

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：37702

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14987

研究課題名（和文）経営環境の変化に対する柔軟性と各拠点の利益性を構えた統合生産計画手法の開発

研究課題名（英文）An integrated production planning method with flexibility and profitability in global supply chain

研究代表者

黄 茜（Huang, Qian）

第一工科大学・工学部・講師

研究者番号：60769298

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、グローバルな生産計画とサプライチェーンの再設計に着目し、特定の拠点に負担が集中しないように、経営環境の激変に対応できる頑健かつ柔軟な製造・物流・販売計画モデルを構築した。また、各拠点の不採算リスクを考慮した統合生産計画支援システムの研究も行った。この統合モデルが全体の利益増加に寄与できることを検証し、サプライチェーン全体の利益最大化と各拠点の不採算リスクの最小化を実現する仕組みを確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、分離された製造・物流・販売プロセスを一体化させることで、拠点間のリソース配分を最適化する新たなモデルを提案した。さらに、多次元非線形モデルを混合整数計画問題に変換することで、経営会議において短時間で複数のシナリオを検討できる統合生産計画手法を開発した。本研究の成果が社会で活用されることにより、グローバル企業のような組織において、企業全体と個々の部門・各拠点のバランス調整に向けた参考となることを期待する。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on the redesign of global production planning and supply chains, constructing a robust and flexible manufacturing, logistics, and sales planning model that prevents the concentration of burdens on specific locations and can adapt to drastic changes in the business environment. We also researched an integrated production planning support system that considers the risk of unprofitability at each location. We verified that this integrated model can contribute to the overall profit increase and established a mechanism to maximize the profitability of the entire supply chain while minimizing the risk of unprofitability at each location.

研究分野：経営工学

キーワード：製造・物流・販売計画 混合整数計画問題 全体最適化 採算性

1. 研究開始当初の背景

近年、経営環境の不確実性は非常に高まっており、諸外国の市場需要や為替レート、さらに環境規制、貿易条件などが予期しない変化を起こすことも多く、個々の事業拠点のコスト増加や売上減少に繋がっている。予測不能な環境変化によってある拠点到しわ寄せが行き、不採算経営が続いた場合、拠点事業が破たんする恐れがあり、拠点到投じられた資金、資源、労力の浪費になるため、非常に深刻な問題と考えられる。

そのため、グローバルに生産・販売拠点をを持つ製造業の多くは、経営環境の不確実性を考慮に入れたサプライチェーンの再設計に取込んでいる。サプライチェーンの再設計問題は以前から研究されてきたが、主に数理手法であるの視点で全体利益の最大化モデルの構築やアルゴリズムの開発に焦点が当たっていた。

しかし、SC 全体の期待利益が如何に優れていても、各拠点での考慮や拠点間の連携が足りなければ、拠点間で利益の過度の不平準化が生じてしまう。特に、経営環境の激しい変化により、対応能力の弱い拠点がさらに弱くなっていく恐れがある(例えば、需要/為替レートの変化により、もともと微小であった拠点の収益が消滅するなど)。弱い拠点が継続的に不採算を発生し、企業全体の収益性は外から見るときは確保されていたとしても、SC 内部の資金、資源、労力バランスは悪化していることになる。

そこで、グローバルな生産計画とサプライチェーンの再設計に着目し、特定の拠点到負担が集中しないように、経営環境の激変に対応できる頑健かつ柔軟な製造・物流・販売計画モデルを構築する必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、経営環境の激変に対して頑健かつ柔軟な製造・物流・販売計画モデルを構築すると共に、各拠点の不採算リスクを考慮した同時決定の統合生産計画支援システムを研究・開発することを目的とする。これにより、サプライチェーン全体の利益最大化と共に、各拠点の不採算リスクを最小化する仕組みを確立することが可能である。この目的実現のため、本研究では、まずグローバル需要変動に対する生産能力制約を考慮した生産・販売計画を構築する。さらに、経営階層の価格要素の活用による拠点到不採算性発生の抑制に関する検証をする。

グローバルな経営環境が大きく変動するようになり、各拠点の運営費用が変わっている。経営階層が決める販売価格、取引価格が拠点の不採算性を決める要因になっている。元々固定値として設定された価格要素も新たなパラメータとして計画モデルに入れることによって、他要素と同時設定による全体利益が確保できながら拠点の不採算発生を抑制することができる。

3. 研究の方法

研究目的を達成するために、以下のアプローチで研究を進める。

(1) グローバル需要変動に対する生産能力制約を考慮した生産・販売計画の構築

製造・販売プロセスを分析し、抽出された経営要素から製販モデルを構築する。さらに、需要の不確定関数による経営シミュレーションを行い、実験を通して統合計画の優位性を明らかにする。フィッシュボーン・チャートを利用し、企業の製造・販売プロセスにおけるアクティビティを重要順で並び替え、上位のアクティビティに基づく各プロセスのコスト関数を表す。そして、各生産拠点で多品種の製品が生産され、その品種の割合や生産量によって各生産拠点の製造コスト単価が変化すると想定し、そのもとで、確定した需要量が期首に与えられた後に追加生産を行う動的な環境を想定しモデルも検討する。このようにして決定されるグローバル生産計画案自体が適切な結果となるように、適切なコスト関数を用いて生産・販売計画案の評価を行う。

(2) 経営階層の価格要素の活用による拠点の不採算性発生の抑制に関する検証

事例調査から得られるサプライチェーンリスク(拠点の不採算性発生)の具体的な事例と、様々な産業を対象とする文献調査によって列挙されるリスクの要因を洗い出し、最も関係がある要因(定価問題)に焦点を当てる。拠点間の取引価格と販売拠点の販売価格は元々固定されていたが、ここでは、頑健かつ柔軟な製造・物流・販売計画モデルを構築するために、一部分の固定機能を取り出し、複数の意思決定階層を跨ぐ統合生産計画支援システムを開発する。

移転価格は、工場子会社と販売子会社間の利益の境界になる。適切な移転価格の選択を通じて、製造子会社と販売子会社の調整を支援することができる[1] [2]。[3]はモデルでコストプラス移転価格法を採用している。彼らは生産および流通計画を同時に考慮した利益最大化モデルを構築し、マークアップを変数として扱っている。子会社間でマークアップが異なると、製造業者の総利益も異なることがわかった。しかし、マークアップを変数とする場合、市場への販売価格

はモデルに対する外生的かつ事前に決定された入力となっている。本研究では、生産計画における移転価格が工場と販売子会社の両方に関連していると考えている。そのため、生産計画における移転価格は、生産量、販売価格、販売量などの生産要素と同様に、販売要素と同時に決定する。

また、取扱うデータ数の増加に伴って最適解の導出に必要な計算量が非常に膨大となるため、現実的な時間内での厳密解の導出が困難となる。そこで、数理計画ソルバーを用いて近似解導出アルゴリズムの適用によって、計算資源の不足という問題に対処する。

4．研究成果

(1)

本研究ではまず、操作変数とコスト関数の両方を用いた統合生産能力および販売規模計画手法を提案した。実際の企業運営に近づけるために、設備の固定費および労働の変動費を含む運用時間ベースで製造プロセスのコスト関数を設計した。販売プロセスのコスト関数は、ルーティングに応じた関税、販売規模による在庫コスト、および沈没費用を変動させることで構築した。本モデルを使用した数値実験の結果、経済成長環境において、統合手法が分離手法よりも優れていることが証明された。また、市場の感度が高まることで、提案手法の有効性がより明確になったことがわかった。

ビジネスの観点から、提案された統合モデルは、意思決定者がグローバル生産ネットワークの最適化された生産計画を準備する際に、製造部門と販売部門を同時に調整するのを支援することを目的としている。この統合アプローチは、販売プロセスの意思決定要因として販売価格を考慮しており、今日の中長期的な企業の意思決定において非常に重要である。さらに、販売規模と同時に生産能力が決定されるため、余剰生産能力への投資を避け、適切な生産計画を通じてグローバル生産ネットワークの利益を増加させる機会を提供できる。

(2)

次に、グローバル生産計画の運用において、移転価格の決定および為替レート考慮の制約を含む数理最適化モデルを提供した。提案されたモデルは、総利益の増加や子会社間の利益調整に効果的である。さらに、為替レートの制約を追加したことで、総利益はわずかに減少したが、不採算になった子会社の数が大幅に減少した。この結果は、本研究の提案手法がグローバルサプライチェーンネットワークの強靱性を効果的に向上させ、ネットワーク内の弱小子会社を支援し、グローバル製造業の長期的な利益のために共有成長を達成できることを示している。

<引用文献>

- [1] Heath, H., & Huddart, S. Slotta. (2009). Transfer Pricing. International Strategy: WBA, 434.
- [2] Hammami, R., & Frein, Y. (2014). Redesign of global supply chains with integration of transfer pricing: Mathematical modeling and managerial insights. International Journal of Production Economics, 158, 267-277.
- [3] Miller, T., & Matta, R. (2008). A global supply chain profit maximization and transfer pricing model. Journal of Business Logistics, 29, 175-199.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Huang Qian、Ohmori Shunichi	4. 巻 14
2. 論文標題 A Study on Transfer Pricing and Production Considering the Fairness of Profit	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Operations and Supply Chain Management: An International Journal	6. 最初と最後の頁 496～506
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.31387/oscm0470319	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Huang Qian、Ohmori Shunichi、Yoshimoto Kazuho	4. 巻 14
2. 論文標題 Incorporating Transportation Mode Decisions into Production-Shipping Planning: Considering Shipping Consolidation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Operations and Supply Chain Management: An International Journal	6. 最初と最後の頁 62～72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.31387/oscm0440286	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Huang Qian、Weng Jiahua、Ohmori Shunichi、Yoshimoto Kazuho	4. 巻 19
2. 論文標題 A Routing Problem in Global Production Planning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Industrial Engineering & Management Systems	6. 最初と最後の頁 335～346
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7232/IEMS.2020.19.2.335	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 黄茜、李瑞雪	
2. 発表標題 企業の国際分業と貨物鉄道輸送に関する研究	
3. 学会等名 第69回日本経営システム学会予稿集	
4. 発表年 2022年	

1. 発表者名 黄茜、大森峻一
2. 発表標題 グローバル企業グループ内の利益の公平性を考慮したサプライチェーン計画に関する研究
3. 学会等名 日本生産管理学会第56回全国大会予稿集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Qian Huang and Shunichi Ohmori
2. 発表標題 A Study on Transfer Pricing Considering Fairness and Profitability
3. 学会等名 International Conference on Operations and Supply Chain Management (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------