

2019 年 10 月 29 日

実験計画法の並列分散処理による ブルウィップ効果における 要因の部分効用の解明

情報基盤工学講座 横井 稜

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験ならびに考察
5. おわりに

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験
並びに考察
5. おわりに

1.1. 本研究の背景

2/23

本研究の背景

サプライチェーンの課題の一つに、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要因が重なり、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現象がある。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在庫を多く保有する傾向にあり、余剰在庫が経営状態を悪化させる。

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験
並びに考察
5. おわりに

1.2. 本研究の目的

3/23

本研究の目的

先行研究では、ブルウィップ効果に影響する要因を限定して考察している。しかし、現実には多くの複合的な要因が影響している。そこで、複合的な要因を考慮した効果を明らかにする。特に、内示生産システムでは提示される特徴的な要因をも考慮する必要がある。本研究では、シミュレータを開発し複合要因の影響度合いを明確化する。そして、ブルウィップ効果の低減方法を提案する。

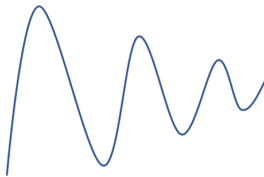
1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験並びに考察
5. おわりに

2.1 サプライチェーンにおけるブルウィップ効果

4/23



$$B = \frac{\text{Var}[q_t]}{\text{Var}[D_t]}$$



- 自動車業界
- パソコン製造業
- 食品製造業
- 電気部品製造業
- 他にも多数

需要に鞭のようなバラツキが発生

図1 サプライチェーンとブルウィップ効果

B : ブルウィップ効果、 $\text{Var}[q_t]$: 発注量の分散
 $\text{Var}[D_t]$: 需要量の分散

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験並びに考察
5. おわりに

ρ : 前期の需要量との相関を表すパラメータ、 L : リードタイム
 w : 移動平均における過去のデータの採取数

$$B \geq 1 + \left(\frac{2L}{w} + \frac{2L^2}{w^2} \right) (1 - \rho^w)$$

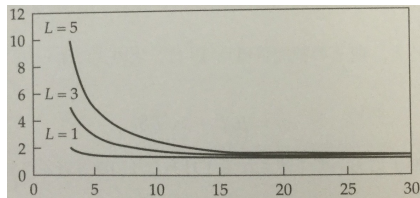


図2 縦軸 B , 横軸 w のグラフ

限定されたパラメータを用いており、ブルウィップ効果は単調的な結果である。

ブルウィップ効果の要因

- 1 発注から納入までのリードタイム
- 2 発注量のバッチ単位の注文方式
- 3 複数の要因を考慮した発注方式
- 4 需要のばらつき
- 5 サプライヤーの生産計画手法
- 6 意思決定者のオーバーアクション
- 7 上流に行くほど製造ロットが大きい
- 8 サプライヤー間の情報共有
- 9 価格割引
- 10 内示変動のときのトレンドやばらつきの変動
- 11 安全在庫目標の決め方

これらの複合的要因がブルウィップ効果に影響を及ぼす。

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験並びに考察
5. おわりに

	M0				M1				M2				M3			
	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4
月次内示	▽ 金				<div>日別/週別/月別(～M4)</div> <div>※直近は日量、期間によって週量、月量となる</div>				<div>日別/週別(～M2)</div> <div>※直近は日量、期間によって週量となる</div>							
週次内示	▽ 金				<div>3日前先1日確定</div>											
納入指示(日)	▽ 金				<div>3日前先1日確定</div>											

図 3 内示生産システムの発注方法

このシステムは、定時定例的に内示という予測値が提示される。

2.2. 直交表による実験計画

8/23

直交表

直交表とは、任意の2因子（列）について、その水準のすべての組合せが同数回ずつ現れるという性質をもつ実験のための割り付け表である。

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験
並びに考察
5. おわりに

2.3. MPI による並列分散処理

9/23

- 1. はじめに
- 2. 従来手法
- 3. 提案手法
- 4. 数値実験並びに考察
- 5. おわりに

MPI

MPI とは，並列コンピューティング利用するための標準化された規格である．**MPI** はプログラミング言語とは独立の通信プロトコルで，並列計算機上で動くプログラムに使用される．

3.1. 直交表の作成

10/23

MPI

ブルウィップ効果の要因で直交表を作成した。今回は、**PictMaster**を使用し、**JIS**規格で存在する直交表に当てはめる。

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験
並びに考察
5. おわりに

3.2. シミュレータについて

11/23

内示、基準搬入量、工場使用量、安全在庫目標、繰越在庫の初期値のパラメータを与えると **1000** 日分のブルウィップ効果を含む様々な結果を表示する。繰越在庫が安全在庫目標の 2 分の 1 以下の場合に発注し、その不足量を発注量とする。

内示 σ	1162 安目		150							
	80		1M							
		初期	1 月	2 火	3 水	4 木	5 金	6 月	7 火	8 水
①	内示	-	1162	1162	1162	1162	1162	1162	1162	1162
②	基準搬入量	-	922	922	922	922	922	922	922	922
	追加搬入量	-	0	1797	0	0	0	1044	0	0
	搬入量合計	-	922	2719	922	922	922	1966	922	922
③	工場使用量	-	1190	1095	1210	1152	1210	1287	1344	1344
④	安全在庫目標	-	1709	1738	1750	1773	1774	1772	1766	1766
⑤	繰越在庫	180	-88	1536	1248	1018	730	1409	987	5
⑥	緊急発注量	-	1797	0	0	0	1044	0	0	11
⑦	判定	-	× ×	□	□	□	×	□	□	×
⑧	充足量	-	1102	1095	1210	1152	1210	1287	1344	1344

○	□	×	×	平均在庫	搬入回数	追加搬入量合計	在庫切れ回数	充足率
156	634	210	0	1272	210	230097	0	100%

	平均	標準偏差	BULLWHIP効果
工場使用量	1167.54	310.09	1.51
追加搬入量	246.79	468.32	

図 4 シミュレータ

3.3. ブルウィップ効果抑制のための設定手法

12/23

1. はじめに
2. 従来手法
- 3. 提案手法**
4. 数値実験
並びに考察
5. おわりに

4.1. 主効果ならびに交互作用の解明結果

13/23

PictMaster で作成した。要因名と水準名を入れると作成はしてくれる。

リードタイム	ロット数	需要のばらつき
1	1	1
3	11	1
6	2	5
5	1	3
2	3	2
4	2	4
7	3	2
3	4	2
2	5	5
7	8	4

図 5 直交表の一部

ブルウィップ効果が出たとしたときの分析をお試しでしてみた。

需要のばらつき	ロット数	リードタイム		
		1日	5日	10日
10	2000	3	5	7
	3000	4	7	8
100	2000	6	10	11
	3000	7	12	13
1000	2000	10	13	14
	3000	12	13	15

図6 それぞれの要因の時のブルウィップ効果

No.	1日	5日	10日	2000	3000	10	100	1000	ブルウィップ効果
1	1	0	0	1	0	1	0	0	3
2	1	0	0	1	0	0	1	0	6
3	1	0	0	1	0	0	0	1	10
4	1	0	0	0	1	1	0	0	4
5	1	0	0	0	1	0	1	0	7
6	1	0	0	0	1	0	0	1	12
7	0	1	0	1	0	1	0	0	5
8	0	1	0	1	0	0	1	0	10
9	0	1	0	1	0	0	0	1	13
10	0	1	0	0	1	1	0	0	7
11	0	1	0	0	1	0	1	0	12
12	0	1	0	0	1	0	0	1	13
13	0	0	1	1	0	1	0	0	7
14	0	0	1	1	0	0	1	0	11
15	0	0	1	1	0	0	0	1	14
16	0	0	1	0	1	1	0	0	8
17	0	0	1	0	1	0	1	0	13
18	0	0	1	0	1	0	0	1	15

図 7 ダミー変数を使った直交表とブルウィップ効果

ブルウィップ効果が出たとしたときの分析をお試しでしてみた。

No.	1日	5日	2000	10	100	ブルウィップ効果
1	1	0	1	1	0	3
2	1	0	1	0	1	6
3	1	0	1	0	0	10
4	1	0	0	1	0	4
5	1	0	0	0	1	7
6	1	0	0	0	0	12
7	0	1	1	1	0	5
8	0	1	1	0	1	10
9	0	1	1	0	0	13
10	0	1	0	1	0	7
11	0	1	0	0	1	12
12	0	1	0	0	0	13
13	0	0	1	1	0	7
14	0	0	1	0	1	11
15	0	0	1	0	0	14
16	0	0	0	1	0	8
17	0	0	0	0	1	13
18	0	0	0	0	0	15

図 8 1 つずつ削減した直交表

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験
並びに考察
5. おわりに

ブルウィップ効果が出たとしたときの分析をお試しでしてみた。

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験並びに考察
5. おわりに

回帰統計									
重相関 R	0.987026742								
重決定 R ²	0.97422179								
補正 R ²	0.963480869								
標準誤差	0.700528901								
観測数	18								
分散分析表									
	自由度	変動	分散	割られた分散	有意 F				
回帰	5	222.5556	44.51111111	90.70189	4.16E-09				
残差	12	5.888889	0.490740741						
合計	17	228.4444							
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%	
切片	15.38888889	0.404451	38.04887621	6.99E-14	14.50767	16.27011	14.50767	16.27011	
1日	-4.33333333	0.404451	-10.71412399	1.69E-07	-5.21456	-3.45211	-5.21456	-3.45211	
5日	-1.33333333	0.404451	-3.296653535	0.00638	-2.21456	-0.45211	-2.21456	-0.45211	
2000	-1.33333333	0.330232	-4.037559509	0.001647	-2.05285	-0.61382	-2.05285	-0.61382	
10	-7.16666667	0.404451	-17.71951275	5.7E-10	-8.04789	-6.28544	-8.04789	-6.28544	
100	-3	0.404451	-7.417470453	8.08E-06	-3.88122	-2.11878	-3.88122	-2.11878	

図 9 回帰分析結果

1日	5日	10日	2000	3000	10	100	1000
-2.44444444	0.555556	1.88888889	-0.66667	0.666667	-3.77778	0.388889	3.388889

図 10 ブルウィップ効果の部分効用

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験並びに考察
5. おわりに

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験
並びに考察
5. おわりに

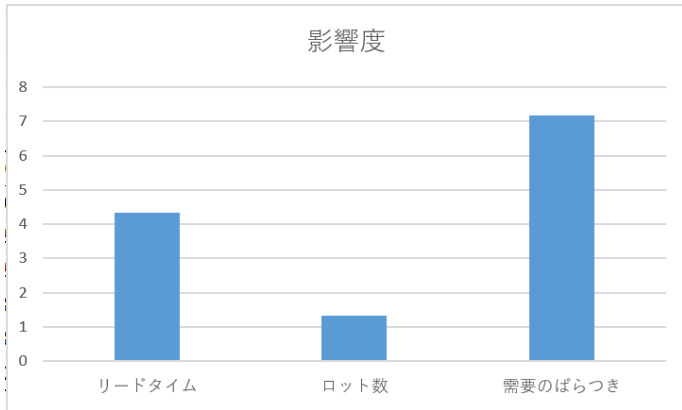


図 11 ブルウィップ効果への影響度

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験並びに考察
5. おわりに

ト」、

標準誤差	82.7519
観測数	8

分散分析表

	自由度	変動	分散	割られた分散	有意 F
回帰	6	1147881	191313.5	27.95142	0.143786
残差	1	6844.5	6844.5		
合計	7	1154726			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%
切片	450.25	77.38823	5.818069	0.108362	-533.056	1433.556	-533.056
キャンペーン	120.5	101.325	1.189243	0.445106	-1166.95	1407.95	-1166.95
オートコール	304.5	101.325	3.005182	0.204503	-982.95	1591.95	-982.95
チラシ	24.5	101.325	0.241796	0.848967	-1262.95	1311.95	-1262.95
キャン×オート	489	117	4.179487	0.149509	-997.62	1975.62	-997.62
キャン×チラシ	94	117	0.803419	0.569122	-1392.62	1580.62	-1392.62
オート×チラシ	54	117	0.461538	0.724721	-1432.62	1540.62	-1432.62

客数

88
35
80
00
04
84
04
21

す。例
「オー
て、図

回帰分析結果の左下「係数」の値から、来店客数を表す回帰
られます。

図 12 交互作用の例

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験
並びに考察
5. おわりに

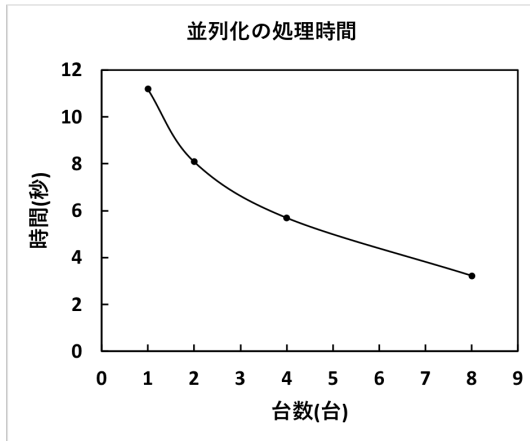


図 13 並列分散処理の結果

4.2 提案手法によるブルウィップ効果抑制の検証

22/23

ブルウィップ効果を抑制した時の結果が入る。

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験
並びに考察
5. おわりに

1. はじめに
2. 従来手法
3. 提案手法
4. 数値実験
並びに考察
5. おわりに

今後の課題

- 1 シミュレータを完成させる