

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560484

研究課題名(和文) グローバル生産のためのサプライチェーンを対象とした同時最適化システムの開発

研究課題名(英文) Development of Simultaneous Supply Chain Optimization System for Global Production

研究代表者

西 竜志(Nishi, Tatsushi)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：10335581

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：複数の部品供給者、生産者、地域販売者から構成されるグローバルサプライチェーンをモデル化し、サプライヤの部品品質リスクと需要変動を考慮して、サプライヤ選択と生産計画を同時に最適化することのできるゲーム理論的アプローチに基づく最適化アルゴリズムを開発した。生産者と販売者の非協力関係を考慮したStackelberg解をサプライチェーン全体の最適解に近づけるための最適な契約について検討した。これらの成果はグローバルサプライチェーンにおける生産計画や契約決定を合理的に決定するための新しい方法論であり、その有効性を実データで検証し、解を高速に計算するためのアルゴリズムに関する有用な知見を得た。

研究成果の概要(英文)：A global supply chain model consisting of multiple suppliers, manufacturer and regional retailers was developed. A simultaneous optimization algorithm for production planning and contract decision under supplier's risk and uncertain demands was proposed. An optimal contract decision for Stackelberg solution of supplier and manufacturer to be close to a global optimum was studied. The study is related to the development of new optimization approach to planning and contract decision of global supply chains. Based on the experimental results on real data, useful finding was provided for the development of efficient algorithms to solve these problems.

研究分野：システム工学

科研費の分科・細目：電気電子工学

キーワード：グローバルサプライチェーン 生産計画 不確実需要 同時最適化 国際輸送問題 外部近似法 契約決定 混合整数非線形計画問題

1. 研究開始当初の背景

生産のグローバル化に伴い、受注から調達、生産、配送のトータルな最適化を目指して、大規模生産を可能とする最適化技術が進展している。そこでは、ロジスティクス最適化やサプライチェーンマネジメントなどのシステム技術が数多くの企業に導入され、企業の効率的経営や収益増加、コスト削減に重要な役割を果たしている。また、製造業の海外進出により、製品の調達、製造、販売を構成するグローバル生産のためのサプライチェーンでは、個々の企業による効率化のみでなく、企業間契約の決定や環境負荷を軽減したサプライヤ選択、製造者、販売者などの国内外を含むサプライチェーンを構成する企業間の生産と物流の同時最適化が不可欠である。

従来のサプライチェーン計画では、最適なサプライヤ選択や企業の生産計画、物流計画、生産スケジューリングは個別に行われてきた。すなわち、経営計画や需要予測、販売計画をもとにして製品価格が決定され、資材調達計画、生産計画、在庫管理、配送計画が階層的に行われている。また、対象となる決定のタイミングによって、長期間を対象とした戦略計画(strategic planning)、中期間を対象とした戦術計画(tactical planning)、短期間を対象とした運用計画(operational planning)が行われる。しかしながら、最近では、RFIDや携帯端末などの情報技術の進展により、正確な情報がリアルタイムに得られることから、複数企業から構成されるグローバル生産のためのサプライチェーンにおいては、需要の不確実性を考慮して、短期的な製品価格の調整、物流や生産の再計画、企業間契約の見直しなどが求められる。

2. 研究の目的

以上を踏まえて、本研究では、グローバル生産のためのサプライチェーン計画に関する決定支援を目的として、サプライチェーンの同時最適化問題のモデリングと解法アルゴリズムの構築に関する研究を行った。これらを実現するために、同時最適化問題を効率良く解くための分解法による高速な最適化アルゴリズムを開発するための基礎理論の構築と実問題への応用を目的とした。

3. 研究の方法

以下の方法、および手順により研究を進めた。

- 1) グローバル生産のためのサプライチェーンシミュレーションと同時最適化モデルの基礎検討
複数の国際生産拠点と国際物流拠点に及ぶグローバルサプライチェーンを想定し、企業間の意思決定で必要となる

同時最適化問題のモデリングを行った。企業間契約決定を内包した生産計画問題のモデリング、グローバルロジスティクスとグローバル生産の統合モデル、配送計画と考慮したサプライチェーンの供給拠点配置問題に対し、同時最適化問題をモデル化した。

- 2) 同時最適化アルゴリズムの基礎検討
モデル化された問題に対して、階層分解法や離散事象システムの分解と調整によるスケジューリング手法、同時最適化アルゴリズムを開発する。
- 3) 開発したアルゴリズムの実問題への適用
開発したアルゴリズムを実問題のデータへ適用し、アルゴリズムの性能を評価する。
- 4) 不確実性によるリスクへの対応方法の検討
需要の不確実性や製品供給のリスクを考慮した不確実性への対応方法を検討する。
- 5) 開発したアルゴリズムの評価
アルゴリズムの性能評価を計算複雑性理論、および数値実験の両面から検討する。対象とする問題は、現実問題だけではなく、最適化問題における基礎問題に対しても行う。

4. 研究成果

- 1) 不確実需要下で数量割引を考慮した取引契約の下でのサプライチェーン計画問題に対し、外部近似法とヒューリスティクスを組み合わせた効率の良い解法のアルゴリズムを与えた。開発したアルゴリズムと、分枝限定法と非線形計画法を組み合わせた従来法との性能比較を行った結果、上界値算出に逐次二次計画法を採用した提案手法によって、小規模問題では最適解が得られること、および大規模問題では上界値算出にヒューリスティック解法を採用した方法が有効であることを確認した。
- 2) グローバルサプライチェーンを対象として、国内輸送と海外輸送を同時に考慮した分割集荷配送計画問題をモデル化し、列生成法とヒューリスティクスを採用した新しい解法のアルゴリズムを開発し、そのアルゴリズムが高い求解性能を有することを実データにより確認した。
- 3) 需要の不確実性を考慮した生産計画と倉庫配置計画の同時最適化アルゴリズムを開発した。提案手法を品目数 25、置場数 65 の実問題へ適用した結果、双対ギャップ

プ1.2%程度の準最適解が得られることを数値実験により確認した。

- 4) グローバルサプライチェーンを対象として、複数のサプライヤ、生産者、販売者の3層から構成されるサプライチェーンネットワークの数理モデルを構築した。サプライヤの部品品質に関するリスクと需要変動に関するリスクを同時に考慮して、サプライヤ選択と生産計画を同時に最適化することのできるゲーム理論的アプローチに基づく最適化アルゴリズムを開発し、需要変動量と部品品質のリスクが最適化結果に与える影響を考察した。

- 5) 生産者と販売者の多期間生産計画問題を対象として、非協力関係を考慮したStackelberg解を解析し、Stackelberg解をサプライチェーン全体の最適解に近づけるための最適な契約方法について検討した。

以上の研究成果は不確実需要下において、差グローバルサプライチェーンにおける配置計画や契約決定などの長期計画と短期計画を同時に考慮した問題に対する有効な最適化手法であり、新しい最適化技法の導入とアルゴリズムの有効性を実データにより示したという点で大きな意義がある。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件)

- 1) 西竜志, 殷思思, 山崎修平: 数量割引を考慮した不確実需要下におけるサプライチェーン計画問題の解法, 日本機械学会論文誌C, Vol. 77, pp. 4325-4338, 査読有(2011)
- 2) Sisi Yin, Tatsushi Nishi, Tsukasa Izuno: A heuristic Approach for international crude oil transportation scheduling problems, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol. 6, No. 5, pp. 687-702, 査読有(2012)
- 3) Sisi Yin, Tatsushi Nishi: A solution procedure for mixed integer nonlinear programming formulation for supply chain planning with quantity discounts under demand uncertainty, International Journal of Systems Science, 査読有, 採録決定済(2014)
- 4) Tatsushi Nishi, Tsukasa Izuno: Column generation heuristics to ship routing and scheduling problems with split deliveries, Computers and Chemical

Engineering, Vol. 60, pp. 329-339, 査読有(2014)

- 5) 西竜志: グローバルサプライチェーンに関する研究動向, システム/制御/情報, Vol. 57, No. 3, pp. 108-113, 査読有(2013)

[学会発表] (計8件)

- 1) Sisi Yin and Tatsushi Nishi: Incorporating contract decision for supply chain optimization, The 44th CIRP Conference on Manufacturing Systems (2011)
- 2) Sisi Yin, Tatsushi Nishi and Tsukasa Izuno, A heuristic approach for international crude oil transportation scheduling problems, International Symposium on Scheduling 2011 (2011)
- 3) 殷思思, 西竜志: 不確実性を考慮したグローバル生産のための生産計画問題に対するゲーム論的アプローチ, 日本機械学会生産システム部門講演会 2012, (2012)
- 4) Tsukasa Izuno, Tatsushi Nishi and Sisi Yin: Column generation for split pickup and delivery vehicle routing problem for crude oil transportation, International Symposium on Flexible Automation (2012)
- 5) Guoqing Zhang, Sarina Turner and Tatsushi Nishi: An integrated strategy for a production - layout problem, Scheduling Symposium 2012 (2012)
- 6) Keisuke Oga, Tatsushi Nishi, Guoqing Zhang and Sarina Turner: Lagrangian relax and fix heuristics for integrated production planning and warehouse layout problem, 2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (2013)
- 7) Sisi Yin, Tatsushi Nishi and Guoqing Zhang: A game theoretic model to manufacturing planning with single manufacturer and multiple suppliers with asymmetric quality information, Procedia CIRP, Vol. 7, pp. 115-120 (2013)
- 8) 殷思思, 西竜志: 不確実需要と非対称情報下におけるサプライヤ選択を考慮したサプライチェーン計画モデル, 生産システム部門研究発表講演会 2014 (2014)

[図書] (計 1 件)

- 1) 貝原俊也, 谷水義隆, 西竜志, 企業間の
戦略的提携, マルチエージェント交渉に
よる次世代 SCM, 朝倉書店 (2011)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

該当なし

○取得状況 (計 0 件)

該当なし

[その他]

ホームページ等

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西 竜志 (NISHI TATSUSHI)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号 : 10335581

(2) 研究分担者

該当なし ()

研究者番号 :