

チェーンストアの店舗間における商品在庫の再配分

2019SS093 吉田遥

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

私のアルバイト先の百円ショップでは、長期売れ残り商品が売り場やバックルームを圧迫し続け、新商品の陳列やバックルームでの効率的な作業の妨げになっている。売れ行きが悪く大量の在庫を抱える商品については、その商品の売れ行きがよい別の店舗に商品を移動して販売する方が、チェーン店全体として利益増加につながる場合もあると考えられる。

2 問題の説明

店舗の売れ残り商品を減らすための手段として、2種類の方法を考える。1つめは商品を他の店舗に移動する方法であり、2つめは商品を値引き販売する方法である。この2つの方法を用いて売れ残り商品を販売するとき、商品の移動と値引き販売に必要なコストの最小化を行う。

売れ残り商品を他の店舗に移動するときにはトラックを用いる。各店舗から移動先の店舗へトラックを1回使用することに必要なガソリン代をコストとする。

値引き販売する際には、値引き後は全て売れると仮定する。

移動先の店舗の販売見込み数を超えて商品を移動させた場合、移動先の店舗で再び売れ残り商品となる可能性がある。そのため、移動先の店舗の販売見込み数を考慮し、受け入れ可能個数に上限を設ける。さらに、各店舗に商品を保管できるスペースには制限があるので、移動する商品の個数以外に、商品の大きさも考慮する必要がある。

2つのモデルを提案する。モデル1では、値引き販売する個数を自由に決められるものとする。そのため、同じ店舗で売れ残った同じ種類の商品について、一部他の店舗へ移動し、一部値引き販売を行う最適解が出力される可能性がある。モデル2では、同じ店舗で売れ残った同じ種類の商品について、全て他の店舗へ移動を行うか、全て値引き販売するかのどちらかに決定する。

3 定式化

3.1 モデル1. 移動と値引きを組み合わせて考えるモデル

次のように記号を定義した。

N : 店舗の集合。

K : 商品のジャンルの集合。

c_{ij} : 店舗 $i \in N$ から店舗 $j \in N$ への1回の商品の移動に必要なコスト。

s_{ik} : 店舗 $i \in N$ の商品 $k \in K$ の過剰在庫量。

l_{jk} : 店舗 $j \in N$ の商品 $k \in K$ の需要量。

u_{jk} : 店舗 $j \in N$ の商品 $k \in K$ の受け入れ可能な個数。

v_i : 店舗 $i \in N$ が受け入れ可能な荷物の容積。

w_k : 商品 $k \in K$ のひとつあたりの大きさ。

t : トラックに1回で積める荷物の量。

d_k : 値引き販売する商品 $k \in K$ の値引き額。

次に、以下のように変数を定義する。

x_{ijk} : 店舗 $i \in N$ から店舗 $j \in N$ に商品 $k \in K$ を輸送する個数。

$y_{ij} = \begin{cases} 1: \text{店舗 } i \in N \text{ から店舗 } j \in N \text{ にトラックを出す。} \\ 0: \text{上記以外。} \end{cases}$

z_{ik} : 店舗 $i \in N$ で商品 $k \in K$ を値引き販売する個数。

これらを用いて定式化を行うと以下の通りになる。

$$\min \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} y_{ij} + \sum_{i \in N} \sum_{k \in K} d_k z_{ik} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{k \in K} w_k x_{ijk} \leq t y_{ij}, \quad i \in N, j \in N \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} w_k x_{ijk} \leq v_j, \quad j \in N \quad (3)$$

$$l_{jk} \leq \sum_{i \in N} x_{ijk} \leq u_{jk}, \quad j \in N, k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ijk} + z_{ik} = s_{ik}, \quad i \in N, k \in K \quad (5)$$

$$x_{ijk} \geq 0, \quad i \in N, j \in N, k \in K \quad (6)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in N, j \in N \quad (7)$$

$$z_{ik} \geq 0, \quad i \in N, k \in K \quad (8)$$

(1) は、店舗 $i \in N$ から店舗 $j \in N$ へ商品を移動させるか、店舗 $i \in N$ で商品 $k \in K$ を値引き販売して売れ残り商品を減らすときの、売れ残り商品を減らすために必要な総コストの最小化を目的とする。(2) は、店舗 $i \in N$ から店舗 $j \in N$ へ商品 $k \in K$ を移動させるとき、移動させる商品の量はトラックに1回で積める荷物の量を超えてはいけないことを示す。(3) は、店舗 $j \in N$ が受け入れることができる商品の容積には制限があることを示す。(4) は、店舗 $i \in N$ には商品の需要量と受け入れ可能な個数が決められていることを示す。(5) は、店舗 $i \in N$ から移動される商品 $k \in K$ と値引き販売される商品 $k \in K$ の量の合計には制約があることを示す。(6),(8) は、非負制約である。(7) は、バイナリ制約である。

3.2 モデル2. 移動か値引きのどちらかを行うモデル

モデルで定義した変数 z_{ik} について、モデル2では

$$z_{ik} = \begin{cases} 1: \text{店舗 } i \in N \text{ で商品 } k \in K \text{ を値引き販売を行う。} \\ 0: \text{上記以外。} \end{cases}$$

とする。変数 z_{ik} 以外の記号の定義はモデル1に等しい。

モデル2の定式化について、モデル1と(1), (5), (8)が異なるが、他はモデル1と同じである。モデル2にお

る (1), (5), (8) に該当する式, (9), (10), (11) を以下に示す.

$$\min \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} y_{ij} + \sum_{i \in N} \sum_{k \in K} d_k s_{ik} z_{ik} \quad (9)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ijk} + s_{ik} z_{ik} = s_{ik}, \quad i \in N, k \in K \quad (10)$$

$$z_{ik} \in \{0, 1\}, \quad i \in N, k \in K \quad (11)$$

(9) は, 店舗 $i \in N$ から店舗 $j \in N$ へ商品を移動させるか, 店舗 $i \in N$ で商品 $k \in K$ を値引き販売して売れ残り商品を減らすときの, 売れ残り商品を減らすために必要な総コストの最小化を目的とする. (10) は, 店舗 $i \in N$ で売れ残った商品 $k \in K$ は, すべて値引き販売するか, いずれかの店舗に移動することを示す. (11) は, バイナリ制約である.

4 データの作成

計算実験で用いるデータは, 次のように作成した. 商品の移動にかかるコストは店舗間の直線距離に比例するものとする. 実際にあるチェーンストアの中から, 小型店を除く愛知県西三河地区にある店舗 [3] のみに限定して CSV アドレスマッチングサービス [4] を使用して緯度, 経度から店舗間の距離を求める. 2022 年 12 月 18 日時点において, 小型店を除く愛知県西三河地区にある店舗数は 30 である. 使用するトラックを 4 トントラックに限定し, 店舗間の距離とトラックの燃費 [2], ガソリン代 [1] から移動に必要なコストを求める. ガソリン代について, 2023 年 1 月 9 日 16 時時点でのデータを使用した. 商品の数は 10 として, 各店舗の商品ごとの過剰在庫量, 需要量, 受け入れ可能な個数を定める. 各店舗が受け入れ可能な荷物の量とトラックに 1 回で積める荷物の量, ひとつあたりの大きさについて, 折り畳みコンテナの個数を単位としそれぞれ定める. 値引き販売を行う場合の各商品の値引き額を定めた.

5 計算結果

Gurobi Optimizer 9.1.2 を用いて最適解を求めるプログラムを Python で作成し, 計算実験を行った. 計算実験で求めた, 移動, 値引き販売する個数を, モデル 1 は表 1, モデル 2 は表 2 に示す. 計算で得られたモデル 1, 2 の最適値は, それぞれ, 7508.3 円, 7959.4 円である.

表 1, 2 を比較すると, 店舗 D で売れ残った商品 (i) について, モデル 1 では移動と値引き販売を行うが, モデル 2 では 2 店舗にわけて移動を行い, 値引き販売は行わない結果となった. また, 店舗 J で売れ残った商品 (c) について, モデル 1 とモデル 2 では, 移動先の店舗が異なる結果になった. 実際に店舗で運用される際にはモデル 2 の方法が用いられているが, モデル 1 の方法を用いることによって, よりコストを抑えられることがわかった.

6 おわりに

他の店舗への移動と値引き販売を組み合わせることによって, よりコストを抑えた方法を提案することができ

表 1 商品移動, 値引き販売する個数 (モデル 1)(一部抜粋)

店舗	商品	過剰在庫	移動先	移動量	値引販売
D	(i)	47	E	26	21
E	(d)	8	-	-	8
	(f)	17	AD	15	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
I	(a)	10	AD	10	-
	(d)	20	N	20	-
	(g)	17	X	17	-
J	(c)	33	U	18	-
	(j)	11	-	-	11
K	(d)	19	T	5	-
			AC	14	-

表 2 商品移動, 値引き販売する個数 (モデル 2)(一部抜粋)

店舗	商品	過剰在庫	移動先	移動量	値引販売
D	(i)	47	E	19	-
			N	28	-
E	(d)	8	-	-	8
	(f)	17	W	17	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
I	(a)	10	-	-	10
	(d)	20	N	20	-
	(g)	17	X	17	-
J	(c)	33	X	18	-
	(j)	11	-	-	11
K	(d)	19	T	9	-
			AC	10	-

た. 実際の店舗で扱われているような大きなデータを用いてデータで計算実験を行った場合, さらに 2 つのモデルで計算結果にもう少し違いが見られる可能性がある.

参考文献

- [1] e 燃費. 最近 1 ヶ月の軽油価格. https://e-nenpi.com/gs/price_graph/1/3/0/, 2023 年 1 月 9 日閲覧.
- [2] ドライバーズジョブ運転手の転職サイト. 4 トントラックの維持費/車検代/税金/保険料/ガソリン代がまるわかり. <https://driversjob.jp/contents/trucks/4tontrucks/k07>, 2023 年 1 月 9 日閲覧.
- [3] 大創産業. ダイソー/ホーム/店舗検索/愛知県. <https://www.daiso-sangyo.co.jp/shop/pref/23>, 2022 年 12 月 18 日閲覧.
- [4] 東京大学空間情報科学研究センター. csv アドレスマッチングサービス. <https://geocode.csis.u-tokyo.ac.jp/home/csv-admatch/>, 2023 年 1 月 9 日閲覧.