

# メーカーの部品調達におけるコスト競争力と頑健性を考慮したサプライチェーンの構築

1X18C002-4 池澤一樹  
指導教員 大野高裕

## 1. 緒言

近年、製造業におけるサプライチェーン（以下：SC）の複雑化が進んでおり、自然災害などによる SC 途絶の事例が多く見られている[1].SC 途絶に伴う損失の緩和及び復旧期間の短縮が可能となる体制を確立することがメーカーの急務である。特に、調達リードタイム（以下：LT）の長い部品を用いた製品を生産するメーカーは、平常時でも急激な需要変化に対応することが困難な状況に直面している。部品調達における SC 途絶の発生により、大きな機会損失が発生する。SC 途絶による機会損失の緩和対策として、調達先の分散化、調達先に対する評価と選定などが検討されている。しかし、調達先の増加による調達コストの高騰や途絶リスクを考慮した調達先の選定を行っても途絶が発生してしまうと損失の回避ができないなどの問題がある。

本研究では、製品メーカーを対象とし、部品調達における SC 途絶の発生による機会損失の緩和と平常時の調達コストの維持が可能となる SC 構造の提案を目的とする。

## 2. 従来研究

松川ら[2]は SC 調達における途絶リスク事象に対して 3 つの対策（冗長性強化策、頑健性強化策、柔軟性強化策）を提案し、それらの組み合わせの効果についてシミュレーションを用いて分析した。その結果、頑健性と柔軟性が SC 調達において有効であることを明らかにした。

増田ら[3]は途絶リスクを考慮した SC の長期的な運用策を検討し、日常業務の効率性と SC における頑健性はトレードオフの関係にあると述べている。

以上のように SC リスクマネジメントの効果を議論する従来研究において、どのような SC が適切かが示されているが、SC の構築方法まで言及している研究は少ない。

## 3. SC 途絶モデルと製品メーカー利益構造モデルの構築

### 3.1. SC 途絶モデル

本研究では自然災害による SC 途絶を想定し、SC 復旧期間が 1 日以上 SC 途絶モデルを作成する。作成したモデルを表 1 に示す。モデルは気象庁が公表している自然災害に関するデータを参考にし、発生頻度と復旧期間は過去 20 年にわたる対象とする災害を集計し、発生頻度は 1 ヶ月を基準に示し復旧期間は建築会社の研究報告書を参考にした[4],[5],[6]。これらの自然災害を採用した理由は、日本での SC 途絶事例が他の災害よりも多いからである。

表 1. SC 途絶の発生頻度とそれによる復旧期間

災害カテゴリー	発生頻度	復旧期間
台風上陸	0.26 回/月	1 日間
地震(震度 7)	0.03 回/月	47 日間

## 3.2. メーカーの利益構造モデル

製品メーカーの 1 年間の利益を定式化したのが以下の通りである。前提条件として、一つの部品から一つの製品を製造することと仕掛品は存在しないことをおく。つまり、当月着手はすべて完成品になる前提である。

$$\pi^m = \sum_{n=1}^{12} (P^p \times Q_n^p - \sum_{j=1}^k P_j^c \times Q_{jn}^c -$$

$$C^{pi} \left( \frac{Q_n^{pi} + Q_{n-1}^{pi}}{2} \right) - C^{ci} \left( \frac{Q_n^{ci} + Q_{n-1}^{ci}}{2} \right) - C^m \times Q_n^m) - \sigma \quad (1)$$

$$Q_n^c = \sum_{j=1}^k \sum_{n=1}^{12} Q_{jn}^c \left( 1 - \frac{T_n}{52} \right) \quad (2)$$

$$T_n = \begin{cases} 0; & a = 0 \\ T_n(D_i); & a = 1 \end{cases} \quad (3)$$

《制約条件》

$$Q_n^m = \min(Q_n^m, Q_{n-1}^{ci}), C^{pi} > C^{ci}$$

$$P^p > P^r, Q_n^p \leq Q_{n-1}^{pi} + Q_n^m$$

《記号》

$\pi^m$ : メーカー利益	$P^p$ : 製品販売価格
$Q^p$ : 製品販売量	$P^c$ : 部品調達価格
$Q^c$ : 部品調達量	$C^{pi}$ : 製品在庫コスト
$C^{ci}$ : 部品在庫コスト	$C^m$ : 製造コスト
$Q_{n-1}^{pi}$ : 当月の期首製品在庫	$Q_n^{pi}$ : 当月の期末製品在庫
$Q_{n-1}^{ci}$ : 当月の期首部品在庫	$Q_n^{ci}$ : 当月の期末部品在庫
$\sigma$ : 固定費	$n = 1, \dots, 12$ : 時間(月)
$Q_n^m$ : 月毎の生産量	$k$ : サプライヤー数( $k > 1$ )
$a$ : SC 途絶有無	$D_i$ : 災害の発生確率
$Q_{jn}^c$ : サプライヤー $j$ からの調達量	$T$ : 復旧期間
$P_j^c$ : サプライヤー $j$ からの調達価格	

## 4. 提案 SC モデル

### 4.1. モデルの設計

頑健性のある SC を実現するため、本研究では、メーカーとサプライヤー間の取引量の上限と下限を設定する。メーカーは必要に応じて、決定された取引量の範囲で調達を行う。メーカーは購入量の下限値を決定し、サプライヤーは供給量の上限値を決定する。メーカーが適正在庫を持つことで支出を減らしコスト競争力を保持し、かつ SC 途絶だけでなく平常時の需要変化への対応が可能となる。本提案モデルのサプライヤーの供給量は、需要量が取引量の上限値と下限値の間ならば需要量を採用し、需要が下限値を下回る時には下限値を採用する。また、需要が上限値を上回る時には上限値を採用する。

### 4.2. 取引量範囲の意思決定

本研究ではメーカーが必要の下限値を保証することでサプライヤーの下限リスクがなくなり需要の上限値を上昇させることができる。取引範囲の決定方法を図 1 に示す。

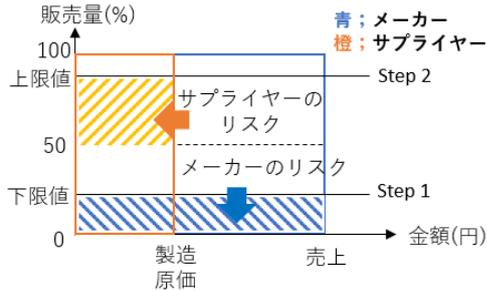


図 1. 取引量の上限・下限値の意思決定方法

- Step1. メーカーがサプライヤーに対して取引量の下限値を提示する。  
 Step2. サプライヤーがリスクを計算して,上限値を提示する。  
 Step3. メーカーが想定よりも上限値を上げてくれたサプライヤーに対して下限値を上げる。  
 Step4. サプライヤーも同じように上限値を上げる。

#### 4.3. 提案モデルを用いたメーカーの利益構造

提案モデルを用いたメーカーの利益構造を以下に示す.提案モデルの数式は式(1)のサプライヤー調達量を変化させている.また,災害途絶の判断については式(2),(3)に従う.

$$\pi^m = \sum_{n=1}^{12} (P^p \times Q_n^p - \sum_{j=1}^k P_j^c \times Q_n^{c(\mu)} - C^p i \left( \frac{Q_n^{pi} + Q_{n-1}^{pi}}{2} \right) - C^c i \left( \frac{Q_n^{ci} + Q_{n-1}^{ci}}{2} \right) - C^m \times Q_n^m - \sigma) \quad (4)$$

$$P^p \times (Q^{c(min)} - Q^{c(\mu)}) = P^r \times Q^{c(min)} \quad (5)$$

$$Q^{c(max)} = \frac{P^r}{P^p} Q^{c(min)} + Q^{c(\mu)} \quad (6)$$

《制約条件》

$$Q^{c(max)} > Q^{c(\mu)} > Q^{c(min)}$$

《記号》

$Q^{c(\mu)}$ :部品調達量

$Q^{c(max)}$ :部品調達量上限

$Q^{c(min)}$ :部品調達量下限

## 5. 数値実験

### 5.1. シミュレーション概要

本研究では株式会社 NTT データ数理システムが開発した汎用シミュレーションシステム「S-Quattro Simulation System」を利用して,以下 2 つの実験モデルを作成する.シミュレーション条件を表 2 に示す.

モデルのパターン

モデル 1: 事前に取引条件を決定せず, サプライヤーの供給可能量とメーカーの注文量に基づく部品調達の方法で, 2 社のサプライヤーから調達するモデル.

モデル 2: 2 社のサプライヤーから調達する本研究の提案調達モデル

表 2. シミュレーション条件

平均需要量	1以上15未満		
各プレイヤーの初期在庫(個)	リテーラー	メーカー	サプライヤー
	800	2400	3200
1回の製品製造数	1		
シミュレーション回数	50回		
1回のシミュレーション時間	365日		

## 5.2. 実験結果と考察

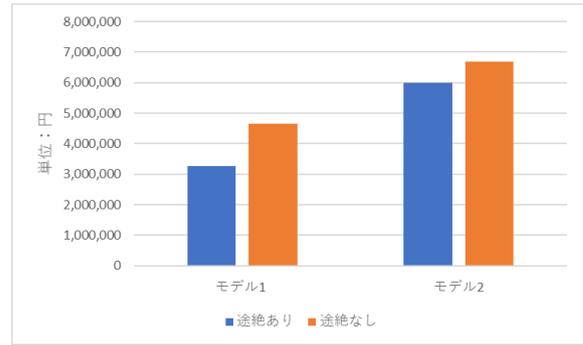


図 2. 製品メーカーの利益比較

表 3. メーカーの製品在庫数量の比較

	途絶なし	途絶あり
モデル 1	1770	1860
モデル 2	1758	1843

シミュレーションによる利益の比較を図 2 に示す.図 2 より利益金額はモデル 2 がモデル 1 よりも数値が大きいたことが明らかになった. メーカーの在庫数量を表 3 に示す.表 3 よりモデル 2 はシミュレーション後の在庫数がモデル 1 と比較して少ないことが明らかである.

メーカーの在庫数量の比較結果を表 3 に示す.2 つのモデルにおいて,売上では大きな差異はなく在庫コストが利益に大きな影響を及ぼしていると考えられる.提案モデルでは,需要量に応じた部品調達ができるため,無駄な調達量を抑えることによる在庫コストの削減ができたのだと考えられる.

## 6. 結言

本研究ではメーカーとサプライヤー間の取引量の上限と下限のある SC の構造を提案し,提案 SC の構築方法を設計した.今後の課題として複数の災害発生による SC 途絶を前提した有効性検証を行うことが必要である.

## 参考文献

- [1] 日本経済新聞: “「HOYA 熊本工場を閉鎖」”  
<https://www.nikkei.com/article/DGXLZO03857110R20C16A6TJC000/>,(2016), 最終アクセス日 2022/1/7
- [2] 松川弘明, 劉唐: “サプライチェーン見える化システムの構築とその有効性検証”, 日本経営工学会論文誌, Vol. 67, pp. 73-82(2016)
- [3] 増田拓也, 水野浩孝: “サプライチェーンにおける途絶リスク管理のための研究”, 東海大学紀要情報通信学部, No. 1, pp. 25-35(2017)
- [4] 気象庁: “「地震情報」”,  
<https://www.data.jma.go.jp/multi/quake/index.html?lang=jp>,(2022), 最終アクセス日 2022/1/9
- [5] 気象庁: “「台風の上陸数 (2020 年までの確定値と 2022 年および 2021 年の速報値)」”,  
<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/statistics/landing/landing.html>,(2021), 最終アクセス日 2022/1/9
- [6] 奈良岡浩二: “平成 28 年(2016 年)熊本地震における生産施設の被災状況分析”, 清水建設研究報告,pp. 45-50