

製品流通データを活用した日々の需要変動に追従する需要予測手法

三菱電機株式会社 *長 光司 CHO Koji
三菱電機株式会社 柴田 秀哉 SHIBATA Hideya

1. はじめに

在庫管理において、在庫量が増えるほど在庫管理費用が増大する一方、在庫量を減らすと在庫切れが発生するリスクが高まる。在庫量をできるだけ減らした上で、在庫切れを生じさせないためには、将来発生する需要に対して過不足がないよう、日々の材料発注量や製品生産量を計画する必要がある。故に、将来の需要、すなわち注文の時期と量を精度よく予測することが重要となる。

一般的な需要予測手法として、過去の受注実績の時系列データから、季節性や周期性の有無など、対象とする製品の長期的な需要傾向を推定する手法が提案されている。しかしながら、実績データを学習する方針では、長期的な傾向を捉えることしかできず、日々の細かい需要変動を捉えることは難しい。

本研究では、製造業のサプライチェーン上に位置する事業者を対象に、自社製品に関する他社での入出荷イベントが製品流通データとして記録され、参照可能な状況を想定する。そして、製品流通データを活用し、日々の需要変動に追従可能な需要予測手法を提案する。近年、製品トレーサビリティの必要性が高まっており、製品流通データを事業者間で共有することが現実的となりつつある。

2. 問題設定

問題設定は以下のとおりである。

- ・ サプライチェーン全体ではなく、自社の在庫管理のみを最適化することを目的とする。
- ・ サプライチェーンを構成する各事業者は、自社製品についての他社の製品流通データを参照可能である。従って、過去から現在に至るまでの、他社における自社製品の在庫量の推移が把握可能である。
- ・ 需要予測は製品毎に日単位で行うものとする。
- ・ 需要予測手法の良否は、予測結果に基づき在庫計画を立案し、計画に従って在庫管理を行った際に生じるコストによって判定する。

3. 提案手法

提案手法では、自社製品の直接の供給先事業者に対して、需要予測対象の製品毎に、在庫管理モデルの推定と将来の在庫量推定の2つの処理を行う。以下、

各処理について各節で説明する。

3.1. 在庫管理モデルの推定

本処理では、需要予測対象の各事業者が、どのようにして当該製品の発注時期と発注量を決定するかを、在庫管理モデルの形で推定する。一般的な在庫管理モデルとしては、一定周期で発注を行い、都度発注量を調整する定期発注方式や、在庫量が決められた発注点を下回った場合に一定量だけ発注を行う定量発注方式が存在する。本研究では、簡単のため対象を定量発注方式に限定した。すなわち、本処理では、対象事業者毎に発注点と1回当たりの発注量を推定する。

1回当たりの発注量は、直近の期間における平均的な製品入着量により推定する。発注点は、直近の期間における製品入着日の在庫量、及び製品入着日から調達リードタイムの日数だけ遡った日付の在庫量をそれぞれ記録しておき、前者の最小値と後者の最大値の2値を平均した値をもって推定値とする。なお、調達リードタイムは既知とする。

3.2. 将来の在庫量推定

本処理では、予測対象事業者の現在の在庫量、及び前節で推定した在庫管理モデルを用いて、当該事業者の将来の在庫量の推移を、現在以降の各日の在庫量という形で推定する。

各日の在庫量は、前日の在庫量に、その日の入着量を加え、その日の出荷量を引いた値である。ここで、各日の入着量は、在庫管理モデルに従って計算される。具体的には、調達リードタイムだけ前の日付において在庫量が発注点を下回っていた場合には発注量の推定値、そうでない場合は0とする。

次に、各日の出荷量について考える。出荷量の単純な推定方法として、毎日一定量を出荷するとみなす方法がある。しかしながら、この方法では、卸売業者のように、数日に一度大量の出荷を行うような事業者に対しては有効でない。そこで、商流構造を利用することを考える。商流とは、サプライチェーンにおいて当該製品が供給される事業者を繋いだものであり、需要側を下流とみなす。下流側の事業者の需要予測結果を、その一段上流事業者の出荷量の推定に利用する、という一連の処理を、商流構造に沿って最下流から逐次実施し、最終的に自社への需要を予測する。

図 1 に例を示す。自社から事業者 A→C→F のように自社製品が供給されていく流れが商流である。事業者 D, E, F のように商流の最下流に位置する事業者については、日々一定量の出荷が行われるものとする。他方、事業者 C のように最下流でない場合は、下流事業者 F の需要予測結果に基づき、C の出荷量を推定する。同様に、C と D の需要予測結果に基づき、A の出荷量を推定する。自社の直接の供給先事業者（図 1 の A, B）毎に求めた需要予測値の合計が、最終的な出力予測値である。

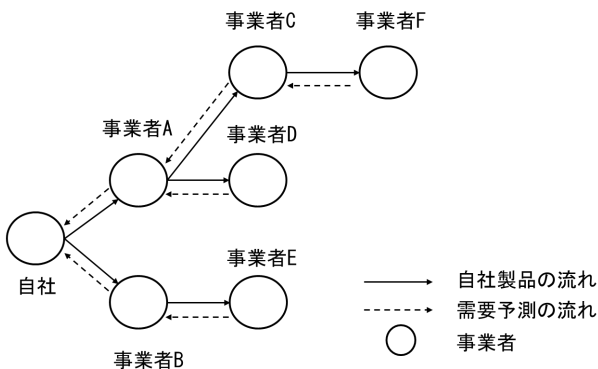


図 1：提案手法による需要予測の模式図

4. 数値実験

自社が毎日需要予測を行い、需要予測結果を基に日々の在庫計画を決定した場合に必要な各日の在庫管理費用とバックオーダー費用を、サプライチェーン上の各事業者の商取引を模したシミュレーションにより算出し、需要予測手法を評価した。

評価においては、提案手法と簡易的な比較手法による需要予測結果をそれぞれ利用して在庫計画を立案した場合の総コストを比較した。なお、総コストとは、在庫管理費用とバックオーダー費用の評価期間中の総和を指す。比較手法としては、自社の直接の供給先事業者毎に、直近数回にわたる発注についての平均発注間隔と平均発注量を算出し、以降、一定間隔で一定量の需要が発生すると予測する手法を用いた。在庫計画は、文献[1]の静的非ロバストモデルを基に、各日の材料発注量と製品生産量を決定変数とし、総コストを目的関数とした線形最適化問題を求解することで作成した。なお、在庫管理費用とバックオーダー費用の比率はそれぞれ 1:10 の割合とした。

評価対象とするサプライチェーンは、自社を 1 段階目として、各事業者の供給先事業者として 3 事業者ずつ存在する 4 段階構成のサプライチェーンとし、各事業者が定量発注方式で発注を行うものとした。なお、各事業者間の供給リードタイムは 1 日とした。

本研究では、需要変動がない場合と需要変動が有る場合をそれぞれ評価した。需要変動が無い場合では、最下流事業者に対して生じる日々の需要を一定とした。また、需要変動が有る場合では、最下流事業者への需要が、一定期間（14 日間）経過する毎に、初日を基準として約 5%ずつ増加するものとした。但し、どちらの場合についても、各日の需要には正規乱数によるノイズが生じるものとした。

数値実験の結果を図 2 に示す。図 2 は、需要変動がある場合とない場合のそれぞれの場合に各日までに生じた総コストを、需要予測手法毎に比較したものである。なお、乱数の影響を取り除くため、異なる評価データを 10 個作成し、各データにおける総コストの平均を算出した。

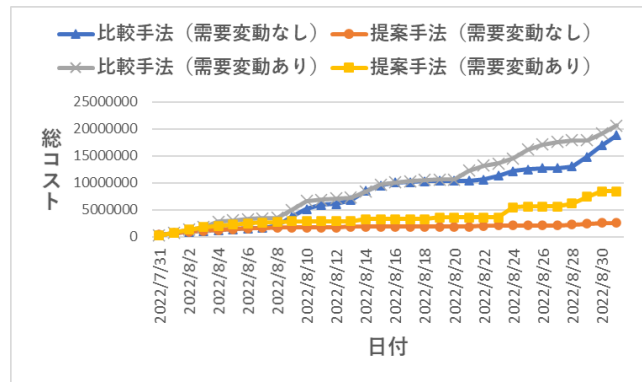


図 2：各日付までにかかる総コストの比較

図 2 より、いずれの結果においても、提案手法による需要予測結果を用いた場合、比較手法による需要予測結果を用いた場合と比べて最終日における総コストが低く抑えられていることが分かる。

5. おわりに

本研究では、製品流通データを活用した需要変動に追従する需要予測手法を提案した。提案手法の有効性を検証するため、簡易的な需要予測手法との数値実験による比較評価を行った。

その結果、提案手法を在庫計画立案時に用いることで、日々の需要変動がある場合においても、総コストを抑えた在庫計画が立案可能である見込みを得た。

今後は、より高度な需要予測手法との比較評価や、提案手法による需要予測の不確実性を考慮したロバストな在庫計画立案手法の検証を行う予定である。

参考文献

[1] 久保幹雄, 小林和博, 武田朗子, 田中未来, 村松正和, サプライ・チェーン最適化における 2 次錐最適化の応用, オペレーションズ・リサーチ, 59, 739-747, 2014.