

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに  
進捗

# レジリエンスな 多品目多段階生産在庫システムにおける リスク評価指標 $AVaR$ と許可値による最適化

## Optimization Using Risk Measure $AVaR$ and Permission Value in Resilience Multi-Item Multi-Level Production Inventory System

川口 晏璃

January 28, 2022

# 1.1 本研究の背景

2/16

## 背景

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに  
進捗

生産内示は、日本の製造業界の伝統的な情報共有のやり方であり、内示情報を仲立ちとした企業間連携、すなわち日本独特のサプライチェーン・マネジメントである。内示情報とは発注者が製造者へ提示する事前注文予測量のことである。確定注文が内示とされる前提で内示情報に基づいて見込み生産を開始しておき、受注後、確定した製造仕様、数量に基づいて最終製品を生産する形態である見込み生産方式にならざるを得ない。

近年では、市場ニーズの多様化・個性化によりたくさんの種類の製品やそのバリエーションが増え、顧客が製品仕様をカスタマイズできるようになっている。これにより、納入リードタイムは短くなり製品ごとの受注量の変動が大きく、需要の不確実性が増大している。

# 1.2 本研究の目的

3/16

## 目的

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに  
進捗

本研究では、一般的な製造業に対して、多品目多段階生産在庫システムを考え、需要量のリスクをアベレージ・バリュー・アット・リスク (Average Value-at-Risk: AVaR) で捉え、ゲーム理論の許可値を用いて各工程にリスクを配分し、最適な生産在庫システムを提案する。

# 2.1 単一品目・单一段階動的ロットサイズ決定問題

4/16

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに  
進捗

製品の構成部品を、ある加工・組立システムで生産する場合、必要な時に必要な量を作る生産計画法の1つとして、資材所要量計画 (Material Requirement Planning: MRP) がある。

この MRP システムの中の1つの重要な要素として、ロットサイズ決定問題がある。部品構成表 (Bill Of Materials: BOM) に従って部品展開された各構成レベルのすべての部品に対してロットサイズが必要となる。その基本的な問題として单一製品のロットサイズ決定問題がある。

| 製品Pの部品表 |      |     |
|---------|------|-----|
| No.     | 品名   | 数量  |
| 1       | 部品X  | 4個  |
| 2       | 部品Y  | 3個  |
| 3       | ねじM5 | 12個 |

| 品名   | 製品P | 製品Q | 製品R |
|------|-----|-----|-----|
| 部品X  | 4   | 4   | 6   |
| 部品Y  | 3   | 0   | 3   |
| 部品Z  | 0   | 3   | 0   |
| ねじM5 | 12  | 12  | 15  |

| No. | 品名   | 数量 |
|-----|------|----|
| 0   | 製品P  | 1台 |
| 1   | ニットA | 2個 |
| 2   | 部品X  | 2個 |
| 3   | ねじM5 | 3個 |
| 4   | ニットB | 1個 |
| 5   | 部品Y  | 3個 |
| 6   | ねじM5 | 6個 |

サマリ型
マトリクス型
ストラクチャ型

図 1: BOM の例

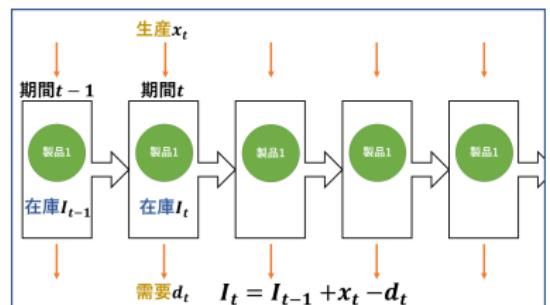


図 2: 単一品目・单一段階の概念図

## 2.2 多品目多段階ロットサイズ決定問題とエシェロン在庫

5/16

- はじめに
- 多品目多段階  
ロットサイズ  
決定問題
- レジリエンス  
な生産計画
- 提案手法
- 数値実験並び  
に考察
- おわりに  
進捗

多品目多段階ロットサイズ決定問題とは、取り扱われる各々の品目に対する処理のロットサイズをそれぞれいくらにするかを決定する問題である。多品目多段階の場合、段取り替えを考慮する必要がある。段取り替えとは、生産ラインに流す製品に合わせて、機械などを変更する作業のことである。

### エシェロン在庫

エシェロン在庫とは、サプライチェーン全体の在庫のことをいう。ある在庫点から見たエシェロン在庫は、ある在庫点を含めたサプライチェーン下流に位置する在庫量、配送量の総和である。

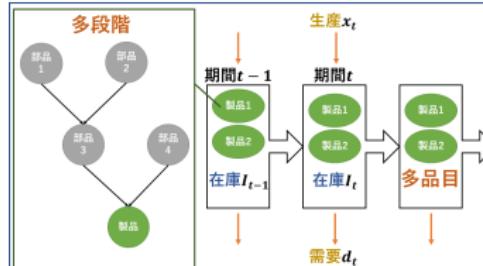


図 3: 多品目多段階の概念図

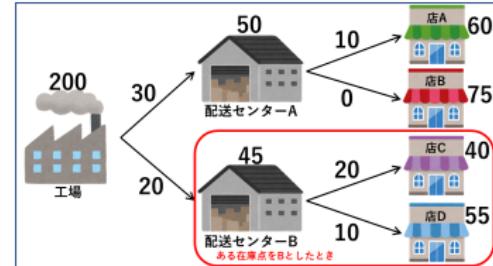


図 4: エシェロン在庫の例

## 2.3 引っ張り型生産指示方式の多目的最適化

6/16

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

進捗

引っ張り型生産指示方式は、下流の製造工程から上流の製造工程に製品や製造開始のタイミングなどを指示する方式である。代表的なものとして、トヨタのカンバン方式がある。「必要なものを、必要なときに、必要な量だけをつくる」としている。

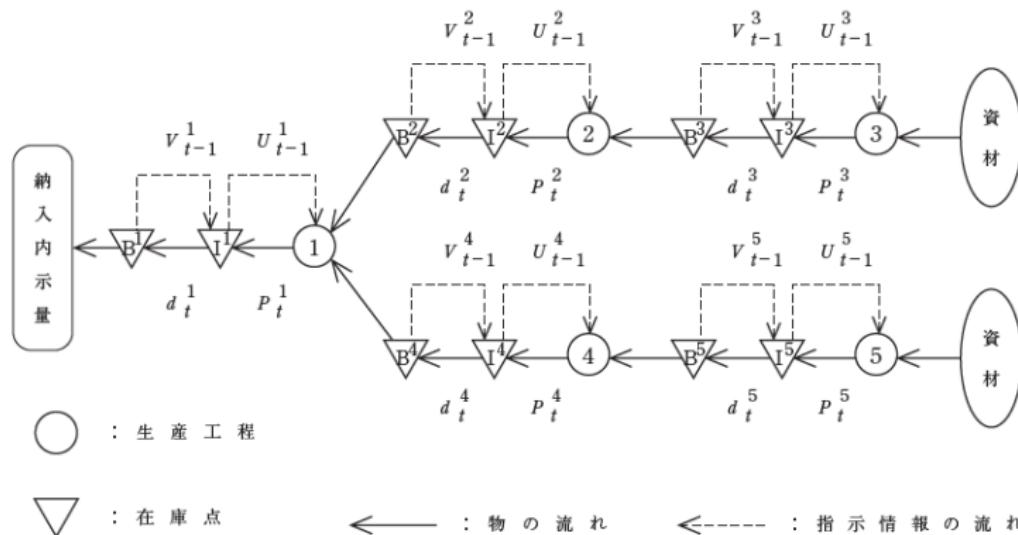


図 5: 引っ張り型生産指示方式のモデル

## 3.1 生産計画の在庫切れのリスク評価尺度

7/16

- はじめに
- 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
- レジリエンスな生産計画
- 提案手法
- 数値実験並びに考察
- おわりに  
進捗

生産管理において、レジリエンスを備えつつ、在庫切れを生じさせず、在庫はできるだけ持たない生産計画が求められる。先行研究より、在庫切れリスクを考慮するものとして安全在庫、未達率がある。しかし、安全在庫はリードタイムの変更に対して弱く、未達率は各期にリスクを等分しているため、レジリエンスであるとは言えない。そこで  $AVaR$  を用いる。 $AVaR$  は、正規分布のそそが厚くなり超過損失が起きやすい場合に有効である。

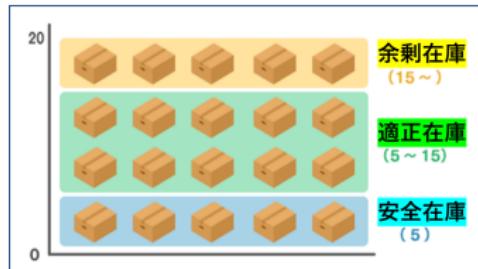


図 6: 安全在庫について

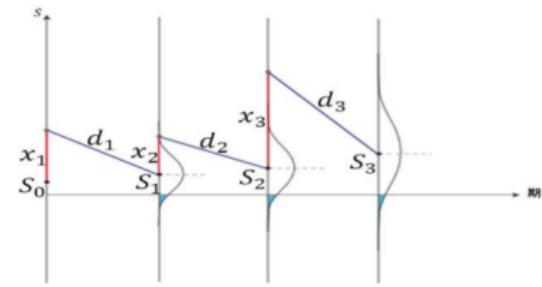


図 7: 期が進むごとのリスクの変化

## 3.2 Shapley 値によるリスクの配分

8/16

### Shapley 値

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに  
進捗

Shapley 値は、提携に対するプレイヤーの貢献度に応じて報酬を分配する方法である。任意の部分集合  $S$  に対して

$$\phi_i(v) = \sum_{S \subset N \setminus \{i\}} \frac{|S|!(n - |S| - 1)!}{n!} (v(S \cup \{i\}) - v(S)) \quad (1)$$

となる。また、Shapley 値は以下の性質を満たす。

- ▷ 個人合理性: すべてのプレイヤーに 1 人で提携を作るときの利得  $v(\{i\})$  以上の利得を与える性質。すなわち、 $N$  のすべてのプレイヤー  $i$  に対して、

$$\phi_i(v) \geq v(\{i\}) \quad (2)$$

が成り立つ。

- ▷ 全体合理性:  $N$  全体の提携値は各プレイヤーの利得の総和である。

$$\sum_{i \in N} \phi_i(v) = v(N) \quad (3)$$

## 3.3 遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化

9/16

### 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) とは、データを遺伝子で表現した個体を複数用意し、適応度の高い個体を優先的に選択し遺伝的操作を繰り返しながら解を探索する。

多目的最適化問題を解くにあたり、遺伝的アルゴリズムを拡張した NSGA-II を用いる。

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに  
進捗

## 4.1 許可構造を伴うゲームと許可値

10/16

ゲーム理論の Shapley 値に制限を加えたものが、許可構造である。  
許可構造は、ある提携が実行可能となるには、そのメンバーの上位  
プレイヤーすべてがその提携に参加する必要があるものとする。  
許可値の先行研究として川の汚染問題がある。  
(許可構造の図いれる)

1. はじめに
2. 多品目多段階  
動的ロットサイズ  
決定問題
3. レジリエンス  
な生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並び  
に考察
6. おわりに  
進捗

## 4.2 許可値による多段階工程のリスクの配分

11/16

本研究では許可構造を多段階と捉え、リスク  $AVaR$  を各工程に許可値によって配分する。

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに  
進捗

## 4.3 提案手法のアルゴリズム

12/16

### 提案手法

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに  
進捗

$AVaR$  と許可値を用いたリスクを考慮した多品目多段階生産在庫システムを提案する。引っ張り型生産指示方式のモデルでは、需要量は決まったものであったため、分散を与え不確実性を持たせる。そのリスクを  $AVaR$  で導出する。 $AVaR$  を許可値によって各工程に振り分けることで、品切れが起こらないような各工程の生産・在庫量を決定する。(イメージ図作る)

## 5.1 数値実験の概要

### (予定) 有効性？

- 1 従来研究の期末目標在庫を 0, 部品構成を考える式を修正する.
- 2 修正したモデルの不確実性をもってない需要量の初期在庫量を求める. (表つくる)
- 3 2 で計算した初期在庫量を, 不確実性を与えた需要量で在庫量を計算し品切れが起きていないか確認する
- 4 期末目標在庫を  $AVaR$  としたときの在庫量はどうなったか (品切れを防ぐことができるか)

品切れのリスクを考慮できていることの確認

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに  
進捗

# 5.2 実験結果と考察

## 5.1 章の結果

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに  
進捗

## まとめ

$AVaR$  と許可値を用いたレジリエンスな多品目多段階生産在庫システムを提案した。

## 今後の課題

数値実験の結果でき次第

1. はじめに
2. 多品目多段階動的ロットサイズ決定問題
3. レジリエンスな生産計画
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに  
進捗

# 進捗

16/16

## 進捗

本論を書き進めた. スライドを修正した.

## 進捗

まだ本論のページが足りていないところを足す. スライドにも増やしていく.  
システムの数値実験に早く取り掛かる.

1. はじめに

2. 多品目多段階  
動的ロットサイズ  
決定問題

3. レジリエンス  
な生産計画

4. 提案手法

5. 数値実験並び  
に考察

6. おわりに

進捗