

# 不定期かつ不定量な発注を実現するためのシミュレーション機能を備えた在庫最適化支援システム

清水俊介\*  
Shunshuke Shimizu  
中村伊知郎†  
Ichiro Nakamura  
山本健司\*  
Kenji Yamamoto

前澤 治\*  
Osamu Maetzawa  
地主修一‡  
Shuichi Jinushi

Inventory Optimization Support System with Simulation Functions to Realize Variable-period and Variable-quantity Orders

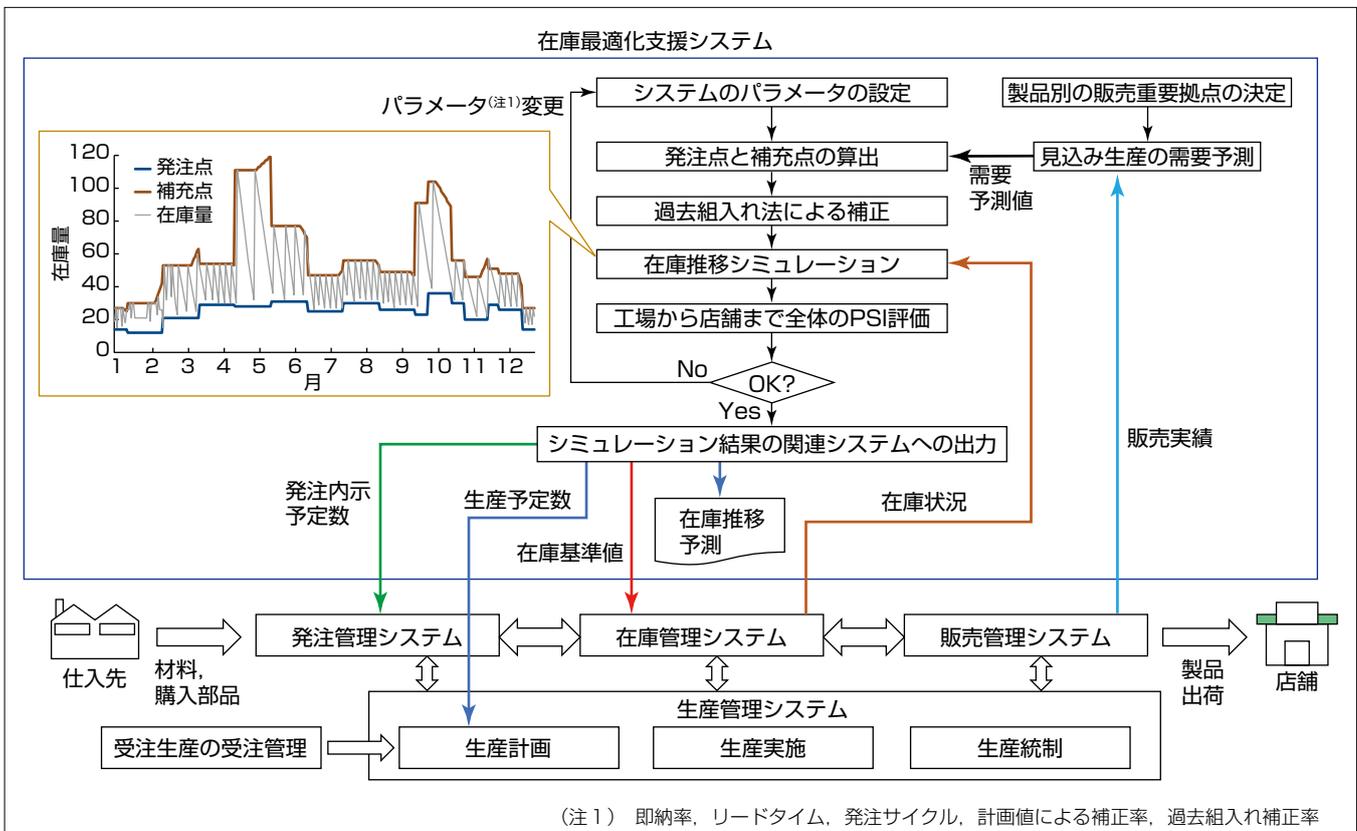
## 要 旨

在庫管理は販売・生産・発注・出荷等の企業の様々な活動に直結しており、在庫管理システムは企業を支える基盤システムの一つになっている。在庫管理の目的は在庫を最適化することであり、その実現に不可欠な要素として適切な発注が挙げられる。仕入先への発注は、定期発注と定量発注が主流であったが、多品種少量生産に伴う管理単位の細分化や、産業のグローバル化に伴う予測外の需要変動といった環境の変化に対応が難しくなっており、不定期かつ不定量な発注方式の確立が望まれている。実現には様々なパラメータ(即納率や発注サイクル等)を準備する必要があるが、完全な自動算出は難しく、工場から販売店までのPSI(Production, Sales, Inventory)のバランスを取るた

めにはベテランの経験に頼らざるを得ない。

こうした状況を解決するために、欠品・在庫の推移をシミュレーションして評価できる在庫最適化支援システムを開発した。このシステムによって、検討するパラメータを、客観的に定量評価できるため、在庫管理システムの運用での属人性を排除できる。

また、製造系の顧客に対して過去3年分の実績データを用いて効果検証を実施し、販売機会は44.5%増、売上数は8.5%増の効果が得られることを確認できた。従来の在庫管理からの改善を求める幾つかの顧客に対しても、概念検証(PoC)を提案中であり、得られた改善点をこのシステムにフィードバックする予定である。



## 在庫最適化支援システムと既存システムの関係

販売管理システムに蓄積された販売実績データから求めた需要予測値と、あらかじめ設定しておいたパラメータを使用して在庫基準値である発注点と補充点を算出する。次に、在庫管理システムから取得した最新の在庫状況を初期値として、予測対象期間の在庫推移を拠点・製品ごとにシミュレーションする。最後に、工場から店舗までの全拠点の即納率と在庫総額を評価して、妥当ならば結果を出力して生産計画や発注計画に反映する。

## 1. ま え が き

在庫管理は企業経営を支える基幹業務の一つであるが、多品種少量生産に伴う管理単位の細分化や、産業のグローバル化に伴う予測外の需要変動等によって、迅速かつ正確な対応が難しくなっている。発注方式としては、定期発注方式と定量発注方式が代表的であったが、現在の在庫管理が抱える課題を解決するためには、不定期不定量発注方式の確立が望まれている。不定期かつ不定量な発注を実現するには様々なパラメータ(即納率や発注サイクル等)を準備する必要があるが、即納率と在庫総額のバランスを取るためには完全な自動算出は難しく、ベテランの経験に頼らざるを得ないものも少なくない。

本稿では、即納率や発注サイクル等のパラメータ設定を支援できる豊富なシミュレーション機能を持たせた在庫最適化支援システムについて述べる。また、この技術を実際の製品の在庫管理で検証した結果についても併せて述べる。

## 2. 発 注 方 式

### 2.1 定期発注と定量発注の問題点

従来の発注方式は、月初や週末のように発注タイミングを固定し、毎回の発注量を変える定期発注方式と、在庫数が発注点と呼ばれる一定の基準値を下回ったときに固定量の発注をする定量発注方式の2種類に分類できる<sup>(1)(2)</sup>。

定期発注方式は発注タイミングのたびにデータの収集、加工や需要予測の計算が必要であり、製品数が増えて、かつ発注サイクルが短くなるほど作業量が増加し、管理も困難になるという問題がある。一方の定量発注方式は製品ごとに設定した発注点を市場変化に合わせて定期的に見直す必要があり、多品種少量生産の場合は見直しが困難なため、発注点を高めに設定し過剰在庫の原因になっていることが多いという問題がある。

### 2.2 不定期かつ不定量な発注の提案

そこで、両方式の利点を組み合わせるために、発注タイミングを不定期に、発注量を不定量にした不定期かつ不定量な発注の方法を提案する。発注タイミングは定量発注方式と同様に、在庫数が発注点を下回ったときに発注をかけることで、製品ごとに発注が必要かどうかを自動的に判断できるようにする。発注量は需要予測値から算出した基準値(補充点)から決定する。ただし、各拠点のデータの結合や需要予測、発注量の計算を毎日人手で実施することは現実的ではないため、

これらはシステム上のボタン一つで実行可能になるようにする。システムが出力する値は全てデータから導き出した論理値なので客観的であり、在庫管理に関する十分な知識がなくても算出可能である。

## 3. 在庫最適化支援システムの構成

在庫最適化支援システムは、生産管理システム、発注管理システム、販売管理システムと連携して機能する従来の在庫管理システムに対して、在庫の最適化を支援する。関連システムとの入出力は図1のようになる。

このシステムによる作業の流れは、図2のようになる。①②はユーザーによる設定、③～⑦はシステムが実行し、⑤⑥はシステムの出力を判断材料としてユーザーが評価を行い、パラメータを変更してシミュレーションを繰り返すか否かを判断する。

## 4. 実 現 方 法

3章に述べた作業の流れに従って、実現方法を述べる。

### 4.1 製品別の販売重要拠点の決定

図3上図のように、例えば工場、配送センター、店舗のように多段階多拠点で構成される場合は、需要のランダム変動を考慮して出荷量を予想する販売重要拠点と、下流の入荷量の合計値から出荷量が求められる生産・販売拠点の二つに分類する。販売重要拠点で捉えた市場の変動を集計

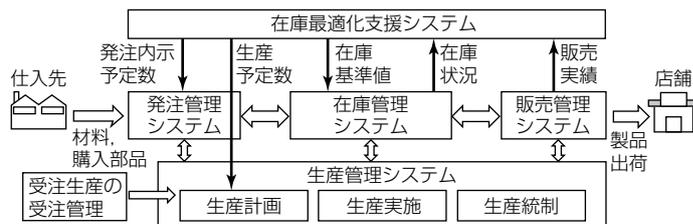


図1. 関連システムとの関係

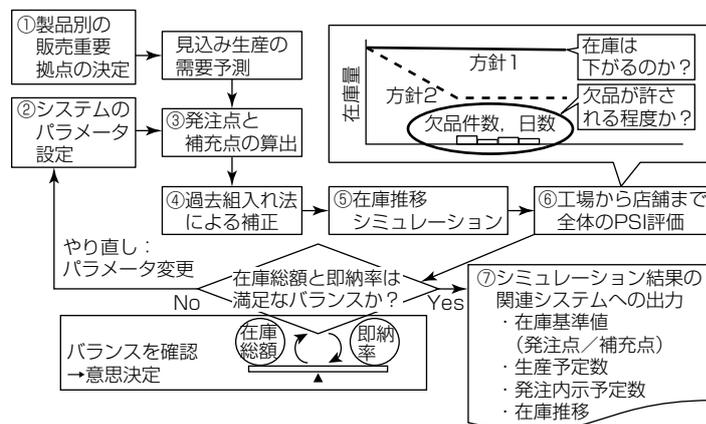


図2. 在庫最適化支援システムの作業の流れ

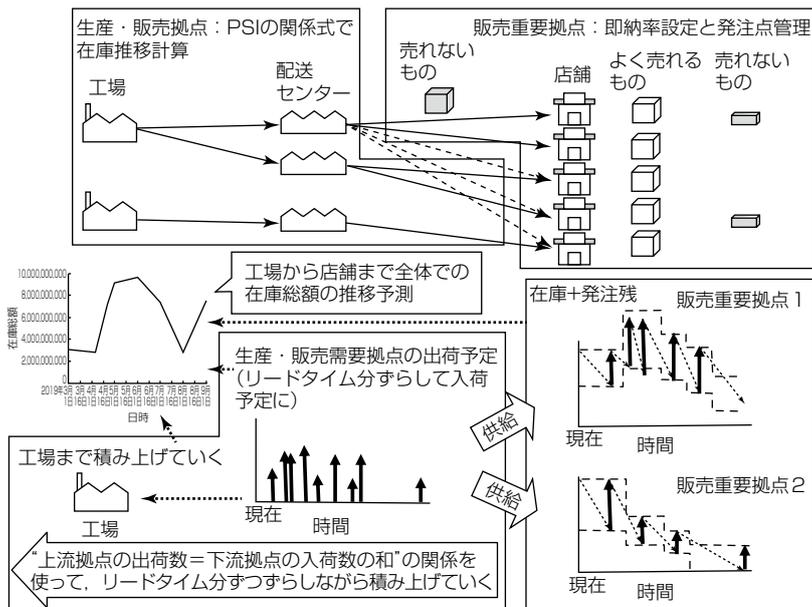


図3. PSI計画の連携

して、生産・販売拠点の生産・出荷計画に素早く反映させることが重要である。なお、販売重要拠点は任意の階層で定義するが、どの階層を選択するかは製品特性を加味する必要があるため、製品単位で選定する。例えば間欠需要のあまり売れない製品では、店舗単位では安全在庫が0や1になってしまうことがあるため、一つ上流の階層を選択するといったことが考えられる。

#### 4.2 システムのパラメータの設定

在庫推移をシミュレーションするためのパラメータとして、①即納率、②リードタイム、③発注サイクル、④計画値による補正率、⑤過去組入れの補正率を設定する。

#### 4.3 発注点と補充点の算出

##### 4.3.1 見込み生産の需要予測

発注点や補充点等の在庫基準値は、販売又は出荷実績データから、製品ごとの過去数年間分の需要推移集計して求めた需要予測値から求める。

消費者ニーズの多様化に対応して製品のモデルチェンジが頻繁になったため、製品のライフサイクルは短くなり、需要予測に必要な過去データを得ることが難しくなっている。モデルチェンジを単純に新製品として扱ってしまうと、過去データを使った精度の高い需要予測が難しくなってしまうため、ユーザー視点で製品のシリーズや諸元に基づいて、過去の似た製品を統合して需要の推移を集計する方法を採用した。

集計期間の単位に関しては、曜日や祭日等に起因するノイズに捕らわれないように週単位で集計した後、日単位に

配分する方式を採用した。また、各配送センターの製品単位で集計することで、配送センターごとに在庫を最適化できるようにした。

##### 4.3.2 在庫基準値の算出

安全在庫量とは、欠品を防ぐために必要な最低限の在庫量のこと、安全係数、リードタイム、発注間隔の三つの値から求められる<sup>(1)(2)</sup>。安全係数は、出荷頻度を表す確率分布に即納率を与えることで求められる値で、確率分布には一般的な需要を表す正規分布と間欠需要を表すポアソン分布を選択できるようにした。

このシステムでは、安全在庫量を守った最適な発注を制御する方式に、発注点補充点方式を採用する<sup>(1)(2)</sup>。売れた分だけを補充する方式では需要が低下した際に在庫が過剰になってしまうので、動的に発注点と補充点を算出し、

在庫が発注点を下回ったら、補充点まで発注する方式である。

図4に示すように、現在在庫とリードタイム内の全入荷予定量の和を総在庫量とする。総在庫量は予測需要分だけ毎日減っていくことになり、リードタイム後の総在庫量が安全在庫量を下回ってしまう場合は発注をかける必要がある。そのため、発注点は安全在庫量とリードタイム内の総需要の和で求められる。

また、発注量は次の発注までに消費される量を補充すればよいので、補充点は発注点と発注サイクル内の総需要の和で求められる。補充点の大きさは発注サイクルで調整可能であり、発注サイクルが小さい場合は補充点が小さく、発注サイクルが大きい場合は補充点も大きくなる。補充点が小さい場合、一度の発注量が少なくなるため、過剰在庫を防ぎやすいが、在庫数が発注点を下回る機会も多くなるため、頻繁に発注が発生する可能性がある。

##### 4.4 過去組入れ法による補正

機械学習では学習データに対する予測能力が低い状態を学習不足と呼び、学習の取りこぼしをより少なくする対策

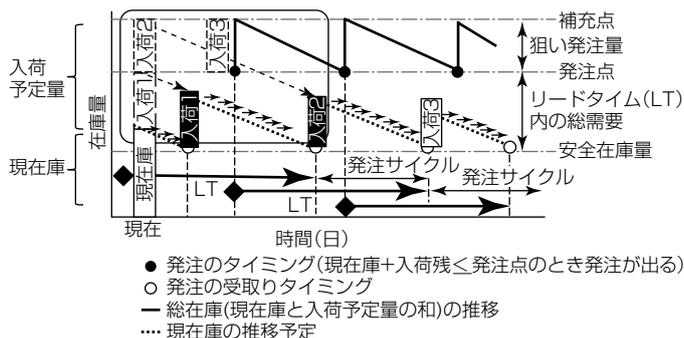


図4. 発注点と補充点の考え方

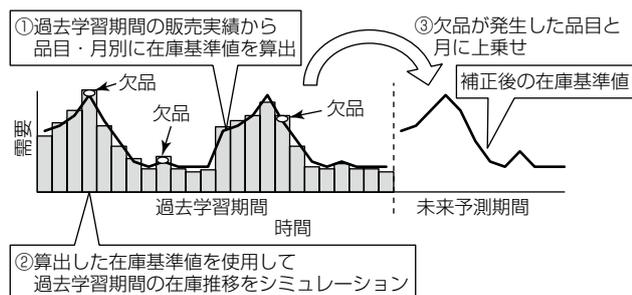


図5. 過去組入れ法の考え方

を講じるが<sup>(3)</sup>、この考え方をこのシステムにも適用し、“過去組入れ法”と呼ぶ。一般的な汎化性能を重視した予測を行ってしまうと、需要が間欠的な製品では、過去の特別需要等の発生が外れ値とみなされ、予測に十分反映されず、学習不足の状態になる傾向がある。そこで図5に示すように、過去に過剰在庫や欠品が発生した品目や月に対して、発注点と補充点に補正をかけて学習不足を補う機能を設けた。補正は、パラメータとして設定した“過去組入れの補正率”に従って行う。

#### 4.5 在庫推移シミュレーション

図3下図に示すとおり、販売重要拠点に選定した階層では、需要予測値と事前に設定したパラメータ値を用いて、在庫基準値である発注点と補充点を算出する。算出された値を評価するためには、この基準値で運用した場合に想定される在庫数と発注数を試算し、在庫数が倉庫の許容範囲に収まっているか、全体の発注数が生産制約・物流制約を満たしているか等を確認する必要がある。そこで、このシステムでは最新の在庫状況を在庫量の初期値、需要予測値を出荷予定量として、不定期不定量発注方式で発注をかけた場合に、在庫数と発注数がどのように推移するか確認できるシミュレーション機能を設けた。

なお、上流階層の出荷量は、下流階層にある拠点の入荷量の合計と一致することから、シミュレーションで予想した下流拠点の入荷予定量をリードタイム分ずらした値を使用することで生産・販売拠点の出荷量を求められる。

また、発注点と補充点は過去実績データから算出される値のため、過去実績の期間とシミュレーション期間の需要が同程度の規模と傾向であることが前提になる。しかし、例えばキャンペーンや販売強化といった戦略によって、規模を意図的に変えたい状況が考えられる。そこで、このような戦略を月や製品カテゴリー単位で設定可能な“計画値による補正率”というパラメータとして設定し、予測対象期間の在庫数を増減できる機能を設けた。

#### 4.6 工場から店舗まで全体のPSI評価

下流の発注予想を積み上げることで生産・販売拠点の

PSIをシミュレーションし、工場から店舗までの全体で在庫総額を予想することが可能になる。シミュレーションが算出した想定生産数又は販売数と在庫総額を評価し、問題があればパラメータ調整後にシミュレーションをやり直し、関連システムに結果を出力する。また、同機能を用いてパラメータの変更によってどのような影響が発生するかを確認することも可能である。

#### 4.7 シミュレーション結果の関連システムへの出力

在庫管理へ在庫基準値を、生産計画へ生産予定数に関する指示書を、発注管理へ発注内示予定数に関する指示書を、それぞれ出力する。また、在庫推移の予測結果をレポートとして出力できる。

### 5. 効果値算出例

製造系の顧客に対して、過去3年分の実績データを用いて効果検証を実施した。この検証では、過去3年の内、前2年のデータで発注点と補充点を算出し、後ろ1年に対してあたかも過去の日付に戻ったかのように1日ずつ在庫量と出荷量を突き合わせて、実際に欠品が起こるかをシミュレーションした。また、失注実績データも使用し、このシステムの在庫基準を採用していれば失注を回避できた数量も測定した。後ろ1年の実績データと比較したところ、販売機会は44.5%増、売上数は8.5%増の効果が得られることを確認できた。

### 6. むすび

昨今のライフサイクルが短い製品の需要予測には製品の世代交代とみなせる製品のライフサイクルを重ね合わせた需要予測が有効であることと、在庫推移のシミュレーション機能を活用すれば即納率と在庫総額のバランスが取れたパラメータ設定が可能であることを述べて、これらの考えを取り入れた在庫最適化支援システムを実際の在庫管理に適用した場合の有用性を確認できたことについて述べた。

今後は、消費税率等の法令の変更や海外の商習慣への対応などの社会要因にも対応できる需要予測や、パラメータの値を自動的にリコメンドできるような在庫最適化、製品構成(BOM)を考慮した発注等も実現していく。

#### 参考文献

- (1) 湯浅和夫：この1冊ですべてわかる物流とロジスティクスの基本、日本実業出版社(2009)
- (2) 中村謙治：経営課題をブレークダウンする適正在庫のノウハウ、秀和システム(2011)
- (3) 丸山 宏：データサイエンティスト・ハンドブック、近代科学社(2015)