

令和元年6月18日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01194

研究課題名（和文）供給リスク低減のための数理モデル化手法による新規契約理論の開発

研究課題名（英文）Develop a new contract policy to reduce supply risk using mathematical model

研究代表者

嶋崎 真仁（Shimazaki, Masahito）

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号：40293138

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は企業間の提携によりサプライチェーンにおける供給リスクを低減するための生産在庫政策および契約評価メカニズムの開発を行なうことが目的である。生産者と小売業者の2段階サプライチェーンにおいて、生産側は天候等に伴う供給リスク、小売り側は需要リスクにそれぞれ直面するとき、最適な生産・在庫政策を明らかにした。さらに、秋田県内の農家を調査し、入手可能なデータや契約状況について把握した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

サプライチェーン上に存在するリスクを低減するためには、リスクの所在を認識するだけでなく、リスクのある箇所に対して適切なリスク低減策を講じる必要がある。本研究から得られる生産・在庫政策は農水産品や電子、化学製品など供給リスクに直面する様々な産業に対して応用可能であり、現実に企業が行なっている方策が適切であるかどうかを評価する理論モデルを提示するという観点から、学術的のみならず社会的にも意義がある。特に、多期間にわたる生産在庫モデルの構築から得られる最適政策は企業のサプライチェーンの持続可能な発展に繋がるといえる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to develop a production inventory policy and contract evaluation mechanism to reduce supply risk in the supply chain through coordination among firms. In the two-stage supply chain of producers and retailers, we formulate a stochastic inventory model with uncertainties in both supply and demand and show an optimal ordering policy. Moreover, we survey farmers in Akita Prefecture and investigate available data and contract status.

研究分野：複合領域，社会・安全システム科学，社会システム工学・安全システム

キーワード：サプライチェーン 企業間提携 供給リスク 数理モデル 在庫管理 農業

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、企業のサプライチェーン(SC: Supply Chain)のグローバル化が進展しており、自然災害をはじめ、企業はさまざまなリスクに直面している。調達先の集中化は規模の経済を期待できる一方で、リスク発生の際に生産活動が止まる脆弱性をもつ。そのため、効率性と頑健性のトレードオフを意識したSCの再構築が必要不可欠となっている。需要予測の失敗や欠品、配送遅延などによるSCの混乱に関しては過去のデータを用いてリスクを定量化し、管理することが可能である。しかし、自然災害やテロなどの発生する可能性は低いが、ひとたび起こると甚大な影響を及ぼすリスクの定量化は困難であり、このようなリスクへの対策が緊迫の課題である。そのために、緊急に備えた情報システムの再構築やSCネットワークの再構築、原材料や部品の共通化、契約による企業間協調等々の強力な推進が求められる。

2. 研究の目的

本研究では、企業間の提携により供給リスクを低減するための生産在庫政策および契約評価メカニズムの開発を行なうことが目的である。主に、確率制御理論を用いて数理モデルを構築することで、企業ごとの最適政策を求め、供給リスクの低減に対する効果を解明する。さらに、自然災害の影響を受けやすい農産業を想定して事例研究を行い、構築した数理モデルを検証することで学術的な貢献のみならず、企業経営をサポートする実社会への貢献を目的とする。

3. 研究の方法

供給リスクを考慮した生産在庫モデルの研究は Omega や International Journal of Production Economics など欧米の経営工学関連学術雑誌で近年取り扱いが増えている。本研究では、直近の生産者と卸業者の協調型在庫モデルを扱う論文である Keren(2009)および Le et al. (2012)を出発点とし、供給リスクだけでなく需要リスクも考慮した多期間モデルへ拡張する。まず、卸業者からの受注量を所与とした場合の生産計画を求め、得られた生産計画を制約条件とする卸業者の多期間モデルをインパルス制御モデルとして定式化する。インパルス制御理論については、分担研究者のこれまでの研究で用いた手法が応用可能である。両業者が協調しない場合のモデルと比較することで、提携による双方の費用の削減可能性を明らかにする。さらに、複数の生産者と複数の小売業者からなるサプライチェーンネットワークにおいて、供給リスクの低減対策としてバックアップサプライヤを用意することの効果の評価のためにモデルの拡張を試みる。

また、秋田県内を中心に、これまでに行なわれた直接取引または契約栽培に関連する事例および農産物の企業データ、新聞や記事などの公開情報や関連する市場データ等を整理する。データの整備後、天候や伝染病などのリスクによる生産量の減少および市況の高騰に対して、どのような取り組みが行なわれてきたか分析する。

4. 研究成果

(1) 供給契約を考慮したサプライチェーンモデルの研究

本研究では、生産者と小売業者の2段階サプライチェーンにおいて、生産側は天候などに伴う供給リスク、小売側は需要リスクにそれぞれ直面するとき、双方が小売業者の発注量を通じて協調することが、サプライチェーン全体のコスト削減に有効であるかを議論した。生産者と小売業者が契約の下で独立に意思決定する場合と両者が協調して意思決定する場合の多期間の協調型生産在庫モデルをインパルス制御問題としてそれぞれ構築した。ここでは、各者の契約は卸売契約と不足時のペナルティ契約の2種類を扱う。卸売契約とは、卸価格が生産者によって設定される契約であり、ペナルティ契約とは供給リスクにより小売業者の希望する数量が供給されなかった場合に生産者に対して不足費用を請求することのできる契約である。このとき、各モデルにおいて最適な小売業者の発注政策が(s, S)型の発注点方策として与えられることを明らかにした。また、数値計算により、各者が協調する方がしない場合よりもコスト削減に有効であることを示した。各者の協調が困難である場合には、卸売契約よりもペナルティ契約の方が供給リスクの高い場合には、サプライチェーン全体のコスト低減において有効であることを示した(図1を参照)。この成果は A stochastic inventory model for a random yield supply chain with wholesale-price and shortage penalty contracts のタイトルで、学術雑誌 Asia-Pacific Journal of Operational Research に掲載された。

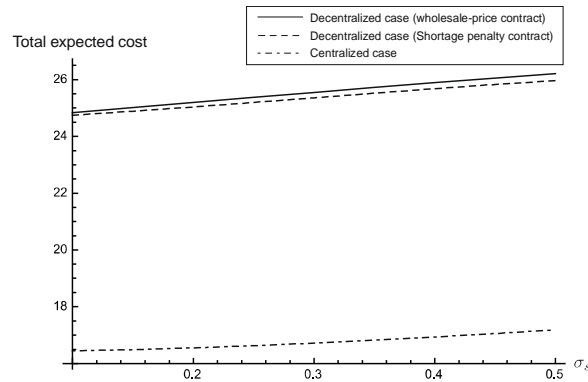


図 1. 各契約に対する供給リスクと総費用の関係

(2) 複数の供給元選択を考慮したサプライチェーンモデルの研究

複数の供給業者と小売業者からなる 2 段階サプライチェーンにおいて、自然災害等により供給が途絶するリスクがある場合の在庫政策について研究を行った。まず、1 期間の在庫管理モデルを構築し、各供給地点の生産費用と途絶リスクの情報をもとに、小売業者の在庫量に応じてどのサプライヤをバックアップサプライヤとして活用すべきかを判断するための新たな指標を提案した。図 2 は、費用は高いが途絶リスクが低い供給業者 2 と費用は安いが途絶リスクが高い供給業者 3 との間での最適なサプライヤ選択方策を示している。横軸は供給業者 3 の供給リスクに対する信頼率、縦軸は小売業者の在庫量である。在庫量が少ない場合には、小売店の品切れを防ぐ必要があるため、途絶リスクの低い供給業者 2 を優先的に選択することが最適である。また、供給業者 3 は費用が低いいため、信頼率（非途絶率）が増加するとともに、供給業者 2 と併用して用いられる。特に、在庫量に比較的余裕のある場合には、供給業者 3 が単独で用いられる結果となっている。さらに、多期間モデルに拡張することで、需要地点の需要量をもとに供給ネットワークを時間とともに柔軟に切り替えることで生産在庫費用が削減できることを明らかにした。これらの成果を Dynamic inventory control model with flexible supply network のタイトルで、学術雑誌 Journal of the Operations Research Society of Japan に掲載された。

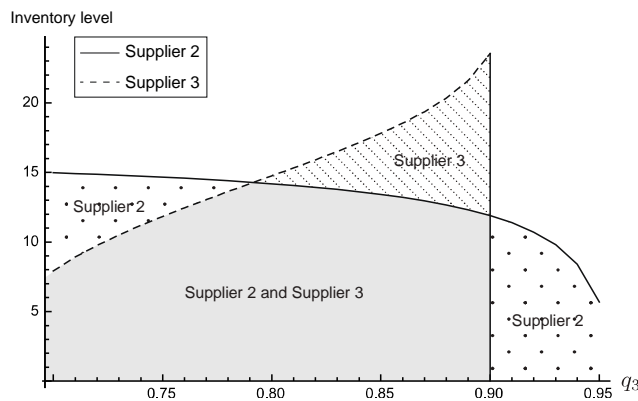


図 2. 供給途絶リスクと最適発注政策の関係

(3) 農産物サプライチェーンにおける流通チャネル選択に関する研究

この研究では、農家、農協および卸からなる農産物のサプライチェーンにおいて市場価格および生産量の不確実性の下で農家の収益最大化を目的とした最適化モデルを確率的動的計画法によって定式化し、最適な出荷政策を導出した。この結果、農協と直接販売を適切に併用することで農家の収益が向上することが確認された。特に、市場価格の分散が大きい場合、直接販売を活用すべきであることを示した。この成果は、2019 年 3 月に開催された日本経営工学会の生産・物流部門第 6 回産学交流ワークショップにて報告した。

(4) 農産物サプライチェーンの事例調査

農産物の直接取引に関するヒアリングや公開データの整理を行った。秋田県の由利牛および比内地鶏のサプライチェーンを調査し、入手可能なデータや契約状況について把握した。また、JA における取引データを収集するとともに、農家（生産者）と JA、さらには JA と卸売業者との間で締結されている契約内容をヒアリングした。この調査により、農協と複数の市場との間

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

の価格決定プロセスや農協および道の駅に出荷される農産物の特徴が明らかとなった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 4 件)

Sato, K., Yagi, K. and Shimazaki, M., A stochastic inventory model for a random yield supply chain with wholesale-price and shortage penalty contracts, *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 35(6), 1850040, 2018. DOI:<https://doi.org/10.1142/S0217595918500409>, 査読有.

佐藤公俊, 中本達也, 中島健一, スーパーマーケットにおける生鮮食品の最適値引き戦略に関する研究, *日本経営工学会*, 69(2), 77-83, 2018. DOI:<https://doi.org/10.11221/jima.69.77>, 査読有.

Sato, K. and Takezawa, N., Dynamic inventory control model with flexible supply network, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 61(2), 217-235, 2018. DOI:<https://doi.org/10.15807/jorsj.61.217>, 査読有.

Nishide, K. and Yagi, K., Investment under regime uncertainty: Impact of competition and Preemption, *International Journal of Industrial Organization*, 45, 47-58, 2016.

[学会発表](計 6 件)

平塚大輝, 佐藤公俊 (2019年3月9日) 農産物サプライチェーンにおける流通チャネル選択に関する研究, JIMA 生産・物流部門第6回産学交流ワークショップ, ホテルサンルート梅田.

Cong, Z., Sato, K., Hirai, H. and Nakashima, K. (December, 5-8, 2018). Optimal Production Policy for a Closed-Loop Supply Chain System with Disruption Risks, The 19th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems (APIEMS 2018), The University of Hong Kong, Hong Kong, China.

佐藤公俊, 竹澤直哉 (2016年11月) 供給ネットワークの柔軟性と在庫管理モデル, 日本リアルオプション学会研究発表大会 (JAROS2016), 中央大学.

佐藤公俊 (2016年7月) 供給に柔軟性をもつリーン生産在庫モデルとリスク低減について, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 第12回リーンマネジメントシステム, 第6回アグリサプライチェーンマネジメント合同研究会, 琉球大学.

K.Sato, K.Nakashima and H.T.Ting (December 2015). Optimal Safety-stock Policies for a Supply Chain under Forecast Errors, Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, Ho Chi Minh City, Vietnam.

澁谷透, 嶋崎真仁 (2015年11月). 地域製造業の新規生産受注獲得戦略について, 日本情報経営学会全国大会, 尾道市立大学.

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：佐藤 公俊

ローマ字氏名：Kimitoshi Sato

所属研究機関名：神奈川大学

部局名：工学部

職名：准教授

研究者番号(8桁)：60609527

研究分担者氏名：八木 恭子

ローマ字氏名：Kyoko Yagi

所属研究機関名：首都大学東京

部局名：経営学研究科

職名：准教授

研究者番号(8桁)：80451847

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。