{最大在庫数}) * \quad (12)$$

は定数であり, 現状の値は 0.75 である. 発注点はすべての商品において上記の式 (22) で一律に定められている. また, 最大在庫数と発注点は, 週ごとに変動を繰り返す, 平均販売数に依存する. そのため基本的には, 平均販売数が低ければ最大在庫数は小さくなり, 逆に平均販売数が高ければ, 最大在庫数は大きくなる. 発注点の係数 α の値を現状の 0.75 から段階的に引き下げることによって, 在庫金額 (在庫量) を削減することができないか検証する.

しかし, 発注点を下げることで, 欠品率が増加し, 更に損失額が発生することが予想される. そこで最大在庫数と平均販売数の関係を導入する. 最大在庫数と平均販売数の関係は以下の式 (23) で表す.

$$(\text{最大在庫数}) = (\text{平均販売数}) * \quad (13)$$

α の値は平均販売数に対応してランク付けしてあり, 最大在庫を決定している. α を変化させることで, 最大在庫を増加・減少させることが可能である. この α を変化させ, 発注点を引き下げることによって増加する欠品率や, 発生する損失額を解消できないかと考えた. 発注点の変更

の検証を行ったあと, α の値を変更し, より無駄のない自動発注ロジックを実現したいと考える.

4.2 データについて

2009 年 11 月 2 日から 2010 年 10 月 31 日のおよそ 1 年間のレシートデータを用いる. 商品数は 11,859 である. シミュレーションには Microsoft 社の Excel を用いる.

4.3 解法の枠組み

発注点の変更するために, α を現状の 0.75 から 0.60 まで 0.05 ずつ段階的に引き下げていく. α の値を変化させることによって, どの程度在庫金額を減少させられるかを検証する.

レシートデータから累積確率を求め, シミュレーションを行い, 発注点を引き下げることが可能であるかを検証する. シミュレーション方法の説明をする. まず, レシートデータ各商品の累積確率を求める. 続いて需要量をこの累積確率から求め, 6 年間の在庫シミュレーションを行った. ただし, 1 年目は初期値によって値が大きく変化し, 信憑性が乏しいと考え, シミュレーション結果に含めないことにした. また結果には, 1 年目を除いた 2 年目から 6 年目までのデータを平均して 1 年分にしたものを用いる. 乱数に関して, 発注点の係数が変化しても同じ乱数を使用した.

4.4 発注点の変更

発注を分析する上で, すべての商品の発注を一律に減らすことが望ましいため, 発注確率に平均値, 最大値, 0.5 以上の商品数を求めた. シミュレーションを行った結果が表 1 である.

表 1 シミュレーション結果

	0.75	
在庫金額合計 (単位:千円)	9,029,179	
現状との差 (単位:千円)		
欠品率平均	1.416 %	
損失額合計 (単位:千円)	-3,124	
現状との差 (単位:千円)		
発注確率	平均	0.106
	最大	0.789
	0.5 以上の商品数	188

	0.70	0.65	0.60
在庫金額合計 (単位:千円)	9,028,288	8,990,203	8,988,742
現状との差 (単位:千円)	-892	-38,976	-40,438
欠品率平均	1.415 %	1.440 %	1.442 %
損失額合計 (単位:千円)	-3,122	-3,205	-3,227
現状との差 (単位:千円)	-2	81	103
平均	0.105	0.100	0.099
最大	0.792	0.689	0.662
0.5 以上の商品数	177	40	35

シミュレーションの結果から, 発注点を引き下げることによって, 発注確率, 在庫金額は減少し, それに伴い欠品率, 損失額はほぼ増加していることがわかる. しかし, 0.70 のシミュレーション結果では欠品率と損失額が減少した. これは, 発注単位によるものだと考える. また, α が 0.65 や 0.60 では, α が 0.70 より, 在庫金額と発注確率はより減少していることがわかる. しかし, 欠品率, 損失額がより増加している. したがって α が 0.75 から 0.70 のよ

うに、発注点を引き下げることが実現可能である。一方、 α が 0.65 や 0.60 のように、発注点を引き下げるとは、それだけ欠品する確率は高くなるが、同時に在庫金額はより減少を図ることが可能である。

以上を踏まえ、発注点を現状である 0.75 を 0.65 または 0.60 に変更することを提案する。しかし、0.60 にすることは欠品率と損失額が増加し、更に発注確率の改善の度合いが低いことから、適切ではないと考える。したがって、発注点の係数を 0.65 にすることを提案する。

しかし、欠品率の増加や発生する損失額はできるかぎり避けなければならない。次節では最大在庫数の決定をするために用いる係数 α を変化させる。つまり全商品一律に最大在庫を増加・減少させることにより、欠品率や損失額に対応する。

4.5 最大在庫数の変更

前節で述べたように、 α を 0.65 とする。この節では“(最大在庫数) = (平均販売数) * α ”における係数 α を変化させることにより、0.65 の欠品率、損失額の問題を解決する。

α が 0.65 では、損失額と欠品率が増加したため、 α を増加させ検証を行う。現状 α の 0.65 の損失額、欠品率の増減から次のように $\alpha +0.5$, $\alpha +1.0$ としシミュレーションを行う。 α の変化により損失額や欠品率がどのように変化するかを検証した結果が以下の表 2 である。

表 2 α が 0.65 の時に α を変化させた結果

		現状
		0.75
在庫金額合計 (単位:千円)		9,029,179
現状との差 (単位:千円)		
欠品率平均		1.416 %
損失額合計 (単位:千円)		-3,124
現状との差 (単位:千円)		
発注確率	平均	0.106
	最大	0.789
	0.5 以上の商品数	188

現状	+0.5	+1.0
0.65	0.65	0.65
8,990,203	9,003,439	9,024,605
-38,976	-25,740	-4,574
1.440 %	1.433 %	1.431 %
-3,205	-3,116	-3,029
81	-8	-95
0.100	0.099	0.100
0.689	0.639	0.550
40	24	7

α が 0.65 のとき、 $\alpha +0.5$, $\alpha +1.0$ とし、シミュレーションを行った結果、 α を変化することで欠品率、損失額の発生は抑えることができた。また、損失額は現状の α が 0.75 の時より改善することができた。しかし、欠品率の発生は $\alpha +0.5$, $\alpha +1.0$ のどちらの場合においても現状の α が 0.75 の時の欠品率 1.416 より抑えることができなかった。これを改善するためには α を更に増加させることが考えられる。しかし、 α をこれ以上増加させると在庫金額が増加する可能性が高い。そのため、発注点を引き下げるためには、ある程度の欠品率の増加を考慮しなければならないと考える。そのため、 α が 0.65 のとき、

より在庫金額を削減できる $\alpha +0.5$ にすることを提案する。また、 α が減少、増加することに伴い、発注確率が増加、減少することがわかる。そのため、在庫量をあらかじめ多く持つことで発注の回数を減らすことが可能である。しかし、在庫金額が必要以上に増加してしまい、更に在庫量が増えすぎてしまう。もし部門ごとで在庫量を調整することが可能ならば発注頻度を減少させることが可能であり、適切な在庫量も保つことが可能であると考えられる。

4.6 考察

シミュレーション結果からわかるように、発注点を引き下げることにより、在庫金額は削減することができる。しかし、同時に欠品率、損失額が増加してしまう。欠品率、損失額の増加を防ぐためには、最大在庫数の増加が必要となり、最終的には現状在庫金額を上回る可能性が高い。そのため、発注点を引き下げるならば、ある程度の欠品率の増加は避けられないと考える。

つまり、欠品率や損失額の減少と、在庫量の減少は相反するものである。そのため、欠品率と損失額をどこまで許容することができるかによって、在庫量を決定すべきである。しかし、本研究では無駄のない適切な在庫量を求めることを目標としているため、欠品率や損失額の増加をある程度許容すべきと考える。

5 おわりに

本研究では、小規模店舗を対象としたローコストオペレーションのための在庫管理問題について考えた。そのため、様々なアプローチで在庫管理に関するコストの削減を図ろうとしてきた。しかし改善が難しい問題点が数多くあり、実行に移すには更なる研究が必要である。全体を通しての問題点は、データが不足している商品をどのように扱うかである。その他にも、商品数が多いためシミュレーションにおいて実行時間が長くなってしまっていることが挙げられる。

以上の問題点を解決し、小規模店舗だけでなく大規模店舗など様々な形態の店舗に適用できるような研究を進めることが今後の課題である。

参考文献

- [1] 鯉沼潤一郎, 栗山尚泰: ホームセンターのシフトスケジューリング自動作成について, 2007 年度南山大学数理情報学部数理科学科卒業論文, 2008.
- [2] 黒田真基, 木全貴之: ホームセンターにおける在庫問題 -1 店舗における在庫スケジュールの最適化について-, 2004 年度南山大学数理情報学部数理科学科卒業論文, 2005.
- [3] 大竹聡司: あるホームセンターの商品の自動発注口ジックの性能の分析, 2009 年度南山大学数理情報学部情報システム数理科学科卒業論文, 2010.
- [4] 坂井寛治, 佐々裕資: 広告掲載商品の最適選定問題, 2009 年度南山大学数理情報学部情報システム数理科学科卒業論文, 2010.