

在庫を考慮した輸送ルートの決定

2004MM049 水野 彰子

指導教員 澤木 勝茂

1 はじめに

今日、輸送問題ではコスト削減を含めた効率的な輸送計画が求められている。人件費用は、輸送費用の大きな割合を占めている。その人件費は輸送時間を節減することで削減がすることが可能である。そのために、各店舗で要求量以上の商品を、あらかじめ在庫として輸送する場合を考える。この輸送には新たに在庫費用が発生するが、複数回にわたる輸送を見直すことができる。本論文では、各店舗での要求量を発注量として輸送する問題に在庫のデータを加え、従来の発注量、発注期間、輸送ルートを変化させたいうえで総費用を最小にすることを目的とする。

2 モデルの概要

本論文での物流システムは、1箇所の物流センターと、26の店舗数から成る。物流センターを含めた各店舗間での輸送時間は住所をもとにNAVITIME[3]から算出した渋滞予測に基づいたデータを使用する。輸送方法は、物流センターを出発して複数店舗を経由して物流センターに戻るルートを基準に考える。1つのルートへはトラック1台で行き、要求量は1回で運ぶ。商品はすべて籠に入れて輸送されるため、各店舗の要求量はすべて籠数で考える。1台のトラックに積み込むことができる籠数は最大22個とする。複数の店舗を経由するルートを考える際、上の条件に加え、経由する店舗の要求量の和が籠数の最大を超えないようにする。これらの制約に基づきセービング法を用いて総輸送時間を最小にする。発注量を要求量とした場合、最適輸送ルートの総輸送時間は927分である([2]参照)。このルートを旧ルートと称し、本論文では[2]を基に考える。

2.1 モデルの説明

本節では、旧ルートを分割して組分けした新ルートに在庫を含めた発注量を輸送する場合を考える。その際、新ルートをさらに分けたルートを組分けルートを称する。旧ルートと新ルートの中で、コストが最小になる新ルートを比較しより最小なコスト値を選択する。

2.2 記号の説明

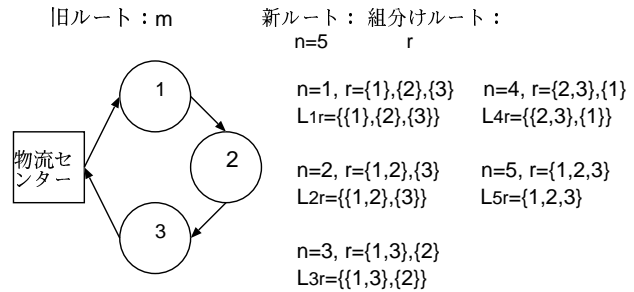
- m : 旧ルートの番号
- n : 新ルートの番号
- r : 新ルート n の組分けルート
- I : 一定期間での輸送回数
- J : ルート n で経由する店舗数
- q_{jk} : 発注量 ($j = 1, \dots, J; k = 1, \dots, J$)
- s_{ij} : 在庫量 ($i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$)
- P_j : 店舗 j での要求量 ($j = 1, \dots, J$)
- k : 店舗に商品を輸送する回数
- u : 発注量の変更を繰り返す輸送回数
- u_v : 発注量を調節する回数
- C : トラックの最大積載量
- T_{nr} : 新ルートでの輸送時間
- T : 旧ルートでの輸送時間
- c_1 : 1時間あたりの人件費
- c_2 : 商品1個あたりの在庫費用

- TC_{mn} : トータルコスト
- W_n : ルート n 内での部分コスト
- L_{nr} : 新ルートの要素
- V : 1時間あたりの人件費
- U : 商品1個あたりの在庫費用

2.3 処理手順

1. 新ルートの設定

まず、1つの旧ルートを選択する。2店舗以上を経由している場合は、そのルートを分割し、新ルートを設定する。1店舗経由の場合は、旧ルートのまま考える。



2. 次に、1つの組分けルートを考える。輸送できる最大量の商品を各店舗に輸送する場合の発注量と在庫量を求める。その際、1店舗経由、2店舗経由、3店舗以上経由で考え方を場合分けする。

(α) $i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J (J = 1); k = 1, \dots, \infty$ のとき

$$q_{jk} = \frac{P_j}{\sum_{j=1}^J P_j} C \quad (1)$$

$$s_{ij} = q_{ij} - P_j \quad (2)$$

$i = 2, \dots, I; j = 1, \dots, J (J = 1); k = 1, \dots, \infty$ のとき

(1) $s_{i-1,j-1} \geq P_j$ ならば

$$q_{jk} = 0 \quad (3)$$

$$s_{ij} = s_{i-1,j} - P_j \quad (4)$$

(2) $s_{i-1,j-1} < P_j$ ならば

$$q_{jk} = q_{jk-1} \quad (5)$$

$$s_{ij} = s_{i-1,j} + q_{jk} - P_{j-1} \quad (6)$$

(β) $i = 2, \dots, I; j = 1, \dots, J (J = 2); k = 1, \dots, \infty$ のとき

(1) $s_{i,j} = 0$ ならば、このとき $i=ii, j=jj, k=K$ とする

$$\frac{s_{ij}}{J} = u \quad (j \neq jj) \quad (7)$$

$$\sum_{v=1}^u (k-v) = u_v \quad (v=1, \dots, u) \quad (8)$$

$$\begin{cases} q_{jjk} = q_{jjk} + 1 \\ q_{jk} = q_{jk} - 1 \end{cases} \quad (9)$$

(γ) $i=2, \dots, I; j=1, \dots, J (J=2); k=1, \dots, \infty$
 のとき

(1) $s_{i,j} = 0$ ならば, このとき $i=ii, j=jj, k=K$
 とする

$$\sum_{l=1}^k q_{jk-(l+1)} = q_{jk-l} - (s_{ij} - q_{jk}) \quad (10)$$

(if $q_{jk-1} > 0$)

3. 上記の 2. のルートでの人件費と在庫費用を求める.

$$W_n = \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J q_{ij} / \sum_{j=1}^J q_{ij} \right) T_{nr} \frac{c_1}{60} + \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J s_{ij} c_2$$

4. ルート n における全ての組分けルートのコストを合計する.

$$TC_{mn} = \sum_{i \in L_{nr}} W_n \quad (12)$$

5. ルート n における TC_{mn} について,

$$TC_{mn} < I \frac{c_1}{60} T \quad (13)$$

となる最小の TC_{mn} を選択する.

6. 新ルートが 5. の条件に満たない場合, 選択するルートは旧ルートのもとする. 制約条件は以上のものとし, 目的関数は

$$\min TC_{mn}$$

とする.

3 実行結果

人件費と在庫費用が以下の関係のとき, 在庫を含めた方がよい.

表 1: 輸送コストの変化

最適輸送ルート	人件費と在庫費用の関係
上小田井	$16.8U < V$
中小小田井	$50U < V$
岡崎羽根	$13.75U < V$
原 → 平針	$100U < V$
味鮓 味美	$100U < V$
中小小田井 東野	$50.93U < V$
小牧 西春 → 師勝	$58.31U < V$
コスモ千代が丘 猪高 → 一社	$103.94U < V$

アルテ 七宝 八田 → 富田	$50.18U < V$
高蔵時コスモスガーデン → 高蔵時白山	$51.43U < V$
志賀公園 新守山 岩野 → 勝川駅	$60.16U < V$

3.1 考察

実行結果により, 在庫として要求量以上の商品を輸送した方が人件費の削減につながる事が示された. 人件費と在庫費用の値を変化させた結果, 人件費と在庫費用の値の差が大きいほどコストが削減されることが分かった. コスト削減値がマイナスである場合, 旧ルートが最適発注パターンとなる. 全てのルートに在庫を考慮する場合, およそ $V > 40U$ のとき前提条件においてコスト削減が可能であることが分かった. $V > 100U$ のとき旧ルート (原→平針) では, 在庫を含める新ルート (原→平針) が最適発注ルートとなることが分かる. $V > 104U$ のとき旧ルート (猪高→コスモ千代が丘→一社) では, 新ルート (コスモ千代が丘, 猪高→一社) が最適発注ルートとなることが分かる. 個々のルートでは, $V > 13U$ のときコスト削減が可能になるルートも存在するため商品の在庫費用に応じて, 在庫を含めるか含めないかの輸送ルートの分け方を考えた方がよいといえる.

4 おわりに

本論文では, ドラッグストアの輸送問題におけるさらなるコスト削減ルートの探索について考察した. コスト削減について人件費の削減に観点をおき, 輸送回数の削減を目標とした. そのため, 予め要求量以上の商品を在庫を考慮し, 新たな発注量を設定するモデルを作成した. その際, 輸送ルートに選択される店舗は旧ルート上の店舗同士と固定する. よって, 考えるルートは旧ルートを分割したルートとなる. また, 輸送回数を減少させることをメインに考えるため, 店舗ではできるだけ多くの在庫を抱える必要があり, 輸送する商品は輸送ができる最大量を発注量とする. 以上の 2 点を前提条件として設けた. そして, 全てのルートを比較し, 最もコストが最小となるルート, 発注量, 発注期間を最適発注パターンとする. 数値計算では人件費用と在庫費用を変化させコスト削減値を求めた. 人件費と在庫費用を変化させた実行結果により, 人件費と在庫費用の差が大きいほど輸送コストは削減された. これは, トラックの最大積載量を輸送するため, 在庫量が最も多いものとなり在庫費用が人件費と同等のコストとなるからであると考えられる. また, 人件費と在庫費用の差によりコスト削減が可能であるルートが異なる. そのため, 在庫を含めるかどうかをルートごとに考えるとよいだろう.

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-, 実教出版,(1984).
- [2] 矢野 有香, 吉田 彩: ドラッグストアにおける最適問題, 南山大学数理情報学部数理科学科卒業論文 (2006 年度).
- [3] NAVITAIME:<http://www.navitime.co.jp/>