

# 需要特性に応じた在庫計画の応用

## The Application of the Inventory Planning Depending on Demand Properties

SCM (supply chain management) は一時的な話題性はなくなったが、製造業および流通業においては、即納や短納期化などのサービス要求の高まりや、キャッシュフロー経営の浸透による過剰在庫へのマイナス評価の定着などによって在庫適正化は依然として高いニーズがある。(株) 日立東日本ソリューションズは、ForecastPRO をベースとした需要予測関連のソリューションビジネスの一環として「在庫分析ソリューション」を展開してきた。他社の同様のサービスと比較して、需要特性を分析し、それに応じた在庫基準値の設定を行う点、需要特性の分析の際に ForecastPRO のアウトプットを活用している点に大きな特徴がある。本論文では、数十社におよぶ適用事例から確立された定型パターン、ダイナミックに需要変化に迅速に対応し特性を発注計画に反映する新しい手法、および実際の運用で問題となるポイントについて考察する。

松根 隆之 Matsune Takayuki

### 1. はじめに

(株) 日立東日本ソリューションズは、ForecastPRO をベースとした需要予測関連のソリューションビジネスを展開してきた。しかし、リーマンショック、大震災など不確実性の大きな時代を迎え、予測を当てるという面では非常に困難な状況が続いている。このような時代では、予測はたいてい外れるものとして割り切り、外れ方がどの程度になるかを見込んで先手を打つこと、外れる兆候を素早く察知しタイムリーに対策を打つといった方針が重要になってくる。需要予測ソリューションの一環として展開してきた「在庫分析ソリューション」はこうした方針に則したソリューションとなっており、在庫計画との連携を強化するメリットが一層大きくなっている。この「在庫分析ソリューション」では、数十社におよぶお客様に適用を進めてきた。こうした事例から確立された定型パターン、よりダイナミックに需要変化に迅速に対応し需要特性の変化を発注計画に反映する新しい手法、および実際の運用で問題となるポイントについて考察を行なっていく。

測モデルは、需要特性を把握するための大きな手がかりになる。図 1 は ForecastPRO において「エキスパート選択」を選択した場合にどのような予測モデルが選択されたかの分布を示した例である。上位にある予測モデルほど過去の需要の傾向や季節性が顕著であり、需要予測に適していることを示す。

### 2. 需要パターンに応じた在庫基準の導出

#### 2.1 定型化された分類パターン

ForecastPRO は予測モデルを決定するため、予測に先立って様々な分析を行っている。その結果導出された予

予測モデル (エキスパート選択)	予測に 適する	品目数	比率
指数平滑 (トレンドあり、乗法的季節性)	◎	130	22.4%
指数平滑 (トレンドあり、加法的季節性)	◎	64	11.0%
指数平滑 (トレンドなし、乗法的季節性)	○	80	13.8%
指数平滑 (トレンドなし、加法的季節性)	○	138	23.8%
指数平滑 (トレンドあり、季節性なし)	△	15	2.6%
指数平滑 (トレンドなし、季節性なし)	△	76	13.1%
クロストン周期性	×	36	6.2%
ポワソン分布	×	9	1.6%
離散分布	×	4	0.7%
単純移動平均	×	28	4.8%
総計		580	100.0%

図 1 エキスパート選択で選ばれた予測モデル

例えば指数平滑（トレンドあり、乗法的季節性）モデルが選択された場合、その製品は安定した需要があり、長期的に増加又は減少傾向のようなトレンド、毎年同じ時期に需要の増加・減少といった季節性があることを示している。また一般的に出荷数量も多く ABC 分析を行った場合 A ランクに分類される品目が多い。こういった製品には需要に応じた在庫コントロールが有効であり、統計的に設定したサービス率を充足させるような安全在庫量の設定が有効である。

一方、下位のモデルは離散系の特性を有することを示している。これらは全く規則性を認識できないものや、長い期間需要がないことを示しており、固定パラメータによる安全在庫設定が有効となる。またクロストン周期性モデルが選ばれた場合は、間欠的な需要ではあるが実績は一定量かその数倍であることを示している。発注単位や輸送単位あるいは製造単位の制約からこうした動きとなるケースが多く需要分だけ補充を行うような予測以外の在庫管理が有効である。

図 2 は予測モデルを基にした分類をさらに進めて、ForecastPRO の予測と実績の差異を基にした予測精度を組み合わせてによって分類する例である。

予測精度	~10%	~20%	~30%	~40%	~50%	50%~
指数平滑（トレンドあり、乗法的季節性）	54	56	6	6	3	5
指数平滑（トレンドあり、加法的季節性）	23	20	9	6	0	6
指数平滑（トレンドなし、乗法的季節性）	16	33	18	8	2	3
指数平滑（トレンドなし、加法的季節性）	24	46	18	17	5	28
指数平滑（トレンドあり、季節性なし）	0	0	7	1	3	4
指数平滑（トレンドなし、季節性なし）	3	18	12	3	7	33
クロストン周期性	1	0	1	2	6	26
ポワソン分布	0	1	0	1	0	7
離散分布	0	0	0	1	0	3
単純移動平均	0	0	0	0	0	28
<b>総計</b>	<b>121</b>	<b>174</b>	<b>71</b>	<b>45</b>	<b>26</b>	<b>143</b>

図 2 予測モデルと予測精度による分類例

この分類からは図 1 の分類に加えて予測誤差は在庫でカバーできると考えられる部分（青色部分）、余剰在庫、欠品が生じる可能性があるため、アラートなどの対処が必要となる分類（橙色部分）などに細分化される。

多くのお客様では予測モデルと予測精度の観点からの分類で、在庫計画に必要な特性はカバーできるが、製品特性によってはさらに分類軸が必要になるケースが出てくる。例えば保守部品で品目数が膨大なケースでは、年に何ヶ月、あるいは月に何日需要が発生しているか、と

いった需要の発生頻度による分類が有効であった。他の事例では製品単価や欠品の許容度といった取引先の納入条件が分類軸となったケースがある。

## 2.2 在庫基準のダイナミックな運用

需要特性を分析する場合、予測や在庫補充システムの導入に際して、顧客から過去実績を預かって、分析結果を報告し、そのまま在庫基準として運用するのが通例である。しかし、環境が大きく変わっていき、また新製品が次々に投入される状況に対してはこうした対応では不十分となってくる。その解決として従来は「定期診断サービス」を用意し、逐次見直しを行うことを推奨してきたが、データの取得や設定のやり直しを頻繁に行うのが煩雑であるためか、あまり活用されていないのが現状である。そこで、それらの課題を解決しダイナミックに環境変化に対応する運用方法を推奨し、成果を納めてきた事例を紹介する。

小売店 A 社では、需要予測・在庫分析を 2 ヶ月間実施し、予測モデル、発注基準の検討を行い、検討結果を織り込んだ自動発注システムを構築した。店舗からの販売 POS データをもとに週 1 回需要予測を実施し、日々の推奨発注数量を算出する。その結果を基幹システムへ転送し、店舗の発注担当者は PDA 端末から商品バーコードをスキャンすることによりその商品の需要予測、推奨発注数、在庫、発注基準、アラーム情報が見えるようになっている。発注担当者は、必要であれば修正をかけることも可能である。

	① 商品マスタによる分類	② 月次予測予測モデル分類	② 月次予測予測精度分類	③ 週次予測予測モデル分類	推奨在庫基準
予測対象	季節性あり	良い	悪い	季節性あり 季節性なし	季節性を考慮した安全在庫、週次予測による補充（自動発注） 季節性を考慮しない安全在庫、補充（自動発注） 季節性を考慮しない安全在庫、補充
	季節性なし 指数平滑	(チェックなし)	(チェックなし)	(チェックなし)	季節性を考慮しない安全在庫、補充
	季節性なし 間欠需要				間欠需要に応じた安全在庫、補充
予測対象外	予測は行わない				人間の判断による補充

図 3 需要特性による在庫基準分類

本事例の特徴である、需要特性による在庫基準分類を

図 3 に示した。最初に商品マスタ設定で予測対象と対象外商品を分類する。予測対象外となるのは新規商品や高額商品など特別な管理が必要な商品であり、補充は人間の判断によって行われる。

次に、本システムの特徴である月次予測が行われる。ここでは予測対象の全商品を予測し、予測モデルと予測精度から予測可能な商品と、予測が難しい商品を切り分けている。この月次予測は、分類のためにだけ行われ、予測値は発注などには使用しないのが大きな特徴である。予測可能な商品については週次予測を実施し、予測値を基にした発注計画を立案している。この結果、単純なデータ加工の時間を減らし、陳列や品揃えの工夫をするなどの、よりクリエイティブな作業に時間を割り当てる、といった、メリハリのついた管理が可能となった。また、発注基準も定期的に自動算出をすることで見直しの手間も省け、5~10%の在庫削減も実現し、欠品も特に起こっていないとのことである。

### 3. 運用で問題となるポイント

一般に安全在庫や発注点を求めるサービス率ベースの算出式は以下のようにあらわされ、算出式自体に異議が唱えられたケースは少ない。

安全在庫 = 安全係数 × バラツキ ×  $\sqrt{\text{リードタイム}}$   
 発注点 = 単位期間当たりの見込需要量 × リードタイム + 安全在庫

にもかかわらず、実際の運用の際は各パラメータの解釈で悩みを抱えるお客様が多く、様々な相談を受ける。この運用で問題となるポイントについて以下に考察を行っていく。

#### 3.1 バラツキ

##### 3.1.1 バラツキを見るバケット

予測と補充の期間バケットが一致している場合はあまり問題にならないが、月次の予測を用い、週次で補充サイクルを回していくケースなどではバラツキをどのバケットで見るべきかが問題となる。バラツキは補充サイクルにおける需要のぶれを見込むものであるので月次の予測値をもとにしたバラツキを週次の補充に適用した場合、安全在庫が不足するケースが多い。これは月バケットではバラツキが小さい場合でも月内の変動が大きかったり、特定の週に需要が集中するケースが多いためである。こうした場合は補充サイクルに沿ったバラツキの算出が必要となる。

##### 3.1.2 平均からのバラツキの問題と対策

バラツキはサービス率ベースの安全在庫を算出する際のパラメータである。一般にバラツキは平均需要を基準にして算出を行うが、季節性の強い製品は安定した需要があるにもかかわらず、季節性がバラツキとして捉えられるため、同一のサービスレベルを設定した場合、季節性のない品目と比較して在庫が必要以上に多くなりがちである。ForecastPRO は予測モデルと実績の差をもとにバラツキを算出する誤差標準偏差を統計値として出力可能である。図 4 の上部は一般的な平均からのバラツキを算出した例で標準偏差は 158 となっている。下部は同じ実績を用いて誤差標準偏差を用いて算出した例で、バラツキは 81 となっている。

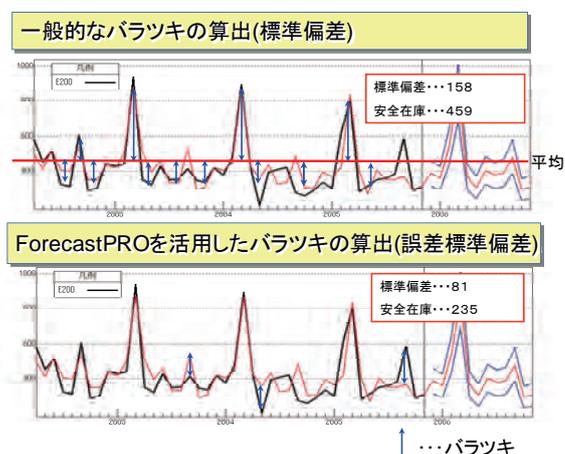


図 4 標準偏差と誤差標準偏差

この例のように季節性が強く、予測精度が良い場合、季節性を考慮した在庫設定となり、在庫水準を下げる事が可能となる。

この場合において、ForecastPRO の出力を用いるために、バラツキの算出期間の設定ができないという問題が生じる。これは、実績の全期間を用いて誤差標準偏差を算出するためである。この問題の一つの答えとして需要の n 日分とする設定も有効である。n 日の何日が妥当かを理論的に求めるのは難しい。そこでシミュレーションにより適正な値を求めていくことになるが、週次なら 2 日分、月次なら 1 週間分程度が適正となった事例がある。また分類に応じてサービス率を設定可能な場合は、季節性のある品目分類でサービス率を低めに設定することで誤差標準偏差と同等の結果を得ることも可能である。

### 3.1.3 間欠需要品目のバラツキの算出方法

実績が 0 の場合を多く含む間欠需要ではバラツキを算出する際に 0 を含めるのかどうか問題となる。

本来こうした需要パターンの場合、正規分布を前提とするサービス率基準にはなじまず、サービス率基準で設定するならば、本来は需要分布を特定した上でサービス率の設定を行わなければ正確ではない。しかしどちらの算出方法をとった場合でもサービス率を変化させながらシミュレーションを行うことによって、適正な基準を得られるケースが多い。サービス率基準で正確なモデルを同定するのが困難であったり、理論的には根拠を求めるのが難しい場合でも安全係数というシンプルなパラメータで統一し、詳細はシミュレーションにまかせてしまうことで精密なモデルの代替となるケースも多い。運用もまたシンプルにすることで間違いの少ない運用が可能になるなどのメリットがある。

### 3.1.4 バラツキ算出時の外れ値の扱い

需要予測の場合は大量のスポット需要や災害等の外変によって外れ値が生じることがあるが、予測に悪影響を与えるため、外れ値を調整し、本来の需要を想定することによって予測精度の向上を図ることができる。これは在庫計画の場合はどうであろうか。過大な需要も安全在庫でカバーする範囲と考えれば、こうした外れ値もバラツキの算出に含めるべきであるが、そうすると安全在庫が過大になる場合が多い。もし、こうした需要が受注生産であったり、営業情報によって受注情報が事前に得られる場合には通常の需要とは別枠で管理しバラツキの算出からは除くのが妥当である。しかし、過去の出荷実績からはこうした区別が不明なケースがほとんどであり、外れ値の除外同様、正確さは落ちるが一定水準を超えた需要は統計的に除くのが妥当である。

### 3.1.5 バラツキ算出時の季節性の考慮

予測ベースで需要見込を算出することで季節性を在庫基準に反映することが可能であるが、安全在庫量の算出についても季節性を考慮すべきではないかという指摘がされる。一般的に安全在庫の算出パラメータとなるバラツキは全期間を対象とするため季節性は考慮しない。また、需要が大きい場合であってもバラツキが小さい場合もあり、季節性の需要の大小によって安全在庫を増やさなければならないということにはならない。しかし分布に偏りがなければ、需要の増大とともにバラツキも増え

る関係があり、需要期に安全在庫を増やすのは妥当である。本来は月別に算出するなど、需要期とそうでない時期を区別してバラツキを算出する必要があるが、サンプルが小さくなりすぎ、妥当な結果が得られない。そのため年間合計に対する期間別の実績の割合を季節指数として算出し、バラツキに乗じることによって、季節性を考慮した安全在庫の設定が可能になる。

### 3.2 安全在庫量・発注量の丸め

通常丸めは無視して良い程度に些末な問題である場合が多いが、単位期間あたりの出荷が 1 以下の品目が全体の大多数を占めるケースもあり、丸めは無視できない程度の影響がある。

0 に等しくない場合、限りなく 0 に近い場合であっても最低 1 は必要である。途中の計算上は小数で行い、最終段階で切上げを行うのが妥当である。

### 3.3 リードタイムの定義

一般にリードタイムは「工程に着手してから全ての工程が完成するまでの所要期間である。」<sup>1)</sup> のように定義されており、リードタイムのマスタ情報もこれに沿って設定しているケースが多い。また計画サイクルの平均といった観点から計画サイクルの 1/2 をリードタイムに含めるのが一般的である。しかし、これに沿ってシミュレーションを行うと実績よりも在庫が過多になるケースが多い。これは調達リードタイム等のリードタイムの一部が「確約された納期」<sup>2)</sup> を前提としているために、平均ではなく最大期間を設定しているケースが多いからである。これは平均を前提とした計画サイクルと整合性がなく、実際のリードタイムは短くなるのが通常である。こうしたケースではリードタイムを固定値として捉えずに、実績のリードタイムを分析しその分布を考慮した上で設定するのが有効である。

## 4. おわりに

SCP や ERP パッケージの多くは、在庫基準値を入力して在庫を適正な水準にコントロールする機能があるが、肝心の適正な在庫基準値を設定する理論がないため、在庫水準の設定は担当者任せになっているケースが多い。また一旦は設定したもののその妥当性がわからないまま使い続けているケースも良く見られる。それをサポートする在庫に関する理論は古くからあるものの、その解釈で悩みを抱えるお客様は多い。在庫分析ソリューション

は需要特性を在庫基準値の設定に最大限活用することで  
こうした問題を解決するソリューションとなっている。

#### 参考文献

- 1) 平野裕之, 在庫管理の実際(1991).
- 2) 佐藤知一, 革新的生産スケジューリング入門(2000)



松根 隆之                      1985 年入社  
ビジネスコンサルティング部  
需要予測, 在庫データ分析  
matsune@hitachi-to.co.jp