

# 経営戦略を考慮した在庫管理制御

## Inventory Control Reflecting the Management Strategy

梅田 裕平 \*1      松井 由信 \*1  
Yuhei Umeda      Yoshinobu Matsui

\*1株式会社富士通研究所  
FUJITSU LABORATORIES LTD.

At a retail store such as a convenience store or a supermarket, the person in charge decides quantity of ordering to factories or wholesale markets. However, with increasing in number of the products, the ordering work by the limited staffs becomes difficult. Therefore the ordering support system becomes wide spreaded at many retail stores. One of the support system that is studied actively is the method using demand prediction. The problem of the method using demand prediction is handling the uncertainty of prediction. Most of conventional systems handle uncertainty conservatively. However, the management strategies are various, so it is not sufficient in conservative methods. In this paper, we propose an inventory control method reflecting various management strategies using multiple predictive scenarios.

### 1. はじめに

スーパーやコンビニエンスストアなどの小売店では、各商品の在庫状況に応じて卸や工場へ商品の発注を行っている。現在多くの店舗では、発注担当者が売れ行きや在庫の量を見極めながら欠品を起こさず、なおかつできるだけ在庫を抱えないような発注量を決定している。しかしながら、担当者の勘と経験に頼る方法で適切な発注量を決定することはもともと難しいうえ、近年各店舗で取り扱う商品数が膨大になってきたことによりさらに難易度を増してきており、限られた人数で発注作業を行うことが限界に近づいている。そのため適切な発注量の決定ができずに大量の欠品を起こしたり、大量の在庫を抱えて大量に返品や廃棄をせざるをえなくなる事態が多く発生するようになっている。

それらの問題を解決するため、既に導入が進んでいる在庫管理システムに発注量を決定もしくは支援する仕組みを加えたシステムの導入する企業が増加している。そのうち近年盛んに検討されている発注量決定手法の一つが需要予測を用いた決定手法である ([浅田 05])。それらの多くは次期の予測される需要に誤差を加味したマージンを加えた量を発注する手法であるが、松井ら [Matsui et al. 14] は長期間の予測をもとに長期の視点での最適化を行うメリットを示している。

一方、需要予測を用いた手法の問題点は需要予測の不確実性である。近年ビッグデータの処理技術の向上によって、リアルタイムのビッグデータを活用することができるようになり、さらに予測技術自体が高度化したこともあって需要予測の精度は飛躍的に向上した。しかし、いまだに需要予測の不確実性は高いため、予測が外れた場合に大量の欠品を起こしたり、大量の在庫を抱え込んだりすることがある。そのため、需要予測を用いた手法を用いるためには予測の不確実性への対応が必要となる。



図 1: Proposed system image

従来の手法や松井ら [Matsui et al. 14] の手法では、予測誤差の分布などをもとに一定確率で欠品を起こさないような決定の仕方をしている。それらの手法は予測の不確実性に対して保守的な対応をしているといえる。一方で、経営者の視点では保守的な対応を望む経営者だけでなく、多少のリスクを負いながらも積極的に攻める対応を好む経営者も存在する。そのため、従来の手法では多様な経営者のニーズに対応できるとは言えない状況である。

本論文では、図 1 に示すような需要予測の不確実性に対しさまざまな経営戦略に対応する形で発注量を決定する手法について述べる。

## 2. 予測の不確実性への対処

### 2.1 従来の対処法

需要予測を用いた発注手法のうち、従来の手法では次期の予測にマージンを加えることによって予測の不確実性に対応している。加えるマージンの決定に関してはさまざまな手法が検討されているが、本質的には予測の誤差分布をもとに実需要が予測にマージンを加えた量を一定確率で超えないように設定している。松井ら [Matsui et al. 14] の手法に関しても、予測の誤差分布をもとに各期間において一定確率で欠品を起こさないように制約条件を加え最適化計算を行っている。

いずれの手法にも共通することは、欠品の発生に対して保守的に発注量の決定を行っている。しかしながら、経営者の経営戦略は多様であり、保守的な発注戦略を好まない経営者に対してはこれらの手法は望ましいものではない。

連絡先: 梅田 裕平, 株式会社富士通研究所, 神奈川県川崎市  
中原区上小田中 4-1-1, TEL:044-754-8830, Fax:044-754-  
2664, umeda.yuhei@jp.fujitsu.com  
松井 由信, 株式会社富士通研究所, 神奈川県川崎市中原  
区上小田中 4-1-1, TEL:044-754-8830, Fax:044-754-2664,  
m.yoshinobu@jp.fujitsu.com

経営者の多様な戦略に対処する手法として、本論文では松井らの手法と同様にモデル予測制御戦略の枠組みにおいて従来と比べ多様な戦略に対応する手法を提案する。

## 2.2 モデル予測制御戦略

モデル予測制御戦略は、モデル予測制御の有限評価区間の最適化問題を繰り返し解くという概念 ([Maciejowski 05]) をサプライチェーンなどの社会サービスに適用することで、意思決定を支援する仕組みである ([Bose 00, Perea-López 03])。

在庫管理において需要予測をもとにモデル予測制御戦略を適用した場合、各発注時期における発注量の決定は以下のように行う。

現在から将来の  $k$  期間の需要の予測を  $p(1), \dots, p(k)$  とし、将来  $k$  期間の発注計画を  $u(1), \dots, u(k)$  とする。現在から  $u(1), \dots, u(k)$  の順に発注し、実際に需要が  $p(1), \dots, p(k)$  であった場合の、利益などの改善したい目的指標を  $J(u, p)$  と表す。このとき満たすべき制約条件のもとで最適化問題

$$\max_{u(1), \dots, u(k)} J(u, p) \quad (1)$$

を解き、得られた最適解  $u^*(1), \dots, u^*(k)$  のうち  $u^*(1)$  を発注量とする。

## 2.3 予測の不確実性を考慮したモデル予測制御戦略

モデル予測制御戦略における最適化問題 (1) は確定的な予測を利用しているため、予測の不確実性には対処できていない。予測の不確実性に対処する方法としては、予測の不確実性に応じた目的指標  $J(u, p)$  の確率分布を利用する方法が考えられるが、確率分布を求めることは計算量の観点から容易ではない。

そこで確率分布を求める代わりに複数の予測シナリオを用いた手法を紹介する。

現在から将来  $k$  期間の需要の予測において、起こり得るシナリオを網羅的に準備する。しかし、実際には網羅的に準備することは難しいため、起こる可能性の高いシナリオを一定数準備することにする。

準備した需要の予測シナリオ数を  $N$  としたとき、各シナリオ  $p_1, \dots, p_N$  に対する目的指標をそれぞれ  $J(u, p_1), \dots, J(u, p_N)$  と表す。

このとき、最適化問題 (1) に代わり次の最適化問題を考える。

$$\max_{u(1), \dots, u(k)} \min_{i=1 \dots N} J(u, p_i) \quad (2)$$

この最適化問題 (2) を用いた発注計画は目的指標が最低限確保できる値をできるだけ大きくしようとするものであり、予測の不確実性に対し保守的な決定手法である。

一方で次の最適問題を考える。

$$\max_{u(1), \dots, u(k)} \max_{i=1 \dots N} J(u, p_i) \quad (3)$$

最適化問題 (3) を用いた場合、大きな目的指標の値を取る可能性があるが、一方で低い目的指標の値をとる可能性もあるハイリスク・ハイリターン手法である。

最適化問題 (2), (3) は経営戦略としてはともに極端な戦略であり、実際にはそれらの中間的な戦略をとりたいという要望があり得る。その場合以下の最適化問題を考える。

$$\max_{u(1), \dots, u(k)} \{J(u, p_i) \text{ の } l \text{ 番目の値} \} \quad (4)$$

最適化問題 (4) を用いた場合、設定する  $l$  によって戦略が異なってくる。最適化問題 (4) は  $l=1$  のとき最適化問題 (3) で

あり、 $l=N$  のとき最適化問題 (2) となる。 $l$  の設定が小さいほどハイリスク・ハイリターンとなり、大きいほどローリスク・ローリターンの戦略となる。経営者は自らの経営戦略に応じて  $l$  の設定値を選ぶことで経営戦略を反映させることができる。

また、最適化問題

$$\max_{u(1), \dots, u(k)} E_{p_i}[J(u, p_i)] \quad (5)$$

を用いることで安定的に高い目的指標を得ることができる。ここで、 $E_{p_i}[J(u, \cdot)]$  は各シナリオ  $p_i$  の起こる確率に対する目的指標の期待値である。

## 3. 発展的な手法

予測の不確実性に対して目的指標を確率分布ととらえることは計算量的に難しいが、計算が可能な場合は更に細かく戦略を反映させることが可能である。たとえば最適化問題

$$\max_{u(1), \dots, u(k)} P(J(u, p) > a) \quad (6)$$

とした場合、目的指標が  $a$  を確保できる確率を最大にすることができる。達成目標をもとに  $a$  を設定することで適切な発注計画を決定できる。

## 4. おわりに

本論文では、小売店の在庫管理において需要予測の不確実性に経営戦略を反映したうえで適切な発注量を決定する手法を提案した。

モデル予測制御戦略をもとに、最適化問題 (4) の  $l$  を経営戦略に応じて選ぶことで、経営戦略を反映させることができる。

更なる発展的な手法として、予測の不確実性にに応じて目的指標を確率分布としてとらえたうえで発注量を決定する方法を提案した。

今後の課題としては、経営戦略や現在までの達成状況などから適切な設定値を自動で決定することである。

## 参考文献

- [浅田 05] 浅田 克暢, 岩崎 哲也, 青山 行宏: 在庫管理のための需要予測入門, 東洋経済新報社 (2005).
- [Matsui et al. 14] Matsui, Y., Umeda, Y. and Anai, H.: MPC (Model Predictive Control) による小売店における在庫管理, 第 1 回経営課題に AI を! ビジネス・インフォマティクス研究会資料, SIG-BI-001-03 (2014)
- [Bose 00] Bose, S. and Pekny, J.F.: A model predictive framework for planning and scheduling problems: a case study of consumer goods supply chain, Computers and Chemical Engineering, 24 (2-7) (2000), pp. 329-335.
- [Maciejowski 05] ヤン・M. マチエヨフスキー (足立 修一, 管野 政明 訳): モデル予測制御—制約のもとでの最適制御, 東京電機大学出版局 (2005)
- [Perea-López 03] Perea-López, E. and Ydstie, B.E.: A model predictive control strategy for supply chain optimization, Computers & Chemical Engineering, 27 (8-9), 15 September 2003, pp. 1201-1218