

期, $t+2$ 期にまたがる在庫推移は, より, $t+2$ 期の需要予測に月次内示を用いる場合の発注量 q_t を求めるとき, 次のようになる。

月次内示は, 1 期後には, 変化して週次内示に代わる。このことから, 月次内示と週次内示の間のブレを δ_t とすると, $\bar{D}_t = \hat{D}_{t+1} + \delta_t$ となる。よってブルウィップ効果 B は次のようになる。また安全在庫係数 z を大きくとると, ブルウィップ効果もますます大となる。

週次内示と月次内示のブルウィップ効果

$$q_t = D_t + (\hat{D}_{t+1} - \hat{D}_t) + (z\hat{\sigma}_{t+1} - z\hat{\sigma}_t)$$

$$B = \frac{M + z^2 \text{Var}[(\hat{\sigma}_{t+1} - \hat{\sigma}_t)]}{M}$$

$$q_t = D_t + D_{t+1} + (\bar{D}_{t+2} - \hat{D}_{t+1} - \hat{D}_t) + (z\bar{\sigma}_{t+2} - z\hat{\sigma}_{t+1} - z\hat{\sigma}_t)$$

$$B = \frac{2M + N + z^2 \text{Var}[(\bar{\sigma}_{t+2} - \hat{\sigma}_{t+1} - \hat{\sigma}_t)]}{M}$$

図5 発注量とブルウィップ効果

4 需要予測の影響の定量評価

完成車メーカーからサプライヤー A 社に配信される 2017 年 9 月から 12 月の内示情報(週次内示, 月次内示)と納入実績データをもとに解析を行った。代表的な部品番号について試算した。結果は、週次内示を用いた場合で, $\text{Var}[(\hat{\sigma}_{t+1} - \hat{\sigma}_t)] = 0$ としたときには、ブルウィップ効果は 1 である。すなわち、最新の内示情報である週次内示を使って、内示一確定注文のバラツキ管理をきっちりしている範囲においては、ブルウィップ効果は起こりにくい。 $\text{Var}[(\hat{\sigma}_{t+1} - \hat{\sigma}_t)] > 0$ としたときには、ブルウィップ効果は 1 より大である。2 月次内示をもちいた場合で, $\text{Var}[(\bar{\sigma}_{t+2} - \hat{\sigma}_{t+1} - \hat{\sigma}_t)] = 0$ としたときには、部品番号により 2.08 から 5.13 であった。月次内示を用いざるを得ない場合は、ブルウィップ効果が 1 より大きくなる。週次

内示と確定注文のブレ、月次内示と週次内示のブレ、リードタイム増によるブレ等の要因が影響しているからである。 $\text{Var}[(\bar{\sigma}_{t+2} - \hat{\sigma}_{t+1} - \hat{\sigma}_t)] > 0$ としたときには、ブルウィップ効果はさらに大きくなる。

今回の基礎的検討の範囲で、ブルウィップ効果を抑える方法は、極力、月次内示を用いないようにし、週次内示を中心とする予測方法をベースとした発注形態に移行する。月次内示と確定注文との需要量の分散を小さくする。安全在庫係数 z をむやみに大きくしないが挙げられる。

D.H.Taylor は、英国における自動車産業におけるブルウィップ効果を試算している。完成車メーカーの需要のバラツキ(分散)とプレス部品サプライヤーの生産量のバラツキ(分散)を週単位のデータに基づき解析し、ブルウィップ効果(生産量の分散/需要量の分散)は、6.1 であることを示している[4]。そして、ブルウィップ効果が起こる原因は、種々な局面における意思決定の仕方にあるとし、例えば、需要の変化に対して意思決定者はオーバーアクションを行う傾向にある。それ以外では、供給のバラツキ、すなわち機械のトラブルと製品品質のバラツキ、設備能力制限による供給不足などにより、前の期で供給不足が起これば、挽回の為に今期は不足分も加味して発注する。上流にいくほど製造ロットが大きくなり、上流と下流のマッチングが難しくなる。価格割引、ロットまとめ、リードタイムを考慮した発注方式等を挙げている。この研究アプローチは、データから完成車の需要のバラツキと部品サプライヤーの生産量のバラツキを直接算出し、その比率からブルウィップ効果を求めており、実態の把握としては素晴らしいが、論文にもあるように、一貫した多数のデータの採取が困難であることや効果に影響を与えるすべての要因が含まれていることから、要因ごとの効果への影響度合いを明確にすることが難しいことが想定される。

5 おわりに

小売業を主体の先行研究について説明し、その導出の前提について考察し、限界を示した。次に、内示生産システムについて詳述し、内示情報が発注元から提示されるブレを含む参考値であることを示した。また、内示生産システムを基本としたときの発注業務フローを示した。そのうえで、週次内示と月次内示のそれぞれについてブルウィップ効果の評価式を提案した。週次内示での、ブルウィップ効果は 1 よりおおくなる。月次内示での、週次内示と確定注文のブレ、月次内示と週次内示のブレ、リードタイム増によるブレ等の要因がブルウィップ効果を大きくしている。データ解析から内示情報のブレの特性を示し、一定の条件下でブルウィップ効果を評価した。月次内示をもちいた場合は、2.08 から 5.13 以上である。今回は、内示配信方法をもとに、発注業務フローを明確にし、これをもとに検討のフレームワークを示し、需要のブレを主要因とする基本的なブルウィップ効果の量化を行った。

参考文献

- [1] David Simchi-Levi, Xin Chen, Jullien Bramel: The Logic of Logistics -Theory ,Algorithm, and Application for Logistics and Supply Chain Management(2nd ed.), Springer, 2004
- [2] F.Chen,Z.Drezer,J.K.Ryan and D.Simchi-Levi: Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting ,Lead Times, and Information, Management Science, Vol.46, No.3, pp.436-443(2000)
- [3] 上野信行, 内示情報と生産計画-持続可能な社会における先行需要情報の活用-, 朝倉書店(2011)
- [4] D.H.Taylor: Measurement and Analysis of demand Amplification Across the Supply Chain, The International Journal of Logistics Management, Vol.10, No.2, pp.55-70(1999)