

# 協調的なサプライチェーン運用のための 拠点間情報伝達の数理的分析

## Mathematical Analysis of Information Exchanges among Sites for Collaborative Supply Chain Management

古川 達希 \*1  
Tatsuki Furukawa

野中 朋美 \*2  
Tomomi Nonaka

水山 元 \*3  
Hajime Mizuyama

\*1\*2\*3 青山学院大学大学院  
Aoyama Gakuin University

The problem of managing a whole supply chain is usually divided into several sub-problems, which the chain's members face when they make the schedule for their sites. The performance of the supply chain management is affected by the decisions made by the chain's members through solving the sub-problems. This paper deems that the role of communication among the sites of the chain is to exchange information on some parameters connecting the sub-problems. Then, it mathematically models the collaborative supply chain management, and analyzes the factors evaluating the skills for it using the model.

### 1. はじめに

サプライチェーンは、複数の意思決定主体で構成されていることが多い。同一企業内においても、その規模の大きさ故に、拠点毎の意思決定主体に分割して運用されている。そのため、サプライチェーン内に存在する各拠点は生産計画を立案する際に、拠点毎に異なる問題に直面している。これらの部分問題をそれぞれの拠点が解決することによって、サプライチェーン全体の運用は成り立っている。その良し悪しを判断する研究の一つとして、サプライチェーンマネジメントが注目されている。これまでのサプライチェーンマネジメントを対象とした研究として、

サプライチェーンネットワークにおける拠点配置に関する研究 [古賀 16] や、サプライチェーン内の工場の生産計画におけるリードタイムやコストの最小化を目的とした研究 [西 03] などがある。これらは、各拠点の生産計画の意思決定に必要なパラメータを、拠点間のコミュニケーションを通じて変化しない、一定の値と考えている。多段階在庫管理の枠組みで拠点間の情報共有の効果を検討している研究もあるが、生産計画まで考慮した研究は少ない。

そこで本研究では、各拠点間で協調的な意思決定を行うための、部分問題を繋ぐパラメータをリンクパラメータとして定義し、そのリンクパラメータがコミュニケーションを通して、各拠点間に伝達されていると想定することによって、協調的なサプライチェーンの運用を数理的にモデル化する。またそのモデルを用いて、運用の巧拙を左右する要因を明らかにする。

### 2. 対象モデル

本研究で対象とするサプライチェーンは、一般的な大規模受注型製造業のサプライチェーンに見られる意思決定構造を簡易的にモデル化したものである [Furukawa 16]。顧客対応する本社、製品を生産する 3 つの下工程工場、材料を生産する 1 つの上工程工場の計 5 つの拠点で成り立っており、それぞれの拠点が生産計画の意思決定権を持っている。また、顧客から届く注文は 2 種類（繰返し注文、スポット注文）で構成されている。本サプライチェーン構造におけるモノと情報の流れを、図 1 に示す。

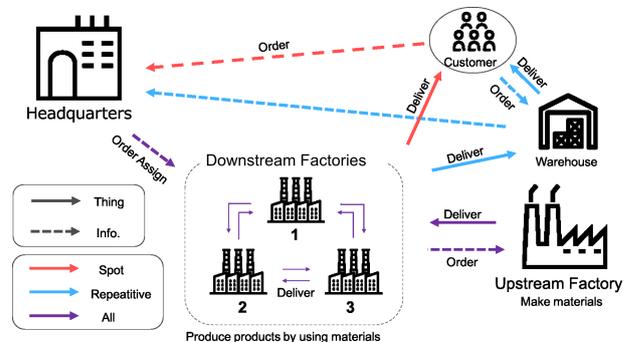


図 1: サプライチェーンモデル

### 3. 部分問題

対象とするサプライチェーン内では、本社の生産計画、下工程工場の生産計画と発注計画、上工程工場の配送計画と生産計画、計 5 つの計画を立案する状況が存在する。そこで本研究では、各拠点の意思決定主体が生産計画を立案する際に直面する問題を部分問題として捉え、それらの部分問題を繋ぐパラメータが伝達されるのを想定することで、協調的なサプライチェーン運用をモデル化する。サプライチェーンの中に存在する各意思決定主体が抱える問題と、それらの問題毎の間で共有される情報（リンクパラメータ）の流れを図 2 に示す。

#### 3.1 注文振分け問題

本社が生産計画を立案する際に、顧客から届くスポット注文情報、倉庫内の繰返し注文の製品在庫情報が与えられる。次に、振分注文の予想総生産時間が各工場の生産限界時間内に収まる制約下で、スポット注文の製品の売上から、各ベナルティの合計を引いた値が最大となるように、3 タム分のスポット注文の振分け工場、タムと、繰返し注文の振分け工場、タム、生産量を決定する。

#### 3.2 生産スケジューリング問題（下工程工場）

下工程工場は 2 工程のフローショップで、工程間には十分な置き場が存在し、ブロッキングは生じない。第 2 工程は生産する製品のサイズを変更する際にサイズの変更が降順か昇順かによって異なる長さ、コストの段取りが必要となる。下工程工場

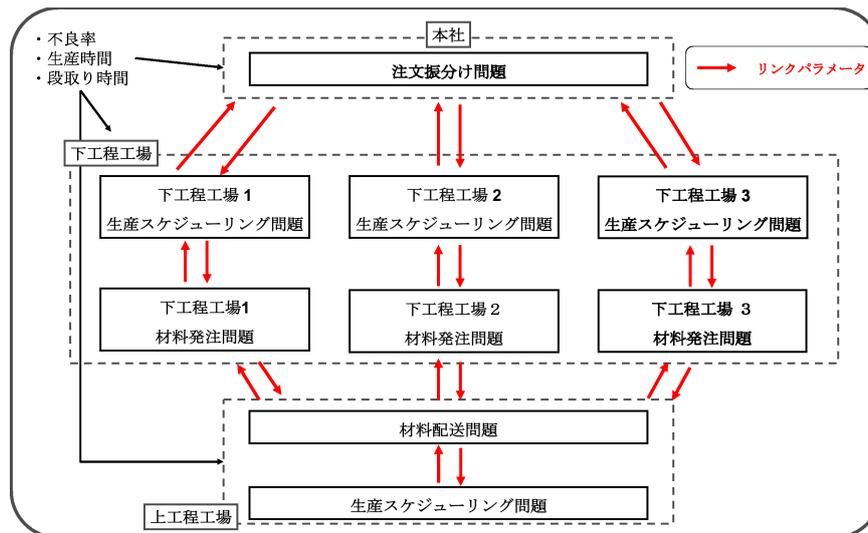


図 2: サプライチェーン内の問題と共有される情報

が生産計画を立案する際には、本社から振分済みの注文のジョブ、工場内の材料在庫情報が与えられる。次に、生産するジョブの生産終了時刻が生産許容限界内に収まる制約下で、在庫コスト、段取りコスト、在庫切れペナルティの合計が最小となる 2 工程フローショップモデルにおける 3 ターム分のジョブの生産順序を決定する。

### 3.3 材料発注問題

下工程工場が発注計画を立案する際には、下工程工場の生産計画立案後に残る材料在庫情報が与えられ、次の補充までに必要な材料量を想定する。次に、材料発注量は次の補充までに必要な材料が不足しないという制約下で、在庫コスト、配送コスト、発注コストの合計が最小となるように、3 ターム分の材料発注量を決定する。

### 3.4 材料配送問題

上工程工場が配送計画を立案する際には、下工程工場からの材料発注量と上工程工場内の材料在庫情報が与えられ、各下工程工場が持つ材料在庫量を想定する。次に、各下工程工場へ配送する材料配送量の合計が、上工程工場が持つ材料在庫量以下となる制約のもとで、材料在庫切れペナルティを最小とする 1 ターム分の各下工程工場へ配送する材料配送量を決定する。

### 3.5 生産スケジューリング問題（上工程工場）

上工程工場は順序に依存した段取り時間、コストを持つ単一機械として捉える。上工程工場が生産計画を立案する際には、上工程工場の配送計画後に残る材料在庫情報が与えられ、次のタームに必要とされる需要予測量を想定する。次に、生産するジョブの生産終了時刻が生産許容限界内に収まる制約下で、在庫コスト、段取りコスト、在庫切れペナルティの合計が最小となるように、1 ターム分の生産順序毎に生産する材料の種類を決定する。

### 3.6 部分問題の繋がり

図 2 に示すように、各意思決定主体が直面する問題と、その他の問題の間で、情報を共有することによって、サプライチェーン全体としての結果は変動すると考えられる。例えば、在庫情報が各問題間で共有される場合と共有されない場合では、本社の注文振分けや下工程工場の生産スケジューリング問題などの結果は異なってくる。また、その他の例として、本社

と下工程工場が 3 ターム分の生産計画の内、2 ターム目以降の生産計画を変更する場合や、3 ターム目だけ変更する場合、全て変更しない場合の 3 つの条件によって、サプライチェーン全体としての結果は異なる。

## 4. 実験

実験は、在庫情報を共有している状態と共有していない状態の条件と、本社と下工程工場の生産計画を 3 ターム目の計画だけを変更する、2,3 ターム目両方の計画を変更する、全ての計画を変更しない条件の、2 つの条件で行った。

これらの実験から得られた結果より、リンクパラメータが与えられた下で各拠点が導出する最適化問題の解の質だけでなく、リンクパラメータの値をどう取るかで、サプライチェーン全体の運用結果が変動することと捉えることができた。

## 5. 結論

本研究では、部分問題を繋ぐパラメータをリンクパラメータと見なし、その値を変化させることで、サプライチェーン運用の結果も変化することを示した。

## 参考文献

- [古賀 16] 古賀 康隆, 吉田 聡, 貝原 俊也, 藤井 信忠: グローバルサプライネットワークにおける拠点配置設計に関する研究 (在庫を考慮した最適拠点配置決定手法の提案), 日本機械学会論文集 Vol. 82 No. 835 p. 15-00415 2016.
- [西 03] 西 竜志, 小西 正躬, 服部 雄高, 長谷部 伸治: 単一工程生産システムのサプライチェーン計画問題に対する分散協調型最適化法, システム制御情報学会論文誌 Vol. 16 No. 12 P 628-636 2003.
- [Furukawa 16] Furukawa, T., Nonaka, T., Mizuyama, H.: A GWAP Approach to Analyzing Informal Algorithm for Collaborative Group Problem Solving, In HCOMP 2016