

ドラッグストアにおける最適問題

2003MM125 矢野有香 2003MM127 吉田彩

指導教員 澤木勝茂

1 はじめに

日本のチェーンストアは出店が先立つ経営が目立ち、物流戦略を後回しにする企業が多かった。しかし今日、少しずつ物流戦略に目を向け始め注目されてきている。そこで、本研究ではドラッグストアの物流戦略について考える。我々が扱う物流戦略は、物流センターの配置場所および輸送ルートの輸送時間の最小化することである。そのために、現在の物流センターの立地場所が最適であるかどうか、今後、ドラッグストアが店舗展開し、新たに物流センターを立地する場合の最適な配置場所について考える。また、既存の店舗における輸送ルートについて考える。

2 物流センターの最適配置

物流センターを出発して、1店舗経由して物流センターに戻ってくるまでの時間を輸送時間とする。つまり店舗の数だけ輸送時間が存在する。以下、本研究ではこのルートについて1店舗経由の輸送ルートと称す。この総輸送時間が最小となる物流センター立地場所を考える。

本研究で扱う1店舗経由の輸送時間は、物流センターおよび店舗の住所をもとにNAVITIME[4]を使用することで片道にかかる所要時間を調べ、それを2倍することで算出した。また、輸送時間は渋滞予測したものである。

2.1 既存の店舗における物流センター1ヶ所立地

現在、ドラッグストアの物流センターは、片道1時間以内で商品を各店舗に輸送できる日進に立地されている。現在存在する店舗数のみを考えた場合、立地されている日進が各店舗への往復の移動時間において最適な立地場所であるかについて考える。比較する候補地は、片道1時間以内で商品を輸送できない店舗も存在するが、広い土地を確保できるような場所、かつ現在存在する店舗の分布から選ぶ。候補地は日進に加え、小牧、一宮、春日井、犬山、稲沢、津島の計7ヶ所である。この中から1店舗経由の総輸送時間が最小となる立地場所を1ヶ所選ぶ。以下、本節では片道1時間以内で商品を各店舗に輸送できることを時間制約と称す。

2.1.1 定式化

0-1整数計画法を用いて定式化をおこなう。

以下のように記号を定義する。

n : 店舗

l : 物流センター候補地

L : 物流センター候補地数

N : 店舗数

P : 物流センター立地数

t_{ln} : 物流センター候補地 l から店舗 n までの時間

$$Z_l = \begin{cases} 1: & \text{候補地}l\text{に物流センターを立地するとき} \\ 0: & \text{候補地}l\text{に物流センターを立地しないとき} \end{cases}$$

$$y_{ln} = \begin{cases} 1: & \text{物流センター候補地}l\text{から店舗}n\text{へ商品が} \\ & \text{輸送されるとき} \\ 0: & \text{物流センター候補地}l\text{から店舗}n\text{へ商品が} \\ & \text{輸送されないとき} \end{cases}$$

以下のように定式化できる。

$$\min \sum_{l=1}^L \sum_{n=1}^N t_{ln} y_{ln} \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{l=1}^L Z_l = P \quad (2)$$

$$y_{ln} \leq Z_l \quad (l = 1, \dots, L, n = 1, \dots, N) \quad (3)$$

$$\sum_{l=1}^L y_{ln} = 1 \quad (n = 1, \dots, N). \quad (4)$$

2.1.2 実行結果

物流センター候補地数 $L = 7$ 、店舗数 $N = 26$ 、物流センター立地数 $P = 1$ とし、What'sBest!8.0を用いて解いた結果が表1である。物流センターを稲沢に立地した場合に総輸送時間が1,750分となった。現在、物流センターが立地されている日進が1,794分であり、44分短縮されることがわかる。

表 1: 各物流センターと店舗間の総輸送時間

立地 時間(分)	日進 1,794	小牧 1,938	一宮 2,168	春日井 2,002
立地 時間(分)	犬山 2,092	稲沢 1,750	津島 1,952	

2.2 既存の店舗と新たに置いた店舗における物流センター1ヶ所立地

ドラッグストアでは、今後三河地方への店舗拡大を考えている。そこで、三河地方を中心に知立、岡崎、豊田、東海、大府、蒲郡、豊明、刈谷、豊川、豊橋の10ヶ所に架空の店舗を新たに置き店舗数を計36ヶ所とする。さらに物流センター候補地を日進、小牧、一宮、春日井、犬山、稲沢、津島に加え豊田西、豊田東、豊明、大府、豊川、岡崎、蒲郡の7ヶ所を選ぶ。計14ヶ所の中から物流センターと各店舗の総輸送時間が最小となる立地場所を1ヶ所考える。

2.2.1 定式化

2.1.1と同様に記号を定義し定式化をおこなう。

2.2.2 実行結果

物流センター候補地数 $L = 14$ 、店舗数 $N = 36$ 、物流センター立地数 $P = 1$ とし、What'sBest!8.0を用いて解いた結果が表2である。最適立地場所は日進となり総輸送時間が2,908分となった。しかし、時間制約を満たさない店舗が三河地方に5ヶ所存在した。

表 2: 各物流センターと店舗間の総輸送時間

立地 時間(分)	日進	小牧	一宮	春日井	犬山
	2,908	3,340	3,662	3,272	3,510
立地 時間(分)	稲沢	津島	豊田西	豊田東	豊明
	3,080	3,370	3,076	3,864	4,036
立地 時間(分)	大府	豊川	岡崎	蒲郡	
	4,216	4,792	3,686	4,218	

2.3 既存の物流センターを必ず立地する場合の物流センター2ヶ所立地

2.2の結果より、三河地方の5ヶ所の店舗では時間制約を満たさなかった。そこで、物流センターが立地されている日進に加え三河地方に2ヶ所目の物流センター立地を考える。物流センター候補地を日進に加え豊田西、豊田東、豊明、大府、豊川、岡崎、蒲郡の7ヶ所とする。計8ヶ所の中から物流センターと各店舗間の総輸送時間が最小となる立地場所を2ヶ所考える。ただし、日進物流センターは必ず立地するものとする。

2.3.1 定式化

2.1.1と同様に記号の定義し定式化をおこなう。

ただし、日進物流センターは必ず立地するため $Z_1 = 1$ とし、(2)式は $l = 2, \dots, L$ とする。

2.3.2 実行結果

物流センター候補地数 $L = 8$ 、店舗数 $N = 36$ 、物流センター立地数 $P = 1$ とし定式化にもとづきWhat'sBest!8.0を用いて解いた結果、日進物流センターに加え2ヶ所目の最適な立地場所を岡崎にすることで総輸送時間が2,656分となった。また、時間制約を満たすことができたことから、三河地方に店舗拡大した場合、輸送時間の点から言えば、物流センターを2ヶ所立地した方が良いことがわかった。

表 3: 各物流センターと店舗間の総輸送時間

立地 時間(分)	豊田西	豊田東	豊明	大府
	2,662	2,750	2,744	2,668
立地 時間(分)	豊川	岡崎	蒲郡	
	2,734	2,656	2,690	

2.4 既存の物流センターを固定しない場合の物流センター2ヶ所立地

物流センターと各店舗間の輸送時間をより最小となる物流センター立地場所を2ヶ所考える。物流センター候補地を日進、小牧、一宮、春日井、犬山、稲沢、津島、豊山西、豊田東、豊明、大府、豊川、岡崎、蒲郡の計14ヶ所の中から物流センターと各店舗間の総輸送時間が最小となる立地場所を2ヶ所を考える。

2.4.1 定式化

2.1.1と同様に記号を定義し定式化をおこなう。

2.4.2 実行結果

物流センター候補地数 $L = 14$ 、店舗数 $N = 36$ 、物流センター立地数 $P = 2$ とし定式化にもとづきWhat'sBest!8.0

を用いて解いた結果、稲沢と豊田西に物流センターを立地することで総輸送時間2,566分となった。また、日進と岡崎に物流センターを立地した場合、2,656分であったことから90分短縮できた。しかし、1店舗のみ時間制約を満たさなかった。

2.5 考察

今現在の物流センターは、時間制約を満たすことができない日進に立地されているが、総輸送時間を重視すれば物流センターの最適な立地場所が変わることがわかった。本研究では、総輸送時間を最小にすることを目的としているので既存の店舗に対して物流センターを稲沢に立地するとよいと考えられる。また、三河地方に店舗拡大した場合、物流センターを稲沢と豊田西に立地するとよいといえる。

3 輸送方法

前節では、1店舗経由の総輸送時間が最小となる物流センター立地場所を考えた。本節では、1店舗経由の輸送ルートと、物流センターを出発して複数店舗を經由して物流センターに戻ってくるルートとでは、どちらの輸送ルートが良いかを考える。以下本研究では、物流センターを出発して複数店舗を經由して物流センターに戻ってくるルートを複数の店舗経由のルートと称す。

上記の2つの輸送ルートを考える際、1つの店舗へはトラック1台が行き、要求量は1回で運ぶ。各店舗の要求量はある月の3日間分の要求量の平均を用い、商品はすべてかごに入れて輸送されるため、各店舗の要求量はすべてかご数で考える。1台のトラックに積み込むことのできるかご数は最大22個とする。複数の店舗を經由するルートを考える際、上の条件に加え、經由する店舗の要求量の和がかご数の最大を超えないようにする。

これらの制約には、時間制約がないことからセービング法を用いて総輸送時間を最小にする。1店舗経由の輸送ルートは、前節に使用した輸送時間を用いる。複数の店舗経由の輸送ルートを考える際の店舗間の移動時間は、店舗の住所をもとにNAVITIME[4]を使用した。また、移動時間は渋滞予測したものである。

3.1 セービング法

i, j を店舗とし、0を物流センターとする。また、 c_{i0} は店舗*i*から物流センターへの移動時間、 c_{0j} は物流センターから店舗*j*への移動時間、 c_{ij} は店舗*i*から店舗*j*への移動時間である。

時間データを基に、任意の2つの店舗に対して物流センターからそれらの個々の店舗を往復したときの走行時間と、2つの店舗を連続して回って物流センターに戻るとききの走行時間を比較する。その差であるセービング値を大きい順に並び換える。セービング値 s_{ij} は

$$s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij} \quad (5)$$

より得ることができる。セービング値が正であれば図1の(b)、負であれば図1の(a)が時間短縮できることを表す。

最も大きい値をとる s_{ij} の店舗*i*と店舗*j*の要求量を足したときに、1台のトラックの最大積載量を越えないかどうかを調べる。越えないのであれば、店舗*i*と店舗*j*はルート

表3: 輸送ルートと輸送時間

輸送ルート	輸送時間(分)
上小田井	56
中小田井	66
岡崎羽根	96
原→平針	66
味簞→味美	69
中央台→東野	91
西春→師勝→小牧	111
猪高→コスモ千代が丘→一社	60
アルテ太平通→八田→富田→七宝	126
高蔵寺コスモガーデン→高蔵寺白山	70
新守山→松坂屋→志賀公園→岩野→勝川駅	116

をつなぐことができる。一方、越えた場合は店舗*i*と店舗*j*はルートをつなぐことができない。これをくり返し最適配送ルートを決める。

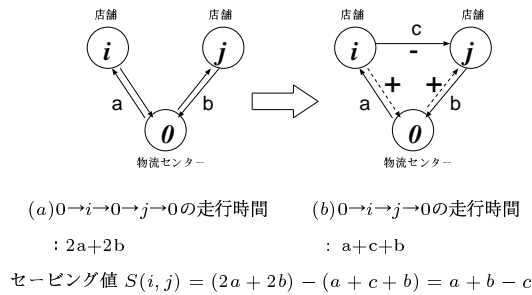


図 1: セービング法におけるセービング値の計算

3.1.1 処理手順

[Step0:初期設定]

1店舗経由の輸送ルートを考える。したがって、最初は店舗の数と等しいルート数が存在する。それを初期解とする。

[Step1:セービング値の入れ換え]

物流センターを出発して店舗*i*を経由して物流センターに戻ってくる輸送時間と物流センターを出発して店舗*j*を経由して物流センターに戻ってくる輸送時間を足す。つまり図1の(a)である。一方、物流センターを出発して店舗*i, j*を経由して物流センターに戻ってくる輸送時間を $c_{i0} + c_{0j} + c_{ij}$ で計算する。つまり図1の(b)である。図1の(a)と(b)とで削減できる時間を式(10)を用いて計算し、セービング値の大きい順に並び替え、整理する。

[Step2:配送先の結合]

セービング値の最も大きい順に店舗*i, j*の要求量の和が1台のトラックの最大積載量以下であるかを調べ、以下であるならば店舗*i, j*をつなぐ。

[Step3:結合のくり返し]

Step2の操作を経路ができるまでくり返す。

[Step4:終了判定]

要求量を満たす経路が存在しなくなった時点で、計算を終了する。そのときの経路が最適解である。

3.2 実行結果

データを用いて店舗数 $N=26$ としてプログラムを実行した結果、複数の店舗を経由する最適輸送ルートは表3のようになった。1店舗経由の輸送ルートの場合、輸送時間が1,794分になった。一方、複数の店舗経由の輸送ルートの場合、総輸送時間は927分となり、店舗を経由して商品を輸送する方が約867分短縮することができる。

3.3 考察

物流センターを出発し複数の店舗を経由して物流センターに戻ってくるルート、または物流センターを出発し1店舗のみに輸送して物流センターに戻ってくるルートを

混合させることで、総輸送時間を約867分短縮することができた。この背景には、店舗が同じ方面で集中して立地されているからである。今回の研究から、1店舗経由の輸送ルートよりも複数の店舗経由の輸送ルートの方が効率が良いことがわかる。

4 3tトラックと4tトラックに分けたときの輸送ルート決定

物流センターからドラッグストアの店舗経由を含めた輸送ルートの方が良いことを前提に次の条件を加えたい。最適輸送ルートを考える。

現在、1台の最大積載量がかご20個分の3tトラックと22個分の4tトラックで商品を輸送している。さらに倉庫や駐車場が小さい店舗は、4tトラックで2回輸送または3tトラックを使用している。それ以外の店舗は、4tトラックで1回輸送をおこなっている。

3tトラックを使用する店舗と4tトラックを使用する店舗に分ける。2回輸送の店舗においては1回目の輸送と1回輸送の店舗を混合させて輸送ルートを考える。この場合の輸送時間の最小化をおこなう。

4.1 定式化

以下のように記号を定義する。

I : 店舗数

i : 店舗 ($i = 1, \dots, I$)

J : 店舗数

j : 店舗 ($j = 1, \dots, J$)

F : 3tトラックを使用する輸送ルート数

f : 3tトラックを使用する輸送ルート ($f = 1, \dots, F$)

S : 4tトラックを使用する輸送ルート数

s : 4tトラックを使用する輸送ルート ($s = 1, \dots, S$)

q_i : 店舗*i*での要求量

t_{ij} : 店舗*i*から店舗*j*までの時間

t_{i0} : 店舗*i*から物流センターまでの時間 ($t_{i0} = t_{0j}$)

$$X_{ijf} = \begin{cases} 1: \text{ルート} f \text{のときに店舗} i, \text{店舗} j \text{間で} \\ \quad 3t \text{トラックを利用するとき} \\ 0: \text{ルート} f \text{のときに店舗} i, \text{店舗} j \text{間で} \\ \quad 3t \text{トラックを利用しないとき} \end{cases}$$

$$Y_{ijs} = \begin{cases} 1: \text{ルート} s \text{のときに店舗} i, \text{店舗} j \text{間で} \\ \quad 4t \text{トラックを利用するとき} \\ 0: \text{ルート} s \text{のときに店舗} i, \text{店舗} j \text{間で} \\ \quad 4t \text{トラックを利用しないとき} \end{cases}$$

以下のように定式化できる.

$$\min \sum_{f=1}^F \sum_{i=0}^I \sum_{j=0}^J t_{ij} X_{ijf} + \sum_{s=1}^S \sum_{i=0}^I \sum_{j=0}^J t_{ij} Y_{ijs} \quad (6)$$

subject to

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J X_{ij} q_j \leq 20 \quad (i \neq j) \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J Y_{ij} q_j \leq 22 \quad (i \neq j) \quad (8)$$

$$X_{ij} + X_{ji} \leq 1 \quad (if \ t_{ij} = t_{ji}) \quad (9)$$

$$Y_{ij} + Y_{ji} \leq 1 \quad (if \ t_{ij} = t_{ji}) \quad (10)$$

$$(i = 1, \dots, I, \ j = 1, \dots, J)$$

$$\sum_{i=0}^I X_{ijf} = \sum_{j=0}^J X_{ijf} \quad (11)$$

$$(i = 1, \dots, I, \ j = 1, \dots, J)$$

$$\sum_{i=0}^I Y_{ijs} = \sum_{j=0}^J Y_{ijs} \quad (12)$$

$$(i = 1, \dots, I, \ j = 1, \dots, J)$$

$$\sum_{f=1}^F \sum_{j=0}^J X_{ijf} = 1 \quad (i = 0, \dots, I) \quad (13)$$

$$\sum_{s=1}^S \sum_{j=0}^J Y_{ijs} = 1 \quad (i = 0, \dots, I). \quad (14)$$

4.2 実行結果

店舗 $N=26$ として What'sBest!8.0 を用いて解いた結果, 表4のような輸送ルートとなり総輸送時間は1,164分となった.

表4: 輸送ルートと輸送時間

トラック	輸送ルート	走行時間(分)
3t	中央台→岩野→勝川駅	112
	コスモス千代が丘→新守山	78
4t	岡崎羽根	96
	原→平針	66
	味鮫→味美	125
	一社→猪高	101
	西春→師勝→小牧→東野	222
	高蔵寺コスモスガーデン→高蔵寺白山	70
	アルテ太平通→八田→富田→七宝	126
	上小田井→中小田井→志賀公園→松坂屋	168

4.3 考察

1回輸送店舗と2回輸送店舗を混合したときの輸送ルートでは, 2回輸送店舗同士が近いにも関わらず, 輸送ルートが異なったため, 時間の浪費につながったと考えられる. 5節では, 1回輸送と2回輸送の店舗とに分けて輸送ルートを考える.

5 1回輸送店舗と2回輸送店舗とで分けたときの輸送ルート決定

3tトラックを利用する店舗と4tトラックを利用する店舗に分けたのち, 1回で商品を全て輸送する店舗と2回に分

割して商品を輸送する店舗とに分ける. この場合の輸送ルートの輸送時間の最小化をおこなう. 2回輸送のルートは輸送時間が2倍となる.

5.1 定式化

4.1と同様に記号を定義し定式化をおこなう.

5.2 実行結果

店舗 $N=26$ として What'sBest!8.0 を用いて解いた結果, 表4のような輸送ルートとなり総輸送時間は1,138分となった.

表5: 輸送ルートと輸送時間

トラック	輸送回数	輸送ルート	走行時間(分)
3t	1回	中央台→岩野→勝川駅	112
		コスモス千代が丘→新守山	78
4t	1回	岡崎羽根	96
		平針→原	66
		東野→小牧→味鮫	112
		志賀公園→松坂屋→一社	98
		アルテ太平通→八田→富田→七宝	126
		高蔵寺コスモスガーデン→高蔵寺白山	70
	2回	猪高→味美	172
		上小田井→中小田井→西春→師勝	208

5.3 考察

1回輸送店舗と2回輸送店舗を混合したときの総輸送時間と分けたときの総輸送時間とでは, 分けたときの方が約12分早く商品を輸送することができる. しかし, ルート数は変わらない.

本研究では, 輸送時間の最小を目的としているので, この要求量の場合では, 1回輸送店舗と2回輸送店舗とに分けて輸送した方が良いといえる.

6 おわりに

本研究では, 物流センターの最適立地場所, 輸送ルートの最小化について考察した.

最適立地場所においては, 三河地方に点在するように店舗展開をした場合, 日進物流センターからでは1時間以内で行くことにできない店舗が数存在した. その結果, 2ヶ所物流センターを立地することが良いと考えられる.

配車計画では, 今回輸送時間が最小となる結果を得た. しかし, 輸送ルートそれぞれの輸送時間には差がみられた. こうした問題を解決するために, 時間制約を入れての輸送ルートの研究が考えられる.

参考文献

- [1] 小和田正, 澤木勝茂, 加藤豊: OR入門-意志決定の基礎-, 実数出版(1984).
- [2] 久保幹雄: ロジスティクス工学, 経営科学のニューフロンティア8, 朝倉書店(2001).
- [3] 杉下 多栄, 鷲見 彩子: スーパーチェーン店の最適配送計画, 南山大学数理情報学部数理科学科卒業論文(2005年度).
- [4] NAVITIME: <http://www.navitime.co.jp/>