

流通業務に適用されるARIMAモデル

柴 幸春／高野裕康

小売業では、ニーズの多様化に対応した豊富な品揃えが必要である一方、同時に欠品率・在庫量の低減も重要課題である。しかし、発注業務は担当者の経験や勘に頼る部分が多く、品切れや過剰在庫が発生しやすいのが実情である。野村総合研究所ではこの問題を解決するため、従来金融分野などに適用されてきた「ARIMAモデル」を用いた新しい自動発注を研究しており、小売業での実証実験において欠品率・在庫量の低減を確認することができた。今後、小売業向けの汎用ソリューションを提供するとともに卸売業、メーカーなどへの広い適用を検討していく予定である。

小売業の発注業務の現状

小売業では、顧客満足度を維持するために、魅力的な商品を取りそろえることに加え、品切れ（欠品）を起こさないことが必要である。その一方で、商品の廃棄や値引き販売につながる過剰在庫とならないように発注数量を適切にしなければならない。適切な発注を行うためには、常日ごろから売れ行きの動向について仮説を持ち、それを検証しながら発注精度を上げていくことが必要となる。

しかしながら、小売業が扱うアイテムの種類は、総合スーパーで10万以上、店舗数が最も多い食品スーパーでは1万程度、コンビニエンスストアでも3000程度と膨大である。発注担当者は1人で1000

アイテム程度を担当することもあり、これを2時間程度で発注しなければならない。その結果、1アイテムにつき数秒しか時間がなく、すべてのアイテムについて、仮説に基づいた論理的な発注を行うことは現実的に不可能である。そのため、特売品や新商品、販売不振商品など特別な対応が必要なアイテムについては時間をかけて仮説検証を行い、通常のアイテムに対しては自動発注システムによって業務を効率化する方法が取られることが多い。

自動発注方式の問題点

小売業で一般的に用いられる自動発注システムには、セルワン・バイワン（Sell One Buy One）

方式や在庫発注点方式がある。

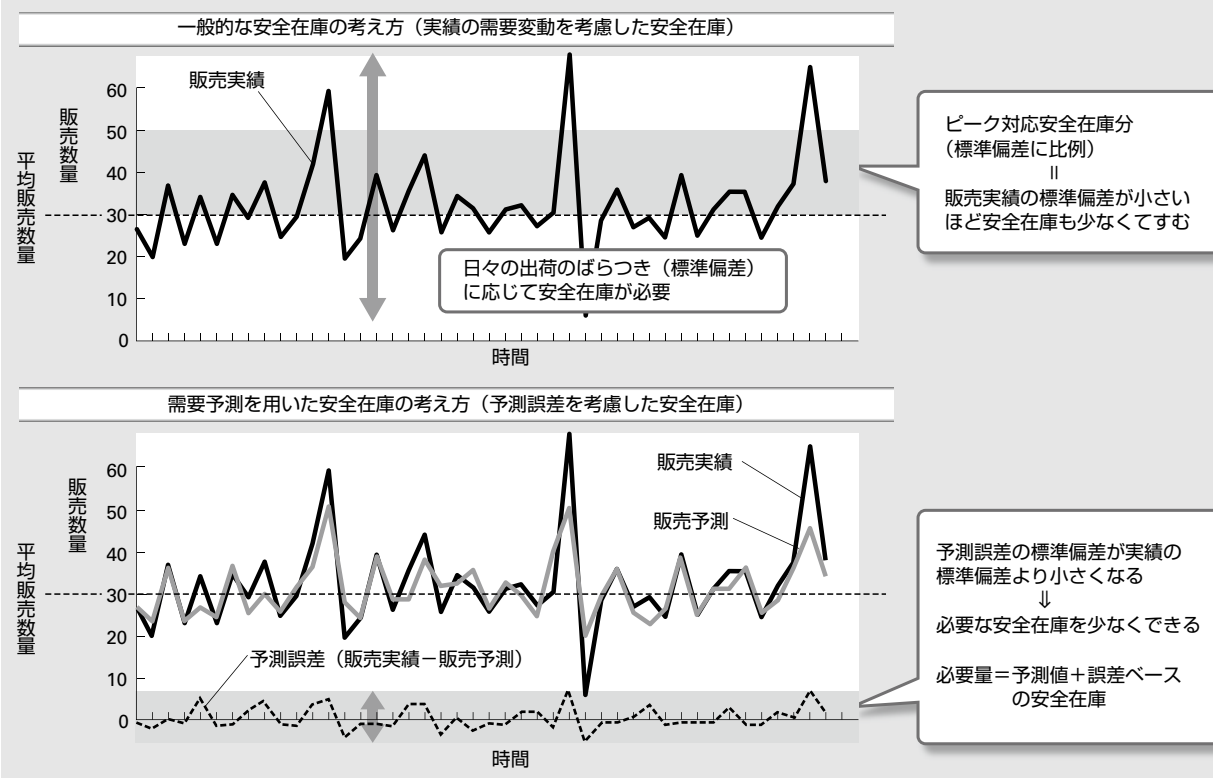
セルワン・バイワン方式は、その名のとおりに、1個売れたら1個発注するという考え方で、どのアイテムにも適用可能で運用も簡単なことから広く利用されている。課題としては在庫量の制御ができないことが挙げられる。たとえば、在庫が過剰なときでも売れたぶんだけ追加発注したり、需要が伸びて売り切れているのに発注量が過少となったりする。

在庫発注点方式は、在庫量が一定の基準値を下回ったら必要な数量を発注する方式である。課題としては、安全在庫量（需要変動の不確実性を吸収するために余分に確保する在庫量）の設定、発注リードタイムや在庫量の適切な管理など、運用者のスキルが要求される点である。

需要予測型自動発注による安全在庫の低減

セルワン・バイワン方式、在庫発注点方式のいずれも、安全在庫量は過去の販売実績の変動幅（標準偏差）によって決まる。在庫量を適正化しつつ欠品率を下げるためには、安全在庫量を低く抑えることが必要である。この安全在庫量をさらに下げるために使われる

図1 需要予測を用いた安全在庫数量の低減



手法が需要予測である。

需要予測では、販売実績の変動幅の代わりに「需要予測値と販売実績値の差の変動幅」を用いる。こうすると、販売実績をベースにした場合に比べて安全在庫量はさらに小さくできる (図1)。ただし、需要予測値をどのように算出するかが問題である。

需要予測値の求め方は一般に2つある。①要因から求める方式 (主に重回帰分析)、②過去実績のみから求める方式 (時系列解析)

——である。

①の要因から求める方式は、需要量を天気 (晴れ、雨など)・気温・来客数などの要因から予測する。これは直感的にわかりやすい方式ではあるが、明日の需要量を予測するためには明日の天気・気温・来客数を予測することが必要である。複数の要因の予測値を使用して計算するため誤差が大きくなりやすい。また、各要因に関して質の高い基礎情報を持ち、将来値を適切に設定することが予測精度の

向上に必要である。そのため実際に運用する際には人的な運用負荷が高くなる。

②の過去実績から求める方式は、過去の販売実績は、天気・気温・来客数などの要因が反映された結果と考え、要因は考慮せずに販売実績値のみに基づいて将来の需要量を予測する。この手法はすでにGDP (国内総生産) や株価の変動予測など、さまざまな時系列データの分析に利用されている。いくつか種類があり、「指数平滑法」

「ARMA（Autoregressive Moving Average：自己回帰移動平均）モデル」「ARIMA（Autoregressive Integrated Moving Average：自己回帰和分移動平均）モデル」などが知られている。モデルを正しく扱うことができれば、②の過去

実績から求める方式は必要なデータ種類が少ないうえに予測精度が高く、小さな運用負荷で在庫削減や欠品率低減の効果が期待できる。

需要予測値を用いて安全在庫量を減らすことに加えて、需要予測値と販売実績の差を考慮しながら

発注量をコントロールすると、さらに在庫量・欠品率を減らすことが可能となる（図2）。しかも、安全在庫量の最大値・最小値の設定を統計に基づいて自動化することで、過剰在庫や最低陳列数未満の在庫を避けることも可能である。

図2 在庫推計による発注量のコントロール

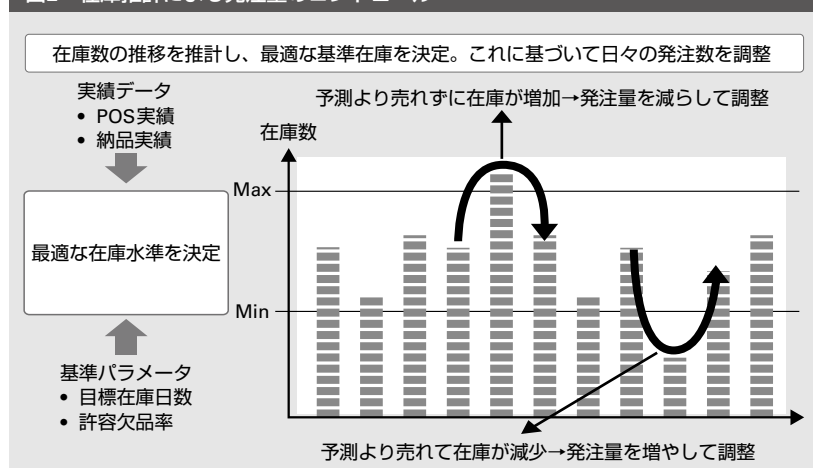
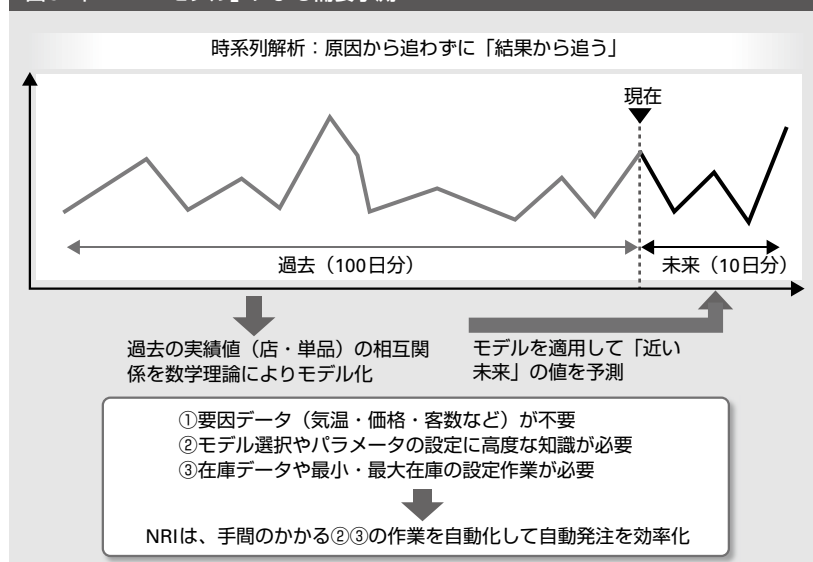


図3 「ARIMAモデル」による需要予測



ARIMAモデルを用いた需要予測

過去の実績値から需要を予測するARIMAモデルは、需要のトレンドや循環性を考慮した汎用性の高い手法である。しかし、システム化には統計解析の高度な知識が必要なことや、計算量が非常に多いことなどから、金融以外の分野ではこれまでほとんど利用されてこなかった。しかし、野村総合研究所（NRI）はこの手法の有効性に着目し、流通業界での導入効果が高いことなどから、2006年からARIMAモデルを利用した各種分析や発注量コントロールに関する研究プロジェクトを、ビュー・コミュニケーションズおよびデータサイエンス研究所と共同で実施してきた。

従来ARIMAモデルは、予測モデルの構造の決定（過去のいつの時点までのデータを用いてどのような形のモデルで予測を行うか）が

難しいとされていた。本プロジェクトではこれを完全自動化し、また超高速の分析エンジンを構築することによりモデルの逐次更新(日次・週次など)を可能とした(図3)。

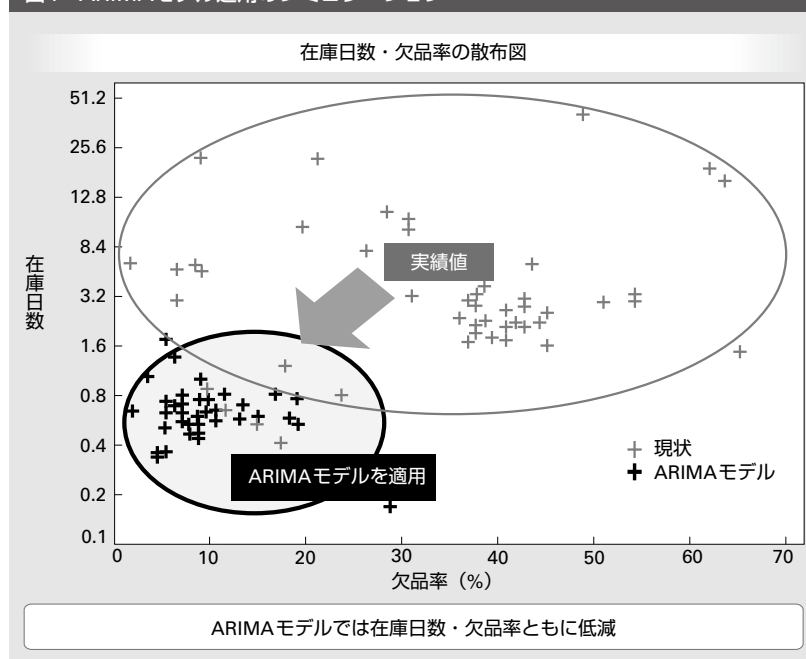
この改良したARIMAモデルを用い、ある小売企業で自動発注の実証実験を実施した。猛暑で需要が急増している飲料にARIMAモデルによる発注ロジックを適用したところ、対象商品の予測値と実績値の差異が2%となり、在庫を30%削減することができた。

図4に示すのは、過去の販売実績に対し、ARIMAモデルに従って発注したと仮定した場合に、欠品率と在庫日数がどのように改善されていたかを別の企業でシミュレーションしたものである。平均在庫日数は7日から0.6日へと劇的に減り、欠品率も半減(22%→10%)するという結果となった。

効果が高まる小売業・メーカー間の予測共有

需要予測に基づく自動発注は、小売業だけでなく卸売業(以下、卸)やメーカーでも有効である。卸では、物流センター別に需要予測を行ってメーカーへの発注量をコントロールすることができる。卸で取り扱うアイテム数は膨大であり、

図4 ARIMAモデル適用のシミュレーション



自動発注による省力化の効果は小売業よりも大きい。メーカーにおいても、需要予測の結果を用いて資材調達や生産スケジュールを適正化することにより、欠品や過剰在庫を抑えることが可能となる。

さらに、小売業とメーカーが需要予測の結果を共有することでさらに大きな効果を上げることも期待できる。特にメーカーにとっては、小売業の必要数量(発注数量)を踏まえて生産を計画できるのでむだがなくなる。たとえば、一定期間に小売業で必要な合計量がわかれば生産量を平準化でき、生産の効率化が可能になる。

NRIでは現在、ARIMAモデルを用いた小売業向け汎用ソリューション(課題解決策)の提供を検討している。状況に応じて卸、メーカー向けにもソリューションを拡充していく予定である。

『ITソリューションフロンティア』
2011年10月号より転載

柴 幸春(しばゆきはる)
サービス・産業ソリューション第一事業本部営業推進部上級システムアナリスト

高野裕康(たかのひろやす)
コンサルティング事業本部IT事業推進部長