

論文要旨(和文)

本研究では、サプライチェーンのプロセスを研究開発、調達、製造、物流、販売の 5 つの段階に分け、研究開発を除いた 4 段階に対して最適化の観点からいくつかの対策を提案した。具体的には、調達においては内製か外注か(Make or buy)の意思決定の問題、製造では設備投資の意思決定問題、物流においては製造と販売を結ぶ販売契約の問題、販売においては需要予測の問題をそれぞれ取り上げ、各種意思決定におけるリスク対策の意思決定の方法を提案し、評価を行っていた。

内製か外注かの意思決定問題では、既存研究の個別製造プロセスの分析を、全プロセスを含む問題として一般化し、複雑な多段階製造プロセスにも対応できるようにした。この問題では、与えられた固定費用、変動費用、損益分岐点と生産量の関係、および部品の価格間の関係を用いて、解法の指針となる定理を提案し、解析的な証明をした。設備投資の意思決定問題においては、いままでの経済性工学を用いた最適な設備更新時期決定モデルを拡張し、故障リスクを考慮した意思決定モデルを提案した。ここでは、製品のメンテナンスを一定期間の余裕を持たせて打ち切ること(EOS: End of Service)に着目し、継続使用期間中の設備故障リスクからの期待損失を VaR (Value at Risk) と確率分布で与え、リスクを考慮した最適な設備更新時期を分析・評価した。製造と販売を結ぶ販売契約の問題では、オプションを用いた販売契約問題を取り上げ、コールオプション、プットオプションを用いた際の最適な初期購入量、およびオプションの行使量を提案した。さらに、この最適な意思決定は、オプション価格などパラメータに対して感度分析を行った結果、必ずしも常に最適解を与えるとは限らず、一定区間においては従来のモデルより悪い結果になることを突き止め、今までオプションモデルが常に優位であるという常識を覆した。最後に、需要予測の問題では、新しい需要予測の手法として、予測市場モデルおよびダイナミックキュービックニューラルネットワーク(Dynamic Cubic Neural Network)を提案した。予測市場モデルでは、予測市場で繰り返し行われる予測証券の売買において、証券の価格が常に収束していくのかという点に着目し、証券売買に参加する人間の代わりにコンピュータ上のエージェントを設計し、情報収集能力、個人の性格によりエージェントを分類し、予測に参加するエージェントの割合によって証券の価格(予測値)が収束しないことを示し、予測市場の手法を用いた需要予測においては、専門知識、情報収集能力、性格などを考慮して予測に参加する人を選ぶべきであることを示した。また、Dynamic Cubic Neural Network では、従来のバスモデルのアイデアをもとに、Neural Network を革新者レイヤーおよび模倣者レイヤーの 2 レイヤーに分け、各レイヤーにはそれぞれ入力と出力、そして中間層の 3 階層ニューラルネットワークを構築した。ここでは、需要のモメンタムという新しい概念を導入して更新の増減を計算し、10 種類のデジタルカメラを対象に学習をさせた後、ランダムに生成した新しい販売データを用いて予測を行い、提案モデルが従来の ANN 手法より誤差が少なくなることを示した。

Abstract (English)

A supply chain is a set of individual and cross-functional business processes from upstream to downstream, which can also be thought of as a combined value chain for the whole optimization of the processes. It usually involves R&D, procurement, production, distribution and retail, and offers various opportunities to optimize the combined business processes. For the optimization to be possible, supply chain management(SCM) has a key step for risk control. It is a fact that the supply chain cannot be optimized unless the risk is controllable, so that supply chain risk management (SCRM) is attracting significant attention in the study of business management. However, in recent years, the types of risk have been extremely diversifying due to complicated SCM and rapidly changing business environment, such as the diversity of customer needs, the shortened product life-cycle, globalization, the complexity of a production system, and so forth. Furthermore, such as derivative risks, it is not easy to recognize when and which risks occur. Exactly, the risk defined as generally possible loss or a likelihood of a threat comes from not knowing what the main causes are. For this reason, the SCRM is getting difficult, and also requires more practical responses from the various viewpoints.

The objective of this dissertation is to propose a set of approaches for the SCRM focusing on individual and cross-functional processes in a supply chain. We first extract and analyze core risk drivers leading to direct and indirect risks in Chapter 2. The total number of 10,181 articles from 68 international journals during the past four decades has been reviewed for the work. We extracted 133 supply chain risk drivers, and analyzed types of the risk and the associated impacts, as well as the trends. Then in Chapter 3, we developed an economic make-or-buy decision model in multistage production processes, and proposed a solution procedure that specifies an economic making or buying area based on the break-even analysis. In Chapter 4, we examined the optimal replacement time of production equipment under failure uncertainties. We designed flexible supply models using financial options in Chapter 5. In details, we formulated a single-period two-stage decision-making model for analyzing four types of supply contracts. Moreover, by numerical examples, we showed comparative advantages and risks between the contracts. In Chapter 6, we designed a prediction market using a multi-agent system(MAS), and analyzed a price convergence. We also discussed the results related to parameter dependency of various agents. In Chapter 7, we proposed a dynamic cubic neural network(DCNN) with demand momentum for a demand forecasting. In our model, the output scope of the activation function of hidden layer is modified for every period, according to the demand momentum which is defined by demand inertia and price acceleration plays a key role in adjustment of output in iterative learning processes. We finally provided a brief summary of our conclusions in Chapter 8, in addition to discussion for the future of a supply chain.