

サプライチェーン上の在庫最適化モデルの実務的応用について

01006990 (株) サイテック・ジャパン 伊倉義郎 IKURA Yoshiro

1. はじめに

この発表では、サプライチェーン上での安全在庫の最適配置モデルについて、実務的な観点からの考察を行う。安全在庫のサプライチェーン上での最適配置問題については、近年盛んにモデルや解法の研究と実用上の成果について報告がされているが、実際に応用した場合の種々の工夫については報告がまだ少ない。本発表では、基本モデルの実務的な観点からの拡張や追加制約式の導入方法を検討し、実データを扱う際の注意点等について報告する。また、実データを使い在庫問題を分析するケースについても解説する。サプライチェーン全体の在庫管理についての解説は文献[2]、第2章などを参照されたい。

2. 基本モデル

サプライチェーン上の安全在庫最適配置問題の数理モデルは次のように定式化される[1]。

$$\text{Minimize } \sum_j h_j \sqrt[p]{c_j^p \sigma_j^p z_j} \quad (1)$$

subject to :

$$z_j = T_j + y_j - x_j, \quad \forall j \in F \quad (2)$$

$$y_j - x_i \geq 0, \quad \forall (i, j) \in A$$

$$x_j, y_j, z_j \geq 0 \quad \forall j \in F$$

ここで、

F : 拠点の集合

A : 拠点間の物流アーク集合

T_j : 拠点 j での処理時間

z_j : 拠点 j での在庫時間

y_j : 拠点 j の上流入庫リード時間

x_j : 拠点 j の下流サービス時間

h_j : 拠点 j での単位在庫費用

c_j : 拠点 j での顧客サービス係数

σ_j : 拠点 j での需要量分散

p : リスク共有度 ($1, 2, \dots$)

目的関数は、各拠点での在庫費用の総和となる。このモデルでは拠点間のリード時間を変数となり、それが与えられた上下限内で在庫レベルと最適化が同時に行われる。このモデルを解くことにより、各拠点での最適在庫時間 z_j が求まり、それに対応する最適在庫量は目的関数の値から計算できる。変数はすべて期間 ($1, 2, 3, \dots$) 単位になり、1 期間が在庫管理の単位時間 (日、週、など) に対応する。

この基本モデルについては、次のような条件が前提となっている。

- 条件 1 : すべての拠点で在庫見直しと発注が各期間毎に同時に行われる。
- 条件 2 : ある拠点からすべての下流拠点へのリードタイムは同じとする。
- 条件 3 : 最終顧客へのリードタイムは、すべて同じとする。

これらの条件は実データによる分析の際には厳しすぎる制約となり、モデルの適応が難しくなる。以下では、これらの条件を上記の基本モデルにどのように追加されるか

を記述する。

3. 拡張モデル

条件1については、モデルの単位時間が日で各拠点が発注方式をとってれば、問題にならないが、日単位で定期発注方式（例： P_j 日毎の発注）をとる拠点があり、上流からのリード時間がその値を下回る場合は、上記の式では不十分である。その際には、当該拠点では次の発注のタイミングまでの在庫が余分に必要となり、以下の制約式が上記の基本モデルに追加される。

$$y_j \geq P_j, \quad \forall j \in F^*$$

ここで F^* は、そのような定期発注方式をとる拠点の部分集合とする。

条件2については、もしリード時間が拠点間の両方に依存する場合には、変数 x を以下のように拡張する。

$$x_i \rightarrow x_{ij}$$

尚、在庫コスト h_j が非負の場合、この関係は、次の式と同じになる。

$$y_j = \max \{x_{ij} : (i, j) \in A\}$$

条件3については、始めに顧客の需要をどのように設定するかによるが、通常顧客数は非常に多い（数百から数万）ので、個々の顧客の需要分布を設定することはあまり現実的ではない。しなしながら、すべての顧客をまとめて、一つの分布とするのも簡略化すぎる危険もある。顧客からの需要量、サービス内容（特にリード時間）により、顧客分布を複数に分けて設定することが望まれる。その場合、最終拠点での顧客リー

ド時間や在庫時間は顧客ごとに設定され、目的関数（1）次のように変更される。

$$\sqrt[p]{\sum_{k \in C_j} c_{jk}^p \sigma_{jk}^p z_{jk}}$$

ここで、 C_j は拠点 j の担当顧客集合で、制約式（2）は、

$$z_{jk} = T_j + y_j - x_{jk}, \quad \forall k \in C_j, \forall j \in F$$

となる。ここで x_{jk} は拠点 j から顧客 k へのリード時間、 z_{jk} は拠点 j での顧客 k のための在庫時間である。

4. 実データでの分析

実際のデータを使った分析をする際には、データの量と質についてまず基本的な分析をしてからモデルの設定方法を考慮する必要がある。具体的な結果については、発表の際に報告する。

◆ 研究分野番号とキーワード一覧

2. 生産関連の応用モデル

在庫管理、物流、サプライチェーン。

6. 数理計画関連の数理モデル

非線形計画、整数計画、グラフ・ネットワーク、組み合わせ最適化。

参考文献

[1] S. C. Graves and S. P. Willems: Optimizing Strategic Safety Stock Placement in Supply Chains, *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol.2, No.1, winter 2000, pp.68-83.

[2] D. Simchi-Levi et al: *Designing and Managing the Supply Chain*, 2nd edition, McGraw Hill, 2003.