

# ホームセンターにおける野菜苗の発注と在庫振替について

M2012MM015 小林亮太

指導教員：三浦英俊

## 1 はじめに

### 1.1 背景と研究の目的

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業務改善に取り組んでいる。過去の研究では、売上に影響を及ぼさずにホームセンターの管理者側と従業員側の双方のニーズをマッチさせた最適な人員配置 [3]、利益の最大化を目的として販売予測モデルを用いた商品の価格決定 [4] などがなされている。これらにより人件費の削減や売上げの増加が図られている。また、発注に関する研究については、その年の販売傾向を反映させた販売予測による適切な発注の研究 [1] がおこなわれている。そして、在庫振替に関する研究については、コスト削減を目的とした季節商品における店舗間輸送計画の数理モデルの研究 [5] がおこなわれている。

本研究では野菜苗を対象に「発注の現状把握・提案」と「在庫振替」を考える。一般的に商品が顧客の手に渡るまでには、発注・配送・陳列という流れがある。この流れの中で基点となるのは発注である。発注によって商品が在庫不足になった場合、ホームセンターは顧客への販売が維持できなくなる。その結果、得られたはずの利益が得られず売上の低下につながる。また、集客力も低下し、その他の商品の売上低下にもつながりかねない。一方、発注により商品が在庫過多となった場合、陳列作業の時間が増加し、陳列しきれない商品はバックルームに下げる作業が発生する。その結果、人件費や管理費の増加につながる。

発注において重要なことは需要を適切に予測することである。その予測に合わせて「いつ、どのくらい発注すべきか」という適切な発注時期と発注個数を決めることによって、多くの費用を節約することができる。[2] そこで研究対象のホームセンターで現在用いられている発注方法に対して現状把握と提案を行う。

在庫振替とは、ある店舗の商品を他店舗に移動させて販売することである。発注した個数に対して需要が多く在庫過多となった場合に、他店舗に振替えることで廃棄となり得る商品が販売することができる。また、発注が少なく在庫不足となった場合に、在庫に余剰のある他店舗から振替えることで欠品を防ぐことができる。このように在庫振替は店舗の売上増加につながる。そこで在庫振替を行う上での支援システムを考える。

### 1.2 野菜苗について

研究対象の野菜苗は「季節商品」と呼ばれシーズンによって販売個数が変動する商品である。夏に需要の多い花火や水泳用具、冬に需要の多い暖房器具や雪囲い商品などもそれにあたる。ペット用品や文具などのような1年を通して一定の需要がある商品と異なり、季節商品の需要はその年々の気候などによって不規則に変動するた

めそれに合わせて発注を行うことは容易ではない。

野菜苗は「鮮度商品」とも呼ばれる。鮮度商品とは、時間とともに鮮度が衰退し最後まで売れ残った場合には廃棄となる商品である。鮮度商品に属さない木材やペンキなどの商品は半永久的に店頭で陳列できる。そのため仮に発注過多により売れ残ったとしても繰越在庫として用いることができるため廃棄は発生しない。研究対象のホームセンターにおける2012年度の野菜苗の売上に対する廃棄高の割合は5.5%であった。廃棄高とは廃棄となった全商品の販売売価の合計である。鮮度商品は廃棄を発生させてしまうとその分売上に影響するためその他の商品と比べて発注が難しい。

また、一般的に鮮度商品である野菜苗が商品として店頭で陳列できる期間は納品からおおよそ2週間と言われている。つまり、発注した商品はその期間内に販売しなければならぬ。研究対象のホームセンターでは納品から日がたち廃棄になりそうな商品に対して値下げを行い販売している。しかし、値下げすることでその分得られるはずであった利益が得られず売上が減少してしまう。2012年度における野菜苗の売上に対する値下高の割合は8.9%であった。値下高とは値下げを行った商品の値下げ金額の合計である。

本研究ではまず、現在の発注方法の一段階である発注対象の決定方法が妥当であるかを検証する。そして、次に現在の発注方法で無駄となっている点を挙げ、最後にその無駄の削減方法について述べる。

### 1.3 現在の発注方法

研究対象のホームセンターでは多くの商品の発注に対して1週間で1単位とした定期発注方式を採用している。しかし、野菜苗は農家で種から育てられ商品として販売できるまで成長したものが店舗に納品されるため計画的に種まきを行わないと発注した際、農家に商品がないという事態になってしまう。そこで野菜苗はシーズンが始まる前に「発注計画」を農家に提出し、農家はそれに合わせて種まきをして店舗に納品するという方法を採用している。発注計画とは、シーズン中にどの店舗にどの商品をいつどれくらい納品するかを示したものである。また、野菜苗の発注は各店舗の植物担当が直接農家に発注するのではなく、パイヤーという商品の買い付け担当により全店舗まとめて行われている。発注計画の作成過程は(1)発注店舗の決定、(2)発注個数を決定、(3)納品時期の決定となっている。

(1)発注店舗の決定は「地区」と「店舗規模」の決定によって行われる。「地区」は全国区、東海地区、北陸地区の3地区から1つを選択する。各店舗は東海地区と北陸地区のいずれかに振り分けられており、全国区とは東海地区と北陸地区を合わせた全店を対象にするということである。「店舗規模」は大型店、中型店、小型店、小小型

店、極小型店、小商圏の6規模があり、各店舗はいずれかの規模に分類されている。店舗規模を決定する際は、大型店からどの規模までを対象にするかを選択する。したがって、発注回数は大型店が最も多く、大型店から規模が小さくなるにつれて少なくなる。(2)発注個数を決定する際は、選択した店舗規模ごとに「発注単位」で決定する。「発注単位」とは各商品に定められている発注できる最小の個数で発注はこの個数の倍数で行われる。表1に発注計画の一例を示す。

表1 発注計画の一例

商品名	商品 A	商品 B	商品 C	商品 D
発注対象の地区	北陸地区	全国区	全国区	東海地区
大型店(個)	12	48	12	30
中型店(個)	12	48	12	30
小型店(個)	12	24	12	-
小小型店(個)	12	24	12	-
極小型店(個)	12	-	12	-
小商圏(個)	-	-	12	-
発注単位(個)	12	24	12	30
納品日	3月6日	3月6日	3月20日	3月27日

## 2 現在の発注方法に対する現状把握・提案

現在発注の際に作成される発注計画の妥当性の検証を行う。検証はまず、発注店舗決定の際に用いられる「地区」と「店舗規模」について行う。そして、次に発注個数を決定の妥当性を調べる。その際、研究対象のホームセンターに提案した「販売実績表示ツール」、「消化率表示ツール」、「鮮度性を考慮した発注シミュレーション」を用いる。販売実績表示ツールは2010年度から2012年度の販売個数・販売金額を数値とグラフで表示するツールである。消化率表示ツールは2012年度の販売個数と発注個数を数値とグラフで表示し、消化率を見ることのできるツールである。

### 2.1 地区の妥当性の検証

発注計画を作成する際に東海地区と北陸地区という地区を用いることの検証を行う。まず、全店舗を対象に販売個数が最盛期に達する時期を品群ごとに調べる。そして、その時期を地区で分けて平均を求める。その結果の一部を表2に示す。

表2 最盛期に達する時期

品群	東海地区	北陸地区	差(北陸地区-東海地区)
エダマメ	5月6日	5月14日	8日
カラーピーマン	5月1日	5月14日	13日
キュウリ	4月25日	5月7日	12日

表2から多くの品群が東海地区と北陸地区で最盛期に達する時期が異なっていることがわかる。また、その多くが東海地区→北陸地区の順に最盛期に達している。ここで野菜苗の販売と関係が深いと考えられる気温との関係を調べる。東海地区の代表市を名古屋市、北陸地区の代表市を金沢市として、それぞれの1月から6月の1日の平均気温に回帰直線を当てはめて、その回帰直線より名古屋市と金沢市の気温上昇の差を求める。

$x=\{0,1,2,\dots,180\}$  を1月1日からの経過日数として、名古屋市の回帰直線を

$$y_n = a_n x + b_n \quad (1)$$

として金沢市の回帰直線を

$$y_k = a_k x + b_k \quad (2)$$

としたときに  $\sum_{x \in X} \{a_n(x_n - t) + b_n\} - (a_k x_k + b_k)^2$  を最小とする  $t$  を名古屋市と金沢市の気温上昇の差とする。2010年から2012年の気温上昇の差を求めると2010年は14.97日、2011年は11.78日、2012年は10.59日となる。これより気温という観点からは発注計画を作成する際に地区を用いて発注店舗を決定することはある程度適切である。

### 2.2 店舗規模の妥当性の検証

次に発注計画を作成する際に大型店、中型店、小型店、小小型店、極小型店、小商圏という地区を用いることの検証を行う。まず、全店舗を対象に消化率を品群ごとに調べる。そして、その時期を店舗規模で分けて平均を求める。その結果の一部を表3に示す。

表3 各規模における品群別の消化率

品群	大型店	中型店	小型店	小小型店	極小型店	小商圏
エダマメ	96%	93%	91%	75%	57%	-
キュウリ	99%	99%	94%	83%	78%	78%
ジャガイモ	96%	80%	86%	76%	66%	-

表3から店舗規模が小さくなるにつれて消化率が低くなる傾向があることがわかる。つまり、店舗規模が大きい店舗ほど廃棄数を抑えて販売できているということになる。現在の発注方法では、店舗規模が大きい店舗ほど発注個数が多く設定されているため、発注対象を決める際に昨年度の売上を基とした店舗規模を用いることはある程度適切である。

### 2.3 発注個数の妥当性

野菜苗は鮮度商品であるため陳列後ある程度日数が経過すると廃棄となる。そのため発注計画を考える際に鮮度性を考えることは重要なことである。そこである需要に対していくつ発注すれば廃棄をなるべく少なく抑えることができるかを求めるシミュレーションを考える。このシミュレーションの前提として需要は2010年度から2012年度の平均販売個数を用いる。また、店舗に陳列できるのは納品から2週間で2週間経過すると廃棄とする。この上で需要を満たし欠品を起こさない最低限の発注を行った場合の発注個数と廃棄個数を求める。廃棄が発生してしまうのは、発注計画作成時に用いる発注単位で発注を行うためである。需要が発注単位の倍数でないと廃棄が発生する。表4にシミュレーションの結果の一例を示す。

この発注シミュレーションを用いて求めた発注個数と実際の発注個数を比較することで発注計画の発注個数の妥当性を検証する。表5に比較結果の一部を示す。

表5のようにシミュレーションで得られる発注の消化率が実際の発注より低い場合は廃棄を削減する余地があ

表 4 シミュレーションの結果の一例 (発注単位 = 24)

日付	需要 (個)	発注個数 (個)	欠品数 (個)	廃棄個数 (個)
4月5日	0	48	0	0
4月12日	40	48	0	0
4月19日	37	24	0	0
4月26日	28	24	0	0
5月3日	20	0	0	0
5月10日	3	0	0	16

表 5 実際の発注と発注シミュレーションの比較

	実際の発注	シミュレーションの発注
消化率 (%)	65.18	97.77
年間販売個数 (個)	219	219
年間発注個数 (個)	336	224
年間廃棄個数 (個)	117	5

ることを示している。このような商品は全体の半数あることから発注計画の発注個数の精度が悪いと考えられる。

### 3 在庫振替

納品は発注計画に従い行われるため、時期や個数をシーズン中に変更することはできない。つまり、発注計画が実際の需要と異なり廃棄発生または在庫切れという状況に陥ってしまう可能性があるということである。そのような場合の対策として一度納品された在庫の振替を考える。ここで用語の定義をする。在庫振替を行う際に商品を出す店舗を「振出店」とし、商品を受け入れる店舗を「振入店」とする。

研究対象のホームセンターにおいて在庫振替は野菜苗以外の商品に関してしばしば用いられる作業である。その際に「在庫平準システム」というシステムが用いられている。このシステムは、商品を平等に完売できるように振替個数、振替先を決定するシステムである。しかし、システム登録から商品が店舗に納品されるまでに3週間ほどかかってしまう。したがって、鮮度商品である野菜苗は急ぎで在庫振替を行わなければならないため、このシステムを用いることができない。そこで新たに野菜苗用の在庫振替システムを考える。

考案するシステムの結果出力まで工程は (1) 振出店の選別振、(2) 振入店の選別、(3) 出個数の決定、(4) 振替先の決定となっている。(1) 振出店の選別、(2) 振入店の選別は自動選別できず、あらかじめ与えられたものとして手動で設定する。つまり、このシステムは振替を行うことによって利益が得られるという前提で使用されるものである。

#### 3.1 振出店の選別・振入店の選別

振出店を選別する際は担当の物流倉庫、店舗規模(在庫振替)、店舗指定で選択・絞り込みを行うようにする。物流倉庫とは、各店舗へ商品を配送する際に基点となる倉庫である。小矢部、富加、大府の3箇所があり、各店舗は各倉庫に振り分けられている。在庫振替を行う際に各振出店から出された商品は一旦物流倉庫に集められ、その後各振入店に配送される。

野菜苗以外の商品が在庫振替を行う際に、配送にかか

る費用を考慮して店舗が属する物流倉庫によって範囲を制限することがある。たとえば、「担当の物流倉庫が異なる店舗間では在庫振替を行わず、各物流倉庫に属する店舗の中で行う」や「小矢部と富加間、富加と大府間のように隣接する物流倉庫間では在庫振替を行うが小矢部と大府間では行わない」などである。野菜苗の在庫振替でもこの物流倉庫による範囲の制限を考えられるようにする。

店舗規模(在庫振替)は「1.3 現在の発注方法」で説明した発注計画を作成する際に用いる店舗規模とは異なるものである。この店舗規模(在庫振替)は店舗面積により決まられており、大きいものからSH(スーパーホームセンター)、R1, R2, R3, R4, AH(アットホーム)の6つがある。各店舗はそれぞれの規模に振り分けられている。店舗規模(在庫振替)が大きい店舗は一般的に集客力が高く販売個数が多い。一方、店舗規模(在庫振替)の小さい店舗は店舗面積が狭く販売個数は比較的少ない。そこで野菜苗以外の商品において店舗規模の小さい店舗から大きい店舗へ在庫振替を行う場合がある。

#### 3.2 振替個数の決定

各振出店がいくつ在庫を振出し、各振入店がいくつ振入れるかを決定する。その際、保有最大個数として振替後の振入店の在庫の上限とする。また、振替える個数は振替単位で行うとする。振替個数の決定は消化週を基に決定する。消化週は在庫数÷過去4週間平均販売数で求める。つまり、在庫が全て売れるまでにかかる週数の期待値を表している。この消化週を平準化するように振替個数を決定する。平準化とはでこぼこをなくすことで、消化週の平準化は振替によって消化週を変化させてなるべく均一にすることである。

平準化として2つの場合の問題を考える。1つは、各振出店の在庫をすべて振替えた場合に各振入店はいくつ振入れるかを求める問題である。この問題を全振出平準化問題と呼ぶことにする。全振出平準化問題は、在庫をすべて振出すことで新たな売り場を確保するとき有効である。もう1つは、各振出店が在庫をいくつ振替えるかの制限はなく、各店舗の消化週を平準化するように振替個数を求める問題である。この問題を純平準化問題と呼ぶことにする。純平準化問題は単純に在庫を平準化するとき有効である。定式化を以下で示す。

添字

$I$ : 振出店の集合

$J$ : 振入店の集合

$N$ : 自然数全体の集合

定数

$c$ : 保有最大個数

$u$ : 振替単位

$s_i$ : 振替前の振出店  $i$  の在庫数

$t_j$ : 振替前の振入店  $j$  の在庫数

$a_i$ : 振出店  $i$  の平均販売個数

$b_j$ : 振入店  $j$  の平均販売個数

○全振出平準化問題

決定変数

$x_j$  : 振入店  $j$  に振入れる振替単位数

目的関数

$$\min \left[ \max_{j \in J} \left\{ \frac{x_j u + t_j}{b_j} \right\} - \min_{j \in J} \left\{ \frac{x_j u + t_j}{b_j} \right\} \right] \quad (3)$$

制約条件  $x_j u + t_j \leq c \quad (j \in J) \quad (4)$

$$\sum_{j \in J} x_j = \sum_{i \in I} \left[ \frac{s_i}{u} \right] \quad (5)$$

$$x_j \in N \quad (j \in J) \quad (6)$$

- 目的関数 (3) : 振替後の各振入店の消化週を平準化 (各振入店の消化週の最大値と最小値の差を最小化)
- 制約条件 (4) : 保有最大個数 に収まるように振入を行う制約
- 制約条件 (5) : 振出す合計個数と振入れる合計個数を等しく保つ制約
- 制約条件 (6) : 変数の自然数制約

○純平準化問題

決定変数

$x_j$  : 振入店  $j$  に振入れる振替単位数

$y_i$  : 振出店  $i$  から振出す振替単位数

目的関数

$$\min \left[ \max_{j \in J} \left\{ \frac{x_j u + t_j}{b_j} \right\} - \min_{i \in I} \left\{ \frac{y_i u - s_i}{a_i} \right\} \right] \quad (7)$$

制約条件  $x_j u + t_j \leq c \quad (j \in J) \quad (8)$

$$y_i u + s_i \geq 0 \quad (i \in I) \quad (9)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = \sum_{i \in I} y_i \quad (10)$$

$$x_j, y_i \in N \quad (i \in I, j \in J) \quad (11)$$

- 目的関数 (7) : 振替後の全店舗の消化週を平準化 (全店舗の消化週の最大値と最小値の差を最小化)
- 制約条件 (8) : 保有最大個数 に収まるように振入を行う制約
- 制約条件 (9) : 振替後に在庫が 0 以下にならないように振出を行う制約
- 制約条件 (10) : 振出す合計個数と振入れる合計個数を等しく保つ制約
- 制約条件 (11) : 変数の自然数制約

表 6 に平準化による在庫数と消化週の変化の例を示す。

表 6 平準化による在庫数と消化週の変化

店舗名	振替前		振替後			
	在庫(個)	消化週(週)	全振出平準化問題		純平準化問題	
	在庫(個)	消化週(週)	在庫(個)	消化週(週)	在庫(個)	消化週(週)
振出店 1	30	24.00	0	0.00	10	8.00
振出店 2	45	20.00	5	2.22	25	11.11
振出店 3	76	38.00	6	3.00	26	13.00
振出店 4	40	32.00	0	0.00	10	8.00
振入店 1	15	2.31	125	19.23	95	14.62
振入店 2	22	4.63	92	19.37	72	15.16
振入店 3	21	4.00	101	19.24	81	15.43
振入店 4	22	4.89	82	18.22	62	13.78

3.3 振替先の決定

どの振出店からどの振入店にいくつ在庫振替を行うかを決定する。その際に振替店舗ペア数を基に考える。振替店舗ペア数とは振替を行う振出店と振入店のペアの数である。この振替店舗ペア数が増えると在庫振替にかかる配送の費用も増える。したがって振替店舗ペア数はより少ないことが望まれる。そこで「3.2 振替個数の決定」で説明した振替個数を満たした上で振替店舗ペア数をなるべく小さくするような振替え先を求める。そのために以下のような解法を考える。

- (1) 振出個数=振入個数の店舗間で振替え先を決定する
- (2) 残りの振出店の中で振出個数が最大の店舗と振入店の中で振出個数が最大の店舗の間で振替先を決定する (振替個数は振出最大と振入最大で小さい方)
- (3) 残りの振替個数が 0 ならば終了, それ以外ならば (1) に戻り作業を繰り返す

この方法で求めた振替先を表 7 に示す。

表 7 純平準化問題の振替先

店舗名	振入店 1	振入店 2	振入店 3	振入店 4
振替個数(個)	8	5	6	4
振出店 1	2		2	
振出店 2	2	2		
振出店 3	5		5	
振出店 4	3	3		

4 おわりに

本研究では、ホームセンターの野菜苗を対象として、発注方法の現状把握・提案と在庫振替についての分析を行った。現状把握・提案に関しては、販売実績表示ツール・消化率表示ツールの作成、鮮度性を考慮した発注シミュレーションを行った。これらを用いて現在の発注方法は発注個数に改善点があるという知見を得ることができた。在庫振替に関しては消化週の平準化、配送費用の抑制を考慮した支援システムを導くことができた。

今後の課題として、具体的な発注個数の導出を考える必要がある。また、在庫振替の振出店と振入店の選別を手動での設定となっているため、利益を考慮して候補店を選別するシステムを考えたいと思う。

参考文献

- [1] 小木曾匠：ホームセンターにおける芝生の発注・配送問題について。2011 年度南山大学大学院 数理情報研究科修士論文, 2011.
- [2] 小和田正, 沢木勝茂, 加藤豊：OR 入門一意思決定の基礎一。実教出版, 東京, pp.60-61, 1984.
- [3] 成田翔一：ホームセンターにおける最適人員配置。2009 年度南山大学大学院 数理情報研究科修士論文, 2009.
- [4] 野々垣壇：商品の最適価格決定問題について。2009 年度南山大学大学院 数理情報研究科修士論文, 2009.
- [5] 長谷部聡, 宇佐美浩：ホームセンターにおける季節品の輸送問題について。2009 年度南山大学大学院数理情報研究科修士論文, 2005.