

# ホームセンターにおける商品棚の最適化について

2003MM020 堀 圭二 2003MM084 大堀 匠平

指導教員: 鈴木敦夫

## 1 はじめに

我々はホームセンターの経費削減を目標とし、商品棚の陳列方法最適化について取り組んだ。現状の陳列方法は補充という観点に一定の基準がないため、各店舗補充方法が異なっている。そこで商品ごとに必要となる補充期間のばらつきを少なくし、補充効率を改善する商品陳列方法を考案した。また、実用化に向け売上で補充期間に関連させた新たな標準棚を立案した。

## 2 問題定義

### 2.1 データの説明

この章ではホームセンターから提供されたデータの説明をする。ホームセンターでは縦6段×横120cmの商品棚を扱い、販売している。(以下長さの単位は全てcmとする)同じ商品が何列しめているかをフェースと呼ぶ。1フェース内で置くことのできる最大個数を最大陳列数、1フェース内で置かれていなくてはならない必要最低限の個数を最小陳列数と呼ぶ。商品と棚の大きさから最大陳列数と最小陳列数は商品ごとに決められている。

陳列形態としてホームセンターでは「標準」「強化」「フル」と3パターンある。最低限必要な用途を満たす商品で構成された棚を「標準」と呼び、売り場面積に応じて棚の本数、商品数が拡大したものを順に「強化」「フル」と呼んでいる。今回は「標準」の商品棚を研究対象とした。

データは全てサンプルとリンスのデータを扱った。サンプルとリンスでは通常、本体は上四段を使い、詰め替え用が下二段を使っている。この陳列形態はホームセンターの基本であるため、上四段と下二段を分けて考えた。これ以下、全て上四段のデータを対象としている。

### 2.2 現状の説明

ホームセンターから提供されたデータより、各商品ごとに補充が必要となる期間を割り出したところ下記のグラフのようになった。今回は標準棚を扱っている6店舗の平均データを扱った。

尚、補充期間が特に長い商品を省くため図1の補充期間は10週間以内の商品のみとした。

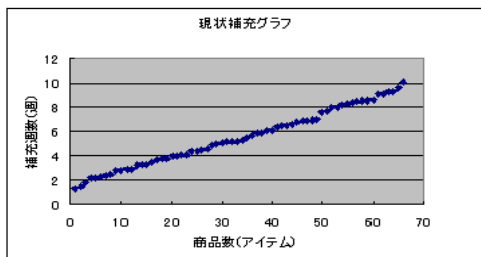


図 1: 現状の補充必要期間グラフ

図1では109商品中68商品の補充が10週間以内に必要であることを意味している。各商品の補充週数に着目してみると、最も期間の短い1.2週しかもたない商品から10週間近くもつ商品まで、補充必要週数に大きなばらつきがあった。つまり、従業員が行う補充回数にも大きなばらつきがあることが予測でき、非効率的であると考えた。

そこで我々は効率的な補充ができるよう今までばらつきのあった商品ごとの補充期間を一定にするような商品陳列方法を提案しようと考えた。

### 2.3 問題へのアプローチ

現状の補充週数のデータをみたところ補充期間が十分あるのにも関わらず、商品のフェース数を余分にとっているものが多く発見された。そこで補充週数が十分にある商品のフェース数を削減し、補充必要週数の短い商品のフェースを増やしていくことで補充期間の必要な商品だけが伸び、全体的に補充期間が一定になるようなモデルを立案しようと考えた。そのために整理された各商品ごとのデータを基に、まず半年の販売数を週単位の平均として商品ごとにまとめ、全ての商品のフェース数を1とし、全商品の補充必要週数を求めた。

尚、フェース数の変動したときの売上の変化はデータがないため、各商品の売上は一定として考えている。

### 2.4 目標

本研究の目的はホームセンターの経費の一つである従業員の労働力の削減である。そのため商品ごとのフェース数を変動させ、今までばらつきのあった商品ごとの補充期間を一定とする。その作業によって、従業員の補充回数を少しでも少なくできる全店舗共通の標準棚を立案することが目標である。また、実用化に向け売上で関連させた陳列方法も考案していきたいと考えているため、強化棚の中で売上の高い商品を標準棚に入れ、より売上が高くなると見込める標準棚を立案する。

## 3 標準6店舗の最適フェース数決定

### 3.1 記号の定義

まず添字の設定を行う。

$I$ : 標準棚の商品の集合

次に変数を定義する。

$x_i$ : 商品*i*のフェース数 ( $i \in I$ )

今回の定式化における変数は以上である。

次に定数を定義する.

- $S_i$  : 商品*i*の最大陳列数 ( $i \in I$ )
- $T_i$  : 商品*i*の最小陳列数 ( $i \in I$ )
- $P_i$  : 商品*i*の一週間の販売数 ( $i \in I$ )
- $W_i$  : 商品*i*のフェース幅 ( $i \in I$ )

### 3.2 定式化

次にこれらの変数かつ定数を使って定式化する.

目的関数として商品 *i* が 1 フェースのときの補充週数を求め、週数が最も短い商品のフェースを増やしていくように設定した.

目的関数

$$R \rightarrow \max \tag{1}$$

次に制約式を定義する.

制約条件

フェースは最低でも一つ以上であるという制約.

$$x_i \geq 1 \quad (i \in I) \tag{2}$$

商品幅の合計が棚の横幅の合計の値で収まるようにする制約. 今回、定式化では詰め替え用の下二段を省いているため、棚の合計幅は  $120 \times 11$  (「一段の横幅」 $\times$ 「段数」) より 1320 である. そして商品と商品の間には仕切りがあるため仕切り分の幅を 0.2 として計算する.

$$\sum_{i \in I} (W_i x_i + 0.2) \leq 1320 \tag{3}$$

$$R \leq \frac{S_i - T_i}{P_i} x_i \quad (i \in I) \tag{4}$$

但し、 $x_i$  は自然数である .

### 3.3 定式化の説明

今回の定式化では最も補充週数が短い商品のフェース数を増やす作業を繰り返すことによって、全体的に補充週数が一定となるようにしている. 補充週数は (最大陳列数 - 最小陳列数) / 一週間の販売数として表される.

この定式化を現在標準棚を扱っている 6 店舗全てのデータにあてはめ、Excel 上の最適化ソフトウェアである What's Best!8.0 を使用して解いた.

### 3.4 実行結果

上記の定式化により以下のような結果が得られた. 今回結果を視覚的に分かりやすく示すため、現状の補充期間と比較した散布図で表した. 図2は結果のよく現れていた店舗 1 のみ掲載する. 他 5 店舗の結果は本論に掲載する. 図2も図1と同様期間を十週としている .

また標準棚を扱っている 6 店舗の現状と定式化実行後の最も補充必要週数が短い商品の比較表を下記に示す.

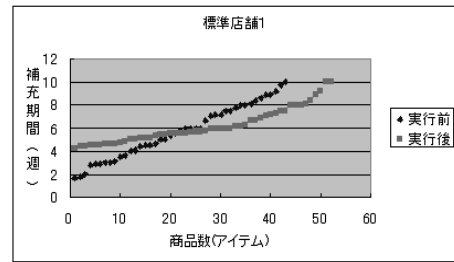


図 2: 店舗 1 の実行結果

表 1: 実行結果比較

店舗番号	現状 (週)	実行後 (週)
1	1.71	4.29
2	1.39	3.38
3	1.63	3.60
4	1.25	3.16
5	0.65	2.00
6	1.48	3.60

### 3.5 考察

実行結果によりどの店舗も 20 ~ 30 の商品の補充週数が伸びていることがわかる. 最も補充週数が早い店舗でも二週間、変化の大きい店舗では四週間補充の必要がいらぬという結果になった. 図2からも一つわかる結果として、横軸である商品数においてどの店舗も実行後の方が増えているということである. この結果は今まで補充期間が十分あるにも関わらず、フェース数を余分にとっていた商品だと考えられる. これらの商品が本来あるべき補充週数になったことで目的である補充期間をなるべく一定にすることが達成できた. 以上の二点より、従業員は補充期間に目安ができ、一度に多くの補充をすることでより効率的になったと言える.

店舗ごとの現状と実行後の最も補充週数が早い商品の比較表をみてもどの店舗も 1.5 週 ~ 2.5 週あたりまで補充週数が伸びている. また、フェース数を変動させることにより商品ごとの売上も変わってくるかもしれないがおよそ二週間から三週間は補充週数を確保できると予測がたつ.

今回の定式化で各店舗ごとに補充期間の延びた棚は形成できたが、本来の目的はこの 6 店舗に共通する商品数もフェース数も全て同じ形の棚を形成するというのである. 今回の実行結果は店舗ごとに求めた補充週数なので四章の定式化では、本章の計算結果を基に、この結果よりなるべく変化の少ない全店舗共通の標準棚作成を目指す.

## 4 全店舗共通の標準棚の立案

### 4.1 目的

三章で求めた各店舗ごとの補充期間になるべく近くなるようにフェース数の変動をさせ、現状の補充期間よりも補充必要週数の伸びた全店舗共通の標準棚を立案する.

## 4.2 アプローチ

始めに三章の実行結果に近づけるため、商品のフェース数が6店舗中5店舗、もしくは6店舗全て同じである場合は標準棚の共通フェース数として決定する。

また、共通フェース数の決まっていない商品は各店舗の最適フェース数の平均を基に変更範囲を平均からマイナス1した数とプラス1した間の自然数と定め、その範囲内でフェース数を変動させる。そして、最も標準棚の幅の合計に近い値になるよう決定させる。このとき基準とすることは補充期間であるので補充期間が優先的に延びるよう定式化を作成する。

## 4.3 記号の定義

まず添字の設定を行う。

$I_1$ : 共通フェース数が決定している商品の集合  
 $I_2$ : 共通フェース数が決定されていない商品の集合

次に変数を定義する。  
 変数はまだ決定されていないフェース数とする。

$y_i$ : 商品 $i$ の共通フェース数 ( $i \in I_2$ )

今回の定式化における変数は以上である。  
 次に定数を定義する。

$A_i$ : 商品 $i$ の6店舗のフェース数の平均 ( $i \in I_2$ )  
 $F_i$ : 決定している商品 $i$ の共通フェース数 ( $i \in I_1$ )

## 4.4 定式化

次にこれらの変数かつ定数を使って定式化する。  
 目的関数はフェース数の決まっていない商品の合計フェース幅が最大となるように設定した。  
 目的関数

$$\sum_{i \in I_2} W_i y_i \rightarrow \max \quad (5)$$

次に制約式を定義する。  
 制約条件  
 標準棚の合計範囲内からすでにフェース数の決まっている商品群を引いた範囲内に今から決定する商品の合計幅が収まっていなければならないという制約。

$$\sum_{i \in I_2} W_i y_i \leq 1320 - \sum_{i \in I_1} F_i W_i \quad (6)$$

決まっていない商品のフェース数としてとれる範囲の制約

$$A_i - 1 \leq y_i \leq A_i + 1 \quad (i \in I_2) \quad (7)$$

但し、 $y_i$ は自然数である。

## 4.5 定式化の説明

今回の定式化では補充という観点を中心として考えたため、より多くの商品が陳列できるように目的関数を売上等ではなく標準棚の範囲により近づける形とした。それによってより多くのフェース数を確保することは、補充期間が延びることに繋がると考えた。6店舗のフェース数の平均が高い数値をとっている商品は必要最低補充週数が短くなってしまいう可能性が高いためあらかじめフェース数の多い値で確保した。平均が高い数値とはここでは4フェース以上とした。

## 4.6 実行結果

上記の定式化により以下のような結果が得られた。今回結果を視覚的に分かりやすく示すため、標準6店舗の平均で求めた現状の補充期間と比較した散布図で表した。今回も三章と同様に10週を区切りとした。

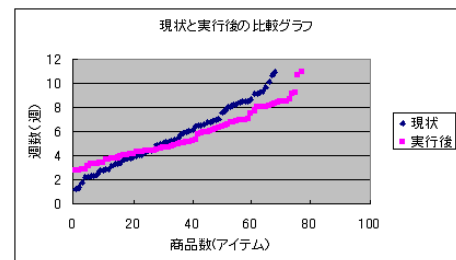


図 3: 現状と共通標準棚の比較グラフ

次に三章で求めた各店舗の最適フェース数と比較するため現状、各店舗、共通標準棚の最も補充必要週数の短い商品の結果を取り上げ、それぞれを比較した表2に示す。

表 2: 実行結果比較

標準店舗番号	各店舗 - 現状 (週)	共通 - 現状 (週)
1	2.58	1.15
2	1.99	0.61
3	1.97	1.14
4	1.91	1.25
5	1.35	0.81
6	2.12	1.15

## 4.7 考察

実行結果より現状の商品陳列方法を変えることによって全店舗補充必要週数の伸びた共通の標準棚を考案することができた。三章の定式化と同様に商品の従業員が行う補充期間が一定に近づき、現状より補充という観点において適した陳列方法であると言える。

しかし、現状の各店舗ごとと比較してみると、どの店舗も1週間近くは延びているものの、三章で求めた各店舗ごとの実行結果と比較した場合、一週間程の差があることがわかる。この点は店舗ごとに売れる商品、売れない商品が異なっているため仕方ないが、まだまだ改善の余地があると言えるだろう。

## 5 強化棚を基準とした新たな標準棚の立案

### 5.1 目的

今回の定式化では補充期間だけでなく売上也関連させてより多くの商品から新たな標準棚を立案することが目標である。

### 5.2 アプローチ

今回は前の定式化とは違い、まずある一定の補充期間を確保した上で現状の売上が多い順にフェース数を変動させていく方法をとる。そのため全商品の1フェースのときの補充期間を求め、商品を週ごとの平均売上の多い順に並べていく。そして定まった補充期間に到達するまでフェース数を確保し、商品幅の合計が標準棚の合計である1320に近くなるように計算していく。

今回は標準より一棚多い強化と呼ばれる店舗データを取り入れ、強化棚から売上の高い商品を抜粋し、標準棚の幅に収める。この方法を用い補充週数を二週間、三週間、四週間、五週間と場合分けをして問題を解いた。今回は必要最低補充週数を二週間とした定式化について言及する。

### 5.3 記号の定義

まず添字の設定を行う。

$J$ : 強化棚の商品の集合

次に変数を決定する。

$$z_j = \begin{cases} 1 & \text{商品 } j \text{ を棚に置く} \\ 0 & \text{商品 } j \text{ を棚に置かない} \end{cases} \quad (j \in J)$$

今回の定式化における変数は以上である。

次に定数を定義する。

$R_j$ : 商品  $j$  の一週間の売上  $(j \in J)$

$B_j$ : 商品  $j$  の必要フェース数  $(j \in J)$

### 5.4 定式化

次にこれらの変数かつ定数を使って定式化する。

目的関数を陳列された商品の売上の総和が最も大きくなるように設定した。

目的関数

$$\sum_{j \in J} R_j z_j \rightarrow \max \quad (8)$$

次に制約式を定義する。

制約条件

強化棚から抜粋した商品の合計幅が標準棚の合計範囲内おさまっていなければならないという制約。

$$\sum_{j \in J} (B_j w_j + 0.2) z_j \leq 1440 \quad (9)$$

### 5.5 定式化の説明

今回の定式化では陳列された商品の売上の総和が最大となるように設定したため、売上の高い商品や売上金額の大きい商品が棚構成の中心となっている。また、先に必要なフェース数を決めておくことにより並べられた商品は全て指定した補充期間を満たすことができる。

### 5.6 実行結果

上記の定式化において補充期間を二週間～五週間まで定め解いた、結果以下のような結果が得られた。今回、強化の売上と商品数を数値の高いものから順に並べ、強化棚から抜粋された商品群が全体の何パーセント占めているかという累積構成比を求め、下記の表に分かりやすく示した。下記の数値の単位は全て%であり有効数値1桁とした。

表 3: 実行結果比較

週数	商品数	累積構成比 (売上/商品数)
2	131	99.8% / 80.4%
3	106	96.9% / 64.4%
4	104	96.5% / 63.2%
5	87	92.8% / 52.8%

### 5.7 考察

実行結果より補充期間を二週間保つには強化から売上のある商品の約99%陳列させることができ、商品数は20%削減しなくてはならないことがわかる。また五週間保つには約50%の商品を削減しなければならないことが分かった。今回の定式化では商品の累積構成比と関連させ補充もある一定の期間確保できるようになった。逆に累積構成比を基準として補充期間を決めることもできる。今回、売上を関連させたことで少し実用化に近くなったと感じた。

## 6 おわりに

今回、あまり前例のない補充という観点で研究を行い、様々な手法で効率的にしていこうと試みた。その結果計算上の数値では効率的にはなったものの、まだまだ実用までには程遠いと感じた。今後、実用化に向け多くのデータを扱うと共に、売上等と深く関連させて研究を進展させて頂けたら幸いである。

### 参考文献

- [1] 福島 雅夫:「数理計画入門」, 朝倉書店, 1996.
- [2] 小和田 正, 澤木 勝茂, 加藤 豊:「OR入門」, 実教出版, 1984.