

複合要因を考慮した内示生産システムのブルウィップ効果

1955016 横井 稜

1 まえがき

取引する人の心的要因やサプライチェーンの上流から下流への情報伝達の遅れなどの様々な要因が重なり合って、サプライチェーンの上流に行くほど需要量のばらつきが増大する課題がある。その現象をブルウィップ効果といい、変動に対応するために上流のサプライヤーほど余剰在庫が発生する傾向にあり、問題となっている [1]。

ブルウィップ効果を増加・減少させる要因は多く挙げられているが、要因ごとの影響度合いを明確にする必要がある [2]。また、データから直接ブルウィップ効果を求めた研究もあるが、何が要因か分からない。そこで、需要のばらつき、ロット数、リードタイム等の要因を考慮したブルウィップ効果を求めるシミュレータを作成することで、要因を複合的に考える。

2 先行研究

2.1 内示生産システム

内示生産システムとは、事前に内示が提示され、最終的に確定注文が提示される生産システムである。内示は、生産対象週・日に近づくにつれ、月次内示から週次内示に置き換えられる。最終的には、確定注文情報に基づいて、サプライヤーは、納品しなければならない。しかし、内示情報は、確度の高い需要予測値であるが、注文との値がぶれる。

2.2 ブルウィップ効果の数理モデル

当期 (t 期) の発注においては、翌期 ($t+1$ 期) の目標在庫量 (y_{t+1}) が確保されるように、当期の目

標在庫量との差を調整し、当期に使った量 (需要量 (D_t)) を補充して、発注量 (q_t) を決めることである。発注量は、

$$q_t = y_{t+1} - y_t + D_t \quad (2)$$

となる。以上の式からブルウィップ効果 B は発注量の分散 ($\text{Var}[q_t]$) 及び需要量の分散 ($\text{Var}[D_t]$) から次のように表される。

$$B = \frac{\text{Var}[q_t]}{\text{Var}[D_t]} \quad (3)$$

3 シミュレータの開発

3.1 シミュレータの構成

本研究では、内示生産システムを用いるサプライチェーンにおける二つの企業間での取引を模したシミュレータを作成した。内示や目標在庫量などを設定するとブルウィップ効果などの評価指標を算出するものである。

3.2 条件

シミュレータに要因を組み込んだ発注方式の場合のブルウィップ効果を取得する。ブルウィップ効果の要因は多くあるが、今回はより影響があると考えられるリードタイム、ロット数、需要のばらつきを要因として考え、その中から2つの要因を選択し値を変更してシミュレーションを行った。リードタイムは、発注から届くまでの日数、ロット数は、発注量の最小単位、需要のばらつきは、需要量の精度をそれぞれ変化させることで実装した。1期毎に最低限届く量を922として、需要量は平均1162とした。また、繰り越し在庫が目標在庫量の2分の1以下であれば、その不足分を発注する。

4 数値実験ならびに考察

要因を変化させた場合のブルウィップ効果の値は、表1, 2, 3のようになった。表1からは、ロット数が一定の場合に、リードタイムが大きくなると、ブルウィップ効果は大きくなることがわかる。一方、リードタイム一定の場合に、ロット数の変化に対してブルウィップ効果は単調的な変化ではない。需要の平均に対してロット数が小さい場合には、発注量は変動が微小となり、また、需要の平均に対して大きい場合は、ロット数で発注することになり、ともに分散が小さくなる傾向である。さらにロット数が増えると発注が間欠的になり、分散が大きくなる傾向である。表2より、需要のばらつきが大きくなると、ブルウィップ効果は小さくなる。ブルウィップ効果の算定式の分母が大きくなるからであり、単調的な変化である。また、リードタイムを同時に考慮しても、単調的な変化となる。表3より、ロット数と需要のばらつきにより、発注の数量の大きさが変化する。また、発注の間隔が変化したりするために、結果として発注量の分散は多岐に変化する。単調的な変化の傾向はない。表4からは、需要のばらつきが大きくなると、ブルウィップ効果は大きくなる。最小ロット数が大きくなると、ブルウィップ効果は小さくなる。ブルウィップ効果は、単調的な変化となった。表5からは、ロット数が一定で、リードタイムが大きくなると、ブルウィップ効果は大きくなる。リードタイム一定では、リードタイム30日の場合を除いて、ロット数の変化に対して効果は単調的な変化となった。リードタイム30日の場合に変化が少なかったのは、ほとんど発注が行われないため緊急発注量が膨大になり最小ロット数によって制御されるのが最初の発注のみとなるからである。

5 まとめ

本研究では、複合要因を考慮した場合の内示生産システムのブルウィップ効果をシミュレータを作

表1 リードタイムとロット数による

ブルウィップ効果

	ロット数				
リードタイム	800	1000	1200	1500	2000
1日	0.32	1.52	0.63	0	3.03
2日	0.41	1.52	0.57	0	3.01
3日	0.42	1.51	0.69	0	3.09
5日	0.63	1.60	0.81	0	3.11
10日	2.12	2.50	2.39	1.61	3.51
15日	3.53	3.86	3.95	3.45	4.26
30日	6.20	6.21	6.90	6.48	6.48

表2 リードタイムと需要のばらつきによる

ブルウィップ効果

	需要のばらつき				
リードタイム	10	50	100	200	300
1日	3.19	1.53	1.00	0.73	0.68
2日	3.06	1.51	0.98	0.76	0.65
3日	3.11	1.56	0.99	0.73	0.64
5日	3.22	1.54	1.02	0.91	0.91
10日	7.77	3.79	3.43	2.90	2.70
15日	23.83	6.32	4.65	3.98	3.81
30日	94.11	20.25	11.31	7.23	6.28

成することで求めた。ブルウィップ効果は、需要量の分散と発注量の分散の比率により定義されてきた。しかし、ロット数などの実際条件を織り込んだ複合的な要因を考慮する場合には単に発注量の分散ではなく、発注量の数量の大きさ、発注の間隔、間歇性などを考慮する必要があることがわかる。今後、統一的な算定式を考案していく。

参考文献

- [1] David Simchi-Levi, Philip Kaminsky, Edith Simchi-Levi, Ravi Shankar, “Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies, ” Tata McGrawHill Education, (2008)
- [2] 上野信行, “自動車産業の2段階サプライチェーンにおけるブルウィップ効果の定量化に関する基礎的解析”, 広島経済大学経済研究論集, Vol. 41, No. 2-3, pp. 517, (2018)

表 3 ロット数と需要のばらつきによる

ブルウィップ効果

	需要のばらつき				
ロット数	10	50	100	200	300
800	0	0	0	0.12	0.51
1000	0	4.18	3.52	2.26	1.48
1200	0	0	0	0.41	0.78
1500	0	0	0	0	0
2000	0	9.15	6.15	4.41	3.27

表 4 最小ロット数と需要のばらつきによる

ブルウィップ効果

最小ロット数 リードタイム	2000	2500	3000	3500	4000
1	0.36	0.01	0	0	0
2	0.37	0.01	0	0	0
3	0.38	0.01	0	0	0
5	0.7	0.08	0	0	0
10	2.39	1.88	0.96	0.13	0
15	3.57	3.49	2.86	2.32	1.31
30	5.96	6.22	5.87	5.86	5.65

表 5 リードタイムと最小ロット数による

ブルウィップ効果

最小ロット数 需要のばらつき	2000	2500	3000	3500	4000
10	0.01	0	0	0	0
50	0.12	0	0	0	0
100	0.25	0	0	0	0
200	0.4	0	0	0	0
300	0.43	0.03	0	0	0