

# ホームセンターの商品の在庫政策

2020SS054 野村健人

指導教員 鈴木敦夫

## 1 はじめに

### 1.1 近年の小売業の動向

近年、店舗型の小売業全般において、売上の伸び悩みが見られる。背景としては、EC市場の急速拡大がある。EC市場は人件費の削減、サプライチェーンの効率化等によるコスト削減を通じ、店舗型小売業者よりも低価格での商品提供が可能である。EC事業への対応として、店舗型小売業が既に取りっている策は、オムニチャネル展開、店舗内での商品体験への注力、POS(Point Of Sales)システムの導入が挙げられる [5]。

### 1.2 新たな施策の提案

既存の対応策に加え、ここでは発注モデルを見直すことを考える。従来の在庫発注モデルでは、数量（欠品率や在庫数）を基に在庫を適正化することが一般的だった。しかし、ここで考える新たな市場環境により売上が伸び悩み、単なる数量管理だけでなく、利益を増やすためのモデルで在庫発注を行うことが重要だと考える。

## 2 品切れ損失額最小化モデルの提案

### 2.1 記号の定義

定数

$I$ : 商品の種類の集合

$P_i$ : 商品  $i$  の販売価格

$0.8P_i$ : 商品  $i$  の仕入れ値 (販売価格の 0.8 倍)

$0.2P_i$ : 商品  $i$  が 1 個品切れしたときの品切れ損失額

$\hat{y}_i$ : 商品  $i$  が予測期間中に売れる個数の予測値

$\hat{y}_{i\_upper}$ : 商品  $i$  が予測期間中に売れる個数の予測区間上限値 (予測区間は両側 5% 区間)

$\hat{y}_{i\_lower}$ : 商品  $i$  が予測期間中に売れる個数の予測区間下限値 (予測区間は両側 5% 区間)

$\sigma_i$ : 商品  $i$  の予測期間中の販売予測量の標準偏差

$$\sigma_i = \frac{\hat{y}_{i\_upper} - \hat{y}_i}{1.96}$$

$AV_i$ : 商品  $i$  の学習期間内の平均販売個数

$MaxC$ : 全体予算

$$MaxC = \sum_{i \in I} 0.8P_i AV_i$$

変数

$x_i$ : 商品  $i$  の発注量

### 2.2 品切れ損失額最小化モデル

商品  $i$  を  $x_i$  だけ発注したときの品切れ損失額の期待値を最小化するモデルは以下のようである。

目的関数

$$\min. 0.2P_i(\xi - x_i) \left( \int_{x_i}^{\infty} f_i(\xi) d\xi \right) \quad (1)$$

制約条件

$$\sum_{i \in I} 0.8P_i x_i \leq MaxC \quad (2)$$

$$x_i \leq \hat{y}_i + 2\sigma_i \quad (3)$$

$$x_i \geq \max(\hat{y}_i - 2\sigma_i, 0) \quad (4)$$

$$x_i \in \mathbb{Z} \quad (5)$$

数式の説明

(1) 目的関数として、商品  $i$  を  $x_i$  だけ発注したときの品切れ損失額の期待値を最小化。

(2) 各商品  $i$  の発注にかかる費用の合計が全体予算を超えないようにする。

(3) 商品  $i$  の発注数は  $\hat{y}_i + 2\sigma_i$  以下にする。

(4) 商品  $i$  の発注数は  $\hat{y}_i - 2\sigma_i$  と 0 の値の大きい方以上にする。

(5) 商品  $i$  の発注数は、整数とする。

## 3 モデルを解くための準備

第 2 節で提案したモデルの有効性を示すために、Python で利用できる Prophet を用いて各商品の売上個数の予測を行う。

### 3.1 使用するデータについて

ある小規模なホームセンターの POS データ (全体期間: 2009 年 9 月 28 日-2010 年 10 月 31 日の 57 週分) に記録された、売上週数、売上数量、販売価格を利用する。商品約 24660 点の内、全体期間内売上高が大きく、売上 0 の週が 10 週以下であり、かつ、変動係数が 1 以下となる商品 10 個を対象とする。

### 3.2 売上個数の予測について

POS データ (学習期間: 2009 年 9 月 28 日-2010 年 10 月 24 日) をもとに、予測対象商品の売上個数 1 週間分 (予測期間: 2010 年 10 月 25 日-2010 年 10 月 31 日) を予測する。外部変数には、降水量データを利用する。店舗所在地域の学習期間分の降水量データを気象庁サイト [4] より参照する。一部降水量が記録されていない日に関しては goo 天気 [3] より補填する。

POS データをもとに、週数、各商品の販売個数、外部変数の降水量を Excel でまとめ、Prophet を用いて時系列予測を行った。

### 3.3 予測結果

表 1 は、各商品ごとの、予測期間中の商品売上予測と、実際の販売個数をまとめたものである。この予測値を利用してモデルを解き、発注の策定を行うこととする。

表 1 各商品の予測販売数と実際の販売個数

商品番号	週平均販売個数	σ(予測のバラつき)	予測上限値	予測値	実際の販売データ
5	86,228	73,432	258,111	11,485	76
8	24,333	16,040	43,589	12,151	61
10	23,895	16,747	61,976	29,151	54
11	23,702	13,177	45,960	20,133	28
17	18,561	13,603	50,482	23,821	0
18	16,333	11,722	42,627	19,652	17
19	16,035	13,124	40,191	14,469	6
23	13,018	9,587	26,668	7,872	9
25	12,456	8,698	31,229	14,180	7
26	12,404	8,938	31,788	14,269	13

4 Excel の solver を用いたモデルの実行

4.1 実行結果

表 2 は、品切れ損失額最小化モデルを実行した結果である。ここでは予測対象期間の実データを、実際の需要個数と見なしている。品切れ損失額の合計は、1993 円、販売利益は 40140 円となった。

表 2 品切れ損失額最小化モデル実行結果例

商品番号	発注個数	実データ(需要)	売った個数	合計粗利	品切れ個数	品切れ損失額	経費(商品購入費)	販売利益
5	101	76	76	3009.6	0	0	15998.4	15048
8	16	61	16	281.6	45	792	1126.4	1408
10	24	54	24	720	30	900	2880	3600
11	18	28	18	244.8	10	136	979.2	1224
17	19	0	0	0	0	0	6049.6	0
18	16	17	16	1273.6	1	79.6	5094.4	6388
19	16	6	6	297.6	0	0	3174.4	1488
23	10	9	9	896.4	0	0	3984	4482
25	12	7	7	277.2	0	0	1900.8	1386
26	12	13	12	1027.2	1	85.6	4108.8	5136
				8028		1993.2	45296	40140
				↑	↑	↑	↑	↑
				合計粗利(利益)	品切れ損失額合計	経費合計	販売利益	

4.2 他モデルでの実行結果

4.2.1 全体予算を按分した時の実行結果

全体予算を、学習期間内売上高の大きい商品順に、10:9:8:7:6:5:4:3:2:1 の比率で分配し、分配された予算を最大限に使用して発注した時の結果が表 3 のようになった。品切れ損失額の合計は、2606 円、販売利益は 37076 円となった。

表 3 予算を按分したときの発注モデル実行結果例

商品番号	発注個数	実データ(需要)	売った個数	合計粗利	品切れ個数	品切れ損失額	経費(商品購入費)	販売利益
5	52	76	52	2059.2	24	950.4	8236.8	10296
8	23	61	23	404.8	38	668.8	1619.2	2024
10	27	54	27	810	27	810	3240	4050
11	15	28	15	204	13	176.8	816	1020
17	23	0	0	0	0	0	7323.2	0
18	18	17	17	1353.2	0	0	5731.2	6766
19	20	6	6	297.6	0	0	3968	1488
23	16	9	9	896.4	0	0	6374.4	4482
25	15	7	7	277.2	0	0	2376	1386
26	14	13	13	1112.8	0	0	4793.6	5564
				7415.2		2606	44478.4	37076
				↑	↑	↑	↑	↑
				合計粗利(利益)	品切れ損失額合計	経費合計	販売利益	

4.2.2 全体予算を均等配分した時の実行結果

全体予算を、各商品に均等に分配し、分配された予算を最大限に使用して発注した時の結果が表 4 のようになった。品切れ損失額の合計は、2649 円、販売利益は 36858 円となった。

表 4 予算を均等配分したときの発注モデル実行結果例

商品番号	発注個数	実データ(需要)	売った個数	合計粗利	品切れ個数	品切れ損失額	経費(商品購入費)	販売利益
5	28	76	28	1108.8	48	1900.8	4435.2	5544
8	64	61	61	1073.6	0	0	4505.6	5368
10	37	54	37	1110	17	510	4440	5550
11	83	28	28	380.8	0	0	4515.2	1904
17	14	0	0	0	0	0	4457.6	0
18	14	17	14	1114.4	3	238.8	4457.6	5572
19	22	6	6	297.6	0	0	4364.8	1488
23	11	9	9	896.4	0	0	4382.4	4482
25	28	7	7	277.2	0	0	4435.2	1386
26	13	13	13	1112.8	0	0	4451.2	5564
				7371.6		2649	44448.8	36858
				↑	↑	↑	↑	↑
				合計粗利(利益)	品切れ損失額合計	経費合計	販売利益	

5 考察

第 4 節で示した、品切れ損失額最小化モデルによる発注と、他モデルによる発注の違いを考察するため、表 5 を作成した。

表 5 品切れ損失額の内訳

商品番号	売上関与ランキング	品切れしても損失が軽いランキング	発注	仕入個数	1番の商品切れによる損失額	k-LIME 推定値	実データ販売個数	品切れ損失額最小化モデル			他モデル			均等配分モデル		
								発注個数	品切れ個数	品切れ損失額	発注個数	品切れ個数	品切れ損失額	発注個数	品切れ個数	品切れ損失額
5	1	4	188	1584	39.6	114.185	76	101	0	0	52	24	950.4	28	48	1900.8
8	9	2	68	784	17.6	12.590	61	16	45	792	23	38	668.8	61	0	0
10	7	3	150	20	25.854	54	24	24	30	900	27	27	822	27	17	510
11	10	1	68	844	13.6	20.1332	28	18	10	136	15	13	176.8	83	0	0
17	2	8	388	3184	79.6	23.8211	0	19	0	0	23	0	0	14	0	0
18	4	8	388	3184	79.6	19.65209	17	16	1	79.6	18	0	0	14	3	238.8
19	6	6	248	1984	48.6	14.46857	6	16	0	0	20	0	0	22	0	0
23	3	10	498	3984	99.8	7.87571	9	10	0	0	15	0	0	11	0	0
25	8	4	188	1584	39.8	14.1793	7	12	0	0	15	0	0	28	0	0
26	5	7	428	3424	85.8	14.0882	13	12	1	85.8	14	0	0	13	0	0
								合計品切れ損失額	1993.2		合計品切れ損失額	2606		合計品切れ損失額	2649	
								販売利益	40140		販売利益	37076		販売利益	36858	

表 5 内にある、売上関与ランキングとは、学習期間内の各商品の売上高が、対象商品内で何番目に大きいかを示している。また、品切れしても損失が軽いランキングとは、各商品 1 つ品切れしたときの品切れ損失額が、対象商品内で何番目に小さいかを示している。

品切れ損失額最小化モデルでは、品切れ損失が相対的に重い商品や、売上関与ランキングが相対的に高い商品の品切れが優先的に抑えられていることがわかった。一方で、品切れ損失が相対的に軽い商品や、売上関与ランキングが相対的に低い商品の品切れが多く起こっていることもわかった。品切れ損失という、重み付き確率が組み込まれたモデルで発注を最適化した結果、品切れ損失額が他モデルよりも抑えられ、かつ、売上高も大きくなった。

以上を踏まえ、品切れ損失額最小化モデルで発注を最適化することは、品切れ損失額を抑え、売上を向上させるのに効果的であると考察できる。

6 おわりに

本研究では、品切れ損失額を抑える最適化モデルを考案し、とあるホームセンターの売れ筋商品を例として、モデルの有効性を確認した。このモデルで発注を行うことで、決められた予算内で、品切れ損失額を抑え、利益を向上させることが期待できる。

今後の課題として、商品数を増やすこと、制約(発注単位の制約やフェース数)を加味したモデルの作成、Prophet 以外の時系列解析ツールを用いて予測精度を高めることが挙げられる。これらの課題に今後は取り組んでいき、実際の小売業全般の現場で導入できるような、品切れ損失額最小化モデルとなるようにしたい。

参考文献

- [1] 岩堀凌治, 加藤ゆず希, 鈴木琴葉: パンの販売数の予測と最適生産計画. 南山大学 理工学部 システム数学科 2022 年度 卒業論文 (2023)
- [2] Sean J. Taylor, Benjamin Letham: Forecasting at Scale. The American Statistician, 72:1, 37-45 DOI:10.1080/00031305.2017.1380080 (2018)
- [3] [urlhttps://weather.goo.ne.jp/past/632/00000211/](https://weather.goo.ne.jp/past/632/00000211/), goo 天気, 2023/09/23
- [4] [https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=52&block\\_no=0485&year=2010&month=10&day=&view=p1](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=52&block_no=0485&year=2010&month=10&day=&view=p1), 気象庁, 2023/09/23
- [5] <https://www.mylogi.jp/ec/ec-real-store-hikaku/>, EC サイトと実店舗での販売について比較してみました, 2024/01/07