

1. はじめに
2. レジリエンスな生産計画
3. AVaR と Shapley 値
4. 提案手法
5. 数値実験進捗
6. まとめ

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 14, 2022

1.1 本研究の背景

2/14

1. はじめに
2. レジリエンスな生産計画
3. AVaR と Shapley 値
4. 提案手法
5. 数値実験
進捗
6. まとめ

背景

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。

目的

本研究では、環境の変化や不確実性にレジリエンスに対応できるリスク評価指標 Average Value at Risk (AVaR) とゲーム理論の Shapley 値を融合させた生産計画手法を提案する。

2.1 生産計画とレジリエンス

3/14

生産計画

生産計画とは、「どの製品をいつ、どれだけ、いつまでに生産するのか」を計画することである。日本の製造業界では、生産内示が伝統的なやり方であり、生産内示は内示情報を仲立ちとした企業間連携である。

内示情報とは発注者が仕入れ先へ提示する事前注文予測量のことである。内示情報は確定注文ではないため不確実性をもっている。

レジリエンス

レジリエンスとは、リスクを予想しながら、想定される状況下あるいは、想定外の状況下でも、求められている動作を継続する力あるいは、回復する力のことである。変化や不確実性に対応できるレジリエンスの高いオペレーションやサプライチェーンの構築は不可欠である。

2.2 安全在庫と未達率

4/14

従来研究では安全在庫と未達率を用いた生産計画が考えられていた。
安全在庫

安全在庫は欠品を防ぐために必要な在庫量のことである。安全在庫量が決まると、適正在庫の下限値が決定し、余剰在庫による無駄の削減、販売機会の損失、キャッシュフローの改善などのメリットが挙げられる。

$$\text{安全在庫量} = \text{安全係数} \times \text{使用量の標準偏差}$$

$$\times \sqrt{\text{発注リードタイム} + \text{発注間隔}}$$

未達率

期間の各期において少なくとも 1 度在庫切れが生じる確率を未達率と定義する。従来、在庫切れが生じるリスクは等確率となるように各期に割り振られていた。

計画目標未達率を β とすると、期別の未達率 β_i は、

$$\beta_i = 1 - \sqrt[n]{1 - \beta} (\forall i \leq n)$$

と与えられる。

3.1 リスク評価指標 AVaR

5/14

AVaR

AVaR は在庫量が AVaR 以下になる確率である。正規分布のすそが厚い場合でも超過損失の程度を把握できる。生産計画問題は、AVaR を評価指標とすることから、特性関数 $v(S)$ は $-AVaR$ とする。 $-$ をつけることにより優加法性を満たす。

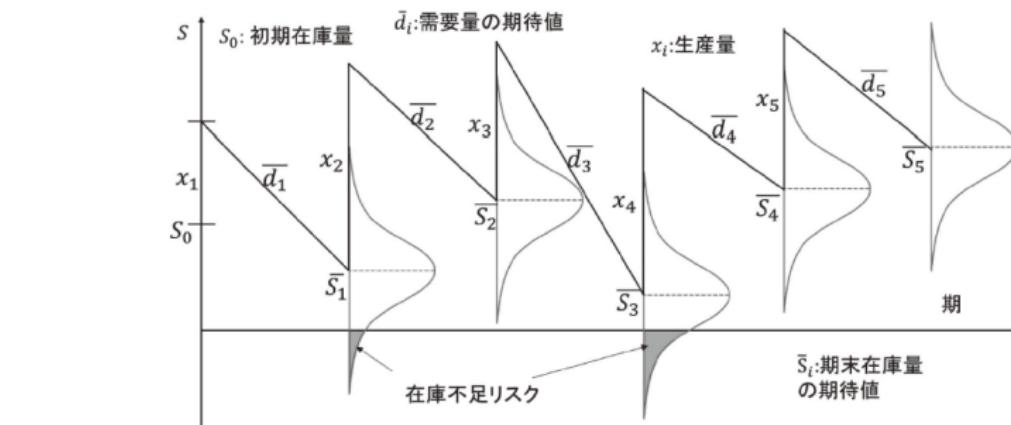


図 1: 5 期間の生産計画

1. はじめに
2. レジリエンスな生産計画
3. AVaR と Shapley 値
4. 提案手法
5. 数値実験
進捗
6. まとめ

3.2 Shapley 値

6/14

Shapley 値

1. はじめに
2. レジリエンスな生産計画
3. AVaR と Shapley 値
4. 提案手法
5. 数値実験
- 進捗
6. まとめ

協力ゲームにおいて Shapley 値は、プレイヤーの協力によって得られた利得を、個人合理性、全体合理性のもとで割り振ることができる。本研究で用いる Shapley 値では、内示情報に応じてリスクを各期に合理的に割り振ることとする。

Shapley 値の一般的な求め方は以下の式である。

$$\pi_i = \sum_{S \subseteq N - \{j\}} \frac{|S|!(|N| - |S| - 1)!}{|N|!} (v(S \cup \{i\}) - v(S))$$

上記の式は以下の式で定式化が可能である。

$$\sum_{i \in S} \pi_i = \pi(S)$$

3.2 Shapley 値

1. はじめに
2. レジリエンスな
生産計画
3. AVaR と
Shapley 値
4. 提案手法
5. 数値実験
進捗
6. まとめ

定式化した式を用いて、2次の最適化問題を解くことにより、
Shapley 値を求めることができる。

2次計画モデル

$$\underset{s \subset N}{\text{minimize}} \sum (v(S) - x(S))^2 m(S)$$

$$\text{subject to } \sum_{i \in N} x_i = v(N), \quad x_i \geq v(i), \quad (\forall i \in N)$$

ここで、 $m(S)$ は重み関数であり、 x は任意の集合 S に対する
 $x(S) = \sum_{i \in S} x_i$ のペイオフ・ベクトルである。二次プログラムの最適
解は、個人とグループの合理性を制約条件として、shapley 値を表す。

3.3 未定

8/14

1. はじめに
2. レジリエンスな
生産計画
3. AVaR と
Shapley 値
4. 提案手法
5. 数値実験
進捗
6. まとめ

未定

4.1 提案手法

9/14

提案手法

1. はじめに
2. レジリエンスな生産計画
3. AVaR と Shapley 値
4. 提案手法
5. 数値実験
6. 進捗
6. まとめ

5期間の生産計画を考える。内示情報と有意水準 α を与えられたとき、

- ▷ AVaR の導出
- ▷ 特性関数 $v(S)$ の導出
- ▷ Shapley 値の導出
- ▷ 生産量の決定

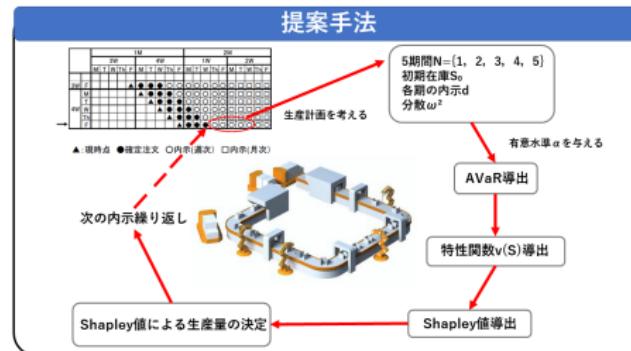


図 2: 提案手法の流れ

5.1 数値実験

5期間 $N = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ の生産計画について、AVaR のもとで、特性関数の値を導出した結果を示す。初期在庫 S_0 は 10、各期の内示は $d = [18, 10, 8, 24, 30]$ で与えられる。ただし、確定注文は内示を平均として分散 $\omega^2 = 4$ 、有意水準は $\alpha = 0.05$ とした。

1から5期間の重み関数 \mathbf{M} は、

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 0.2500 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0833 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0833 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2500 \end{bmatrix}$$

である。また分散共分散行列 Σ は、

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 4 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 4 & 8 & 12 & 12 & 12 \\ 4 & 8 & 12 & 16 & 16 \\ 4 & 8 & 12 & 16 & 20 \end{bmatrix}$$

となる。

1. はじめに
2. レジリエンスな生産計画
3. AVaR と Shapley 値
4. 提案手法
5. 数値実験
進捗
6. まとめ

5.1 数値実験

表 1: 5 期間の特性関数 $v(S)$

1. はじめに
2. レジリエンスな生産計画
3. AVaR と Shapley 値
4. 提案手法
5. 数値実験
進捗
6. まとめ

提携	$v(S)$	提携	$v(S)$
$v\{\emptyset\}$	0	$v\{123\}$	-51.4360
$v\{1\}$	-22.1255	$v\{124\}$	-65.6824
$v\{2\}$	-15.8343	$v\{125\}$	-74.5018
$v\{3\}$	-15.1455	$v\{134\}$	-67.5026
$v\{4\}$	-32.2508	$v\{135\}$	-73.9824
$v\{5\}$	-39.2248	$v\{145\}$	-91.3499
$v\{12\}$	-37.2248	$v\{234\}$	-61.7849
$v\{13\}$	-36.1051	$v\{235\}$	-66.9050
$v\{14\}$	-52.9148	$v\{245\}$	-85.4364
$v\{15\}$	-59.6685	$v\{345\}$	-85.3370
$v\{23\}$	-30.3762	$v\{1234\}$	-82.5958
$v\{24\}$	-47.0458	$v\{1235\}$	-88.9693
$v\{25\}$	-53.6824	$v\{1245\}$	-106.0551
$v\{34\}$	-46.8745	$v\{1345\}$	-105.7632
$v\{35\}$	-53.4360	$v\{2345\}$	-95.3370
$v\{45\}$	-71.0095	$v\{12345\}$	-120.5949

1. はじめに
2. レジリエンスな
生産計画
3. AVaR と
Shapley 値
4. 提案手法
5. 数値実験
6. まとめ

1/13 の打ち合わせで、多品目多段階生産在庫システムのどこに特性関数の優加法性があるのか話になつたので、その部分について.
多段階生産在庫システムについての論文をみつけた¹².
[1] の論文中には「製品と中間製品の計画在庫量の加重和を最小化する最適在庫構成法を提案する」と書かれていた.
加重和（重み付き和）で特性関数の優加法性にもってこれないか…

¹竹田賢, 黒田充:「許容応答時間が存在する場合の多段階生産・在庫システムの解析-製品間で加工時間が異なる場合-」, 日本経営工学会論文誌, Vol.51, pp.132-142, 2000.

²竹田賢, 黒田充:「許容応答時間が存在する場合の多段階生産・在庫システムの解析-製品間で加工時間が一定の場合-」, 日本経営工学会論文誌, Vol.49, pp.118-126, 1998.

[1] の論文のモデルのイメージ

1. はじめに
2. レジリエンスな生産計画
3. AVaR と Shapley 値
4. 提案手法
5. 数値実験進捗
6. まとめ

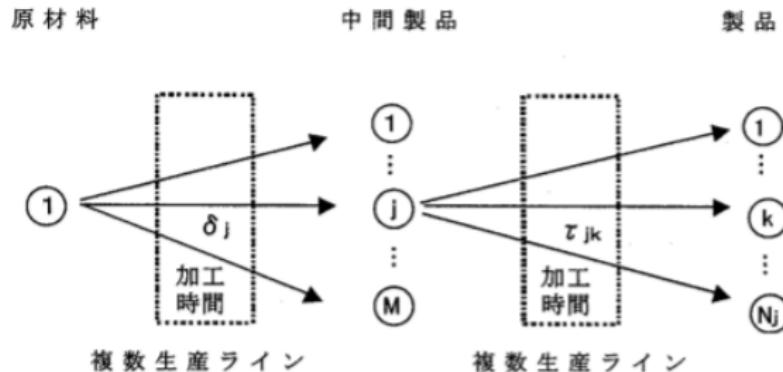


図 3: 製品構成と生産ラインの関係

6. まとめ

14/14

まとめ

特性関数の優加法性をどこで考えるか論文を調べた。うまく行きそうならその方法で進めていきたい。
優加法性の部分が決まれば、システムの方に組み込んでいきたい。
システムの進捗はなし。

課題

早く数値実験をする。
本論を書き進める。

- 1. はじめに
- 2. レジリエンスな生産計画
- 3. AVaR と Shapley 値
- 4. 提案手法
- 5. 数値実験
進捗
- 6. まとめ