

サプライヤー物流コストまで考慮した全体最適在庫モデル

“Optimization Model for Custody of Inventory including Supplier’s Transportation Cost”

亀井敬太, 田中謙司¹, 今西佑希

Keita Kamei, Kenji Tanaka, Yuki Imanishi

東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻

Department of Systems Innovation, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

Abstract: サプライヤーから発注会社の物流センターまでの商品の輸送費はサプライヤー側が負担し、発注会社の物流センターにおける地代、すなわち商品の在庫に必要なスペースのためにかかるコストは顧客側が負担している。現状では、勘と経験に頼り、発注側の視点だけの、在庫効率を追及した多頻度発注になりがちである。しかしこれでは調達物流における全体最適にはつながらない。本研究では、サプライヤーの物流コストをも考慮した輸送費と地代の最適な組合せを全検索し、全体最適な発注、在庫法を決定するモデルを提案する。

Keywords: inventory, supply chain management, procurement

1. 背景と目的

日本の小売市場の規模は近年伸び悩んでいる。伸び悩む市場において、小売業は自社の競争力を高めるためにコスト削減に取り組んでおり、中でも過剰在庫をなくすことによる地代や倉庫内作業コストの削減といった倉庫費削減に力を入れている。しかし、自社の在庫量に注目し、倉庫費の削減だけに取り組むだけでは不十分である。なぜならば、在庫量を少なくすることだけを意識すればサプライヤーへの発注頻度は高くなり、輸送効率は下がり輸送コストが上昇するため、調達物流全体で見たときのコストが削減されているとは限らない。また、輸送コストを負担しているのは多くの場合サプライヤーであるから、小売業が倉庫費の削減のためだけに高頻度の発注を行う結果、輸送コストが高くなることはサプライヤーの負担が大きくなることにつながる。その結果、仕入れ価格が高くなるなどの影響が出て、結局コスト削減につながらない可能性もある。さらに、輸送効率の低下は環境負荷を高めることにもつながる。以上のことから、倉庫費と輸送費の両方を考慮したコスト削減を考える必要がある。

これまで、勝呂[1]や梶田ら[2]のように地代のみに着目した在庫の最適化の研究や、久保ら[3]や岸野ら[4]のように輸送費や配送費のみに着目した輸配送コストの最適化が行われてきた。また、梅田ら[5]の行った在庫拠点間の商品輸送による在庫の最適化の研究があるが、サプライヤーへの発注の方法や在庫の方法を含んだ地代と輸送コストの最適化の研究は行われていない。

本研究では小売業の調達物流、つまり各サプライヤーから小売業の自社倉庫である物流センター

までの商品入荷を対象とし、現状の定量的分析から始め、在庫地代と商品の輸送費の和からなる総コストを最小化するように、商品の入荷頻度、入荷量と在庫量、輸送方式を最適化する。また、調達物流モデルを構築し、シミュレーションにより総コストの定量的評価を行う。こうすることで輸送費を負担するサプライヤー、在庫地代を負担する小売業、輸送費が大きく影響する環境の三者が WIN するような新しいビジネスモデルを創り出すことを目的とする。

2. 調達物流の現状分析

2.1. 使用するデータ

本研究では、国内大手小売業 X 社から提供された調達物流に関する実績データをもとに分析を行う。データの期間は、2008年の6月度から8月度の3ヵ月間である。データは、日別の入荷データ、出荷データ、在庫数データ、商品マスタ、サプライヤーデータの5種類である。

2.2. 現状分析

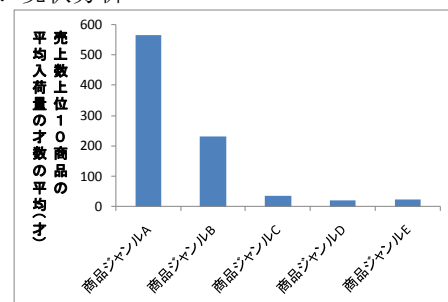


図1 商品ジャンルごとの売上数上位10商品の平均入荷量の才数の平均

図1に商品ジャンルごとの売上数上位10商品の平均入荷量の才数の平均を示す。才数とは商品の大きさのことであり、単位は[才]であり1才=0.0278m³=27.8ℓである。図1から商品ジャンルAは他ジャンルの商品に比べて平均入荷量の才数が大きいことが分かる。1回当たりの入荷量の才数が大きいため、商品ジャンルAは輸送費が高い商品ジャンルである。

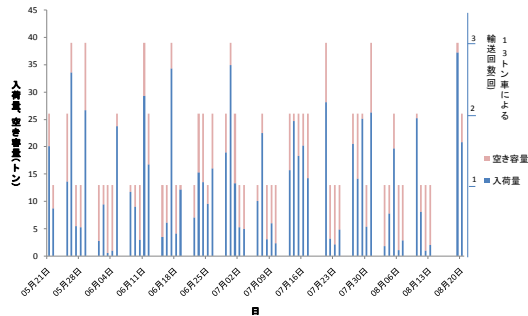


図2 Y社出荷拠点①からの入荷の現状再現

図2に商品ジャンルAを扱うサプライヤーY社出荷拠点①からの入荷の現状を再現した結果を示す。これはY社の出荷拠点①からの入荷実績をもとに、入荷量と空き容量の重量、輸送回数を再現した図である。土日を除きほぼ毎日入荷が行われており、入荷量が少なく空き容量が大きい日も見られ、輸送効率は高くない。

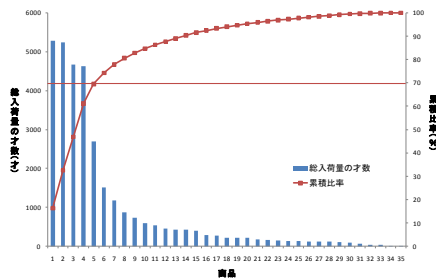


図3 Y社出荷拠点①の商品の総入荷量のパレート分析

図3にサプライヤーY社出荷拠点①の商品の総入荷量のパレート分析を示す。このパレート分析のように、総入荷量上位商品が占める入荷量の割合は高いことが挙げられる。

3. 提案する全体最適調達モデル

3.1 入荷頻度に応じた最適在庫法

本研究では、定期不定量発注を行うことを想定する。定期発注方式の方が本研究の目的達成に適していることと、3通りの定期発注方式による在庫法というプラクティスの単純化が最適解を求めるために必要であるからである。

入荷頻度は1週間に2回(S1)、1週間に1回(S2)、2週間に1回(S3)の3通りを設定する。それぞれの入荷頻度ごとの最適在庫法をまとめたものを、表1に示す。

表1 入荷頻度ごとの最適在庫法

在庫法	入荷頻度	安全在庫日数	入荷量	最大在庫 (入荷後の在庫日数)
S1	週2回	3.5日	3.5日	7日
S2	週1回	7日	7日	14日
S3	2週に1回	14日	14日	28日

3.2 輸送方式

本研究では、直接輸送モデルとミルクランモデルの2通りの輸送方式を考える。直接輸送モデルとはサプライヤーの出荷拠点からX社物流センターへ商品を直接輸送するモデルであり、ミルクランモデルは複数のサプライヤーの出荷拠点を輸送車が巡回し、それぞれの出荷拠点の商品を回収し、X社物流センターへと輸送するモデルである。直接輸送モデルは多量の商品を輸送するサプライヤーに適しており、ミルクランモデルは少量の商品を輸送するサプライヤーに適している。毎週10トントラックによる輸送が1回以上必要な輸送量のサプライヤーは直接輸送を行うとする。本研究では特に直接輸送を行うサプライヤーを中心に最適化の研究を行う。

3.3 調達物流最適化のフロー

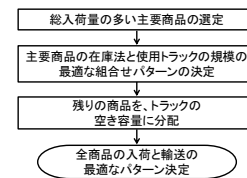


図4 直接輸送モデルにおける調達物流最適化フロー

図4に直接輸送モデルにおける調達物流最適化フローを示す。まず総入荷量の多い主要商品を選定する。次に、選定した各主要商品に在庫法と使用するトラックの規模の全組合せパターンを適用し、組合せパターンごとに総コストを算出することで、総コストが最小となる最適な組合せパターンを求めるとして、主要商品以外の商品を、主要商品を輸送するトラックの空き容量へ分配する。以上のプロセスにより、全商品の最適な発注と輸送と入荷のパターンが決定される。

4. シミュレーションによる本モデルの有効性の検証

多量少品種サプライヤーとして商品ジャンルAを扱うサプライヤーを対象とし、中でもY社出荷拠点①を対象として最適化シミュレーションを行っ

た。

主要商品として総入荷量上位5商品を選定し、各主要商品に対して表1に示す3通りの在庫法と、4トントラック、10トントラック、13トントラックの3通りの使用トラックの規模の全組合せパターンを適用し、総コストを算出した結果を図5に示す。総コストが最小となるのは主要商品を全て在庫法S1(週2回入荷)に従って在庫し、全て13トントラックで輸送する組合せパターンであると分かった。

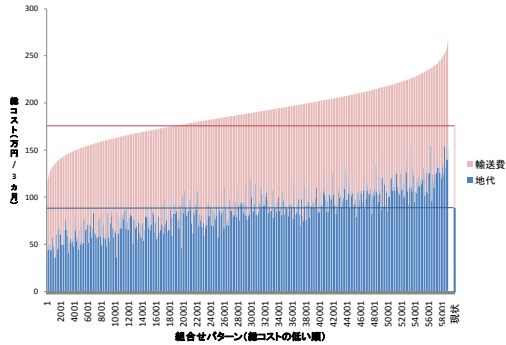


図5 各組合せパターンの総コスト(100パターンごと)

また、主要商品の最適な組合せパターン時における、主要商品以外のトラックの空き容量への分配シミュレーションを行い、全商品での現状との総コスト比較を行った結果を表2、表3に示す。40~44%のコスト削減ができたことを述べる。最大目標在庫日数10日の場合の方が削減率が大きい、2商品欠品している。

表2 最大目標在庫日数14日の場合の全商品の総コスト比較と削減率

	現状	最適な組合せパターン (コスト最小時)	削減率
地代	140万円	73万円	47%
輸送費	85万円	62万円	27%
輸送回数(13t車)	99回	72回	27%
総コスト	224万円	135万円	40%

表3 最大目標在庫日数10日の場合の全商品の総コスト比較と削減率

	現状	最適な組合せパターン (コスト最小時)	削減率
地代	140万円	64万円	55%
輸送費	85万円	62万円	27%
輸送回数(13t車)	99回	72回	27%
総コスト	224万円	126万円	44%

5. 結論

本研究の結論は以下の通り。

1. 小売業の調達物流データを解析し、小売業の調達物流における商品輸送と在庫管理の問題点を明らかにした。
2. サプライヤーの出荷拠点ごとに適した輸送モデルを選定し、直接輸送モデルにおける商品の在庫地代と輸送費の和を最小とするような、各商品の発注、在庫、輸送を最適化する手法を構築した。
3. 直接輸送モデルにおけるシミュレーションを行い、最適化法の有効性を現状とのコスト比較により評価し、在庫地代と輸送費の削減率は40%以上に

ることを示した。調達物流に関する実績データを入力することでシミュレーションの有用性を高めた。在庫地代と輸送費の両方が削減されることを示すことで、サプライヤー、小売業、環境の三者がWINするような新しいビジネスの方式を創り出した。

6. 今後の課題

本研究は、直接輸送モデルに注目して調達物流の全体最適化に取り組んだ。しかし、輸送効率を考慮すると、直接輸送モデルはある程度以上の物流量のあるサプライヤーに対しては有効であるが、物流量が少ないサプライヤーに対しては必ずしも有効とは言えない。

今後の課題として、物流量が少ないサプライヤーを含めた最適化を考えるために、複数のサプライヤーを同一の輸送車が巡回して商品を回収するミルクランモデルについても、調達物流の最適化モデルを構築する必要がある。

- [1] 勝呂隆男 「最適在庫のマネジメント」、日刊工業新聞社、2005
- [2] 梶田貴司、黒田典子、富井佐知子、西川豊、大島徹、友金幹視、上田睦明、中塚英太郎 「自動注射薬調剤機在庫管理システムの構築と評価」、医療薬学、35巻、3号、pp.183-188、2009
- [3] 久保貞也、栗山仙之助、能勢豊一 「配送車両の容量を考慮した相互供給システムの配送方式」、日本経営工学論文誌、50巻、6号、pp.424-430、2000
- [4] 岸野清孝、石田康、井上春樹 「サプライチェーンにおける総コスト最小となる輸配送計画の開発」、新潟国際情報大学情報文化学部紀要、10巻、pp.155-163、2007
- [5] 梅田真之、椎名孝之、今泉淳、森戸晋 「確率計画法による予防的・緊急的在庫転送併用方策の定式化」、日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集、pp.202-203、2008