

定期的輸送調整によるレンタル製品在庫管理のモデル分析

01603200 早稲田大学 早稲田大学 *小林 忠義 KOBAYASHI Tadayoshi
01506650 三協フロンテア 藤田 剛 MORITO Susumu FUJITA Takeshi

1 はじめに

レンタル・リース事業で扱われる製品/商品、レンズ付フィルム、トラック・レンタカー・コンテナなどの輸送媒体、およびリサイクル製品等の循環型製品/商品(以下、製品)は、限られた資源を有効に利用し、無駄な在庫を排除するという視点から、近年その種類が増えるとともに需要が急増している。

本研究ではレンタル製品を取り扱う企業の事例をもとに、地理的に分散している拠点におけるレンタル製品の在庫管理を扱い、在庫の輸送調整方法を提案し、計算実験により性能を評価する。

2 レンタル製品の在庫モデル

2.1 従来の在庫モデルとの関連

従来の在庫モデルでは、一旦供給されたものがふたたび在庫点に戻ることはありえない。これに対して、レンタル製品の場合、レンタル期間終了後、ものが在庫点に戻される。このような、ものの循環を想定した在庫モデルは知られていない。

一方、在庫点間の調整を許す、複数在庫点の在庫モデルも、筆者らの知る限り、過去に扱われていない。

関連する研究に、鉄道における空貨車回送問題を扱う Mendiratta and Turnquist[1] や、郵便輸送の空パレット回送問題を扱う筆者らの研究がある。

レンタル製品のように(短期的には)一定個数のものが系内を動き回る循環型製品が、地理的に分散した拠点に在庫されている場合、個別の拠点の在庫を適正化するという在庫管理的側面と、拠点間で製品をどう調整するかという物流ロジスティクスの側面とを合わせて考慮する必要が生じる。

2.2 モデルの前提条件

1. 在庫点数は n 点
2. 対象は系外からの流入流出のない1種類の製品
3. 分析の最小単位期間は日
4. 各点にレンタル需要が発生し、1日当たりのオーダー件数は定常的で分布は既知
5. オーダー1件当たりのレンタル要求個数とレンタル期間の分布は既知
6. 製品はレンタル期間経過後に遅滞なく返却
7. オーダー到着時に製品在庫がないとき、当該オーダーは「販売遺失」(lost sales)
8. レンタル製品は同一在庫点に返却

9. 任意の在庫点間の製品在庫の輸送調整が可能で、任意の在庫点間の輸送リードタイムは確定的に既知
10. 遺失販売となる製品1個当たりの品切れ損失費、および、在庫点間の製品1個当たりの輸送単価は既知
11. 評価尺度として、総費用、品切れ確率と遺失販売費用、輸送費用と輸送調整頻度を考慮
12. 在庫の輸送調整意思決定を定期的に行う定期調整方式を採用

3 解法アプローチ

本モデルに対して近視眼的アプローチと Mendiratta and Turnquist[1]の空貨車回送問題を参考に、問題を以下の2つの部分モデルに分解することにより適正在庫調整を図る数値計画アプローチを提案する。

3.1 近視眼的アプローチ

調整意思決定日には、各在庫点の在庫量が把握できているものとして、翌期の期末在庫量を考慮に入れる。以下のステップに従い輸送調整アプローチを行う。

ステップ1. 各在庫点に対して、調整意思決定日の日末在庫量に翌日から1期分のレンタル返却量を順次加え、これを供給可能量と呼ぶ。

ステップ2. 各在庫点の1日のレンタル需要量の平均値と標準偏差を用いて、1期分の総需要量が供給可能量を上回る、つまり品切れを起こす確率を各点について求める。

ステップ3. 最も品切れ確率の大きい在庫点に対して、製品の輸送による利益の期待値と品切れ損失費の期待値の差が最大となる輸送元となる在庫点を探す。この差が正であれば、1単位の輸送を行なったとして供給可能量を変化させステップ2.へ戻る。

3.2 数値計画アプローチ

3.2.1 アプローチの概要

ステップ1. (不足量/過剰量算出モデル)

調整の意思決定日には、翌期の各日について需要の確率変動を考慮した日末在庫量を推測し、その値がそれぞれ負とならないように、各点の製品不足量または過剰量を算出する。

ステップ2. (輸送政策モデル)

ステップ1の不足量/過剰量を制約とし、品切れ損失費用と輸送費用の和が最小になるような「輸送問題」に準じた定式化を行い、輸送方向(始点と終点)とその輸送量を求める。

ステップ3. (在庫調整の実施)

輸送政策モデルの解に従って製品を輸送し、在庫調整を行う。

3.2.2 不足量/過剰量算出モデル(在庫モデル)

在庫調整を行う意思決定日に、各在庫点の過不足状況を判断する。各在庫点で以下のステップに従って過剰量または不足量を算出する。

ステップ1. 輸送リードタイム後の1期分の各日末在庫量をパラメータ α を用いて以下の式で推測する。

$$\begin{aligned} \text{日末在庫量} &= (\text{製品返却量}) - (\text{平均需要量}) \\ &+ (\text{前日の日末在庫量}) - (\text{確率変動量}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{確率変動量} &= \alpha \times \sqrt{\text{意思決定日からの日数}} \\ &\times (\text{1日の需要量の標準偏差}) \end{aligned}$$

ステップ2. ステップ1. の日末在庫量の中の最小値を求める。

ステップ3-1. 最小値が正であればその点を過剰点とし、最小値を過剰量とする。

ステップ3-2. 同様に最小値が負であれば、その点を不足点とし、最小値の絶対値を不足量とする。

3.2.3 輸送意思決定モデル

本モデルは不足量/過剰量算出モデルで得られた不足点/過剰点について、整数計画問題としての定式化を行い、実際に送り出す過剰点と受け入れる不足量の組み合わせ、輸送量を決定するためのモデルである。

不足量/過剰量算出モデルによって、すべての n 個の在庫点が p 個の過剰点、 q 個の不足点に分けられたとする。

記号の定義

- 決定変数

x_{ij} : 過剰点 i から不足点 j への製品輸送調整量

- 定数

l : 1製品あたりの品切れ損失費用

C_{ij} : 過剰点 i から不足点 j への輸送にかかる単位量あたりの輸送費用

D_j : 不足量/過剰量算出モデルより与えられる不足点 j の不足量

S_i : 不足量/過剰量算出モデルより与えられる過剰点 i の過剰量

- その他の記号

P : 不足量/過剰量算出モデルより与えられた過剰点の集合

Q : 不足量/過剰量算出モデルより与えられた不足点の集合

定式化

$$\text{Min} \sum_{j \in Q} l(D_j - \sum_{i \in P} x_{ij}) + \sum_{i \in P} \sum_{j \in Q} C_{ij} x_{ij}$$

(品切れ損失費用 + 輸送費用)

$$\text{s.t.} \sum_{i \in P} x_{ij} \leq D_j \quad \forall j \quad (\text{不足量制約}) \quad (1)$$

$$\sum_{j \in Q} x_{ij} \leq S_i \quad \forall i \quad (\text{過剰量制約}) \quad (2)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (3)$$

4 実験と結果

数理計画アプローチの結果の一部を以下に示す。

実験における評価尺度である品切れ改善率、輸送効率係数を以下のように定める。

品切れ改善率

$$\frac{\text{調整時平均品切れ回数}}{\text{調整時平均品切れ回数}}$$

輸送効率係数

$$\frac{\text{無調整時平均品切れ回数} - \text{調整時平均品切れ回数}}{\text{平均輸送費用}}$$

パラメータ α は確率変動量を制御し、以下の特徴を持つ。

$\alpha \rightarrow \text{大} \Rightarrow \text{不足点数 増加} / \text{過剰点数 減少}$

$\alpha \rightarrow \text{小} \Rightarrow \text{不足点数 減少} / \text{過剰点数 増加}$

シミュレーション中の各点の製品保有量はパラメータ β を用い決定する。

製品保有量 $\beta \times (\text{1日の平均オーダー数})$

$\times (\text{平均レンタル個数}) \times (\text{平均レンタル期間})$

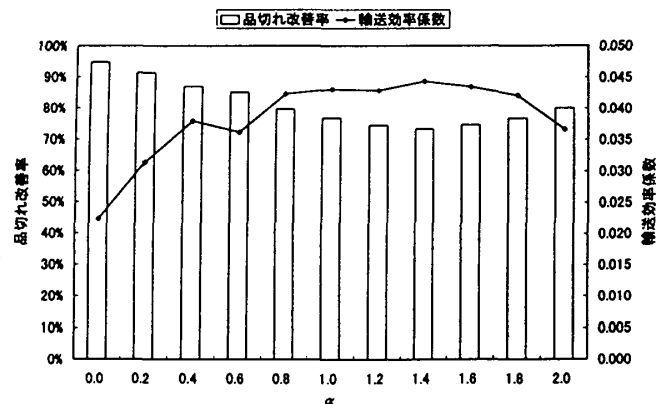


図 1: $(n, \beta) = (8, 1.05)$ における基本評価尺度

参考文献

- [1] V.B.Mendiratta and M.A.Turnquist, Model for management of empty freight cars, *Transportation Research Record* 838, pp.50-55 (1982).