

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22700233

研究課題名（和文）

確率・ファジィ要因を適用した数理的リスク管理手法による生産量管理モデルの開発

研究課題名（英文）

Development of Modeling for Production Management with Random and Fuzzy Factors Based on Mathematical Risk Management Approaches

研究代表者

蓮池 隆 (HASUIKE TAKASHI)

大阪大学・大学院情報科学研究科・助教

研究者番号：50557949

研究成果の概要（和文）：企業における最適な生産量管理において、製品生産、輸送、在庫管理までを統合的に扱う数理モデルを構築した。さらに、消費者の需要、輸送途中での交通状況の変化といった不確実性や、人間心理や情報の質の解釈における不確実性を考慮し、それらを確率理論・ファジィ理論を用いることで、発生するリスクを管理する数理モデルへと拡張した。加えて、定式化された問題を解くための効率的でかつ厳密なアルゴリズムを開発した。

研究成果の概要（英文）：A mathematical model integrating production, transportation and inventory management has been constructed in terms of optimal production management in the company. Furthermore, this model has been extended to a risk management model under randomness derived from uncertainty of consumers' demands and traffic conditions, and fuzziness derived from human's subjectivity and interpretation of linguistic or verbal information. In addition, the strict and efficient algorithm has been developed to solve the integrated mathematical programming problem.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：確率論・ファジィ理論を用いた生産量管理およびリスクマネジメント

科研費の分科・細目：感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：確率論、ファジィ理論、リスクマネジメント、生産管理、資産配分問題、サプライチェーンマネジメント、ネットワーク計画

1. 研究開始当初の背景

実社会での生産活動において、適切な生産量決定・管理は、利益確保の面だけでなく、無駄の削減、資源有効活用の観点からも重要であり、研究開始当初から多数の研究がなされていた。特に消費者需要、在庫状況、生産ラインの能力を統合して考慮し、数値データの

確率統計解析を利用することで最適生産量の意思決定が行われつつあった。一方、生産過程には多数の人が関わり、様々な形で情報が取り扱われる必要あり、それら人間心理、情報の解釈といったファジィ要因を生産管理でも考慮するが必要あったが、開始当初においてはその研究の数は少なかった。特に確

率・ファジィ要因を同時に取り扱った生産量管理に関する研究はほとんどないため、理論基盤が不十分であった。

また生産量の最適化と同時に、安定した企業の成長維持のため、各要因が引き起こしうるあらゆる状況に対し、損失や被害を許容最小限に抑えるリスク管理手法の確立が重要であり、数理的リスク管理の研究は経済・金融分野で活発であった。このリスク管理手法を生産量管理モデルに適応することで、既存手法を拡張した数理的リスク管理手法の構築、最適生産量を決定する新たな意思決定システムを開発する必要が喫緊の課題であった。

2. 研究の目的

本研究課題を開始する前の先行研究として、生産能力の向上、消費者需要をデータから統計解析により得られる確率分布で表現し、そこに人間心理や情報の質といったファジィ要因を組み込んだ最適生産量決定モデルを提案し、さらに数理的保証があり、かつ計算時間短縮が可能な厳密かつ効率的最適化法を開発していた。しかしこれらのモデルおよび手法は、個々に分離した状況であったため、統合的なリスク管理には同時に考慮する必要があったため、まずは先行研究の調査を行い、各状況特有の条件と生産過程全体に関わる条件とを分類し、数式により表現することを最初の目的とした。また生産過程全体に関わる条件の中で、数学的に類似性のある部分は統合し、さらに確率・ファジィ要因も数理的に表現しながら、各条件と関連性を考慮しながら、1つの統合モデルとしての生産量管理モデルを最適化問題として定式化し、既存手法を応用した最適生産量決定のための解法を開発することを第1段階の到達点と定めた。

第2段階の目的として、数理的リスク管理手法の1つで、金融資産選択(ポートフォリオ)理論を、生産量管理モデルへどこまで適用可能かを検討し、確率・ファジィ理論と最適化手法を融合させることで、確率・ファジィ要因両面で適用可能な数理的リスク管理手法へ拡張し、提案生産量管理モデルに組み込むことを目指した。また、数学的特徴に着目した提案モデルの変換により、計算環境を問わず効率的に生産量管理が可能な数理的手法へ改良を行うことを目的とした。

さらに第3段階として、生産量管理のみならずより広範囲のサプライチェーンマネジメントの観点から、製品輸送や倉庫から販売拠点への配達ルートを数理モデルとして表現可能なネットワーク計画問題に対して、第2段階までに確立される数理的リスク管理手法を適用させることで、上工程から下工程まで統合的に管理が可能な数理的手法の確立を目指すことを目的とした。

3. 研究の方法

研究目的にも記載されているように、平成22年度は、生産過程内の各問題における条件の分類を行い、それらの条件が生産過程全体に対しどのような関連性をもつか、またその関わりがどのくらい強いのかを、文献調査により明確にした。また各条件の中で、固定値では表現できない要因を確率理論・ファジィ理論を用いて数理的に表現し、生産過程を統合した生産量管理モデル、およびそれを数理計画問題として定式化した場合の数理的解法の構築に着手した。

平成23年度は、最適生産量決定に関する新たなリスク管理手法のより広範囲への適用可能性を高めるため、生産量管理システムを構築する上で重要な要因となる、資産配分モデル、在庫理論、輸送路などに現れる最短経路の最適化に関する文献調査を行い、平成22年度に開発した手法が、こういった資産配分以外の様々な状況に対し、リスク制御モデルを構築できるかを検討した。その検討の結果、多くの場合において、適用可能と判断したため、統合的な数理モデルを数理計画問題として構築し、その解法アルゴリズムの開発を進めた。

その流れを引き継ぎ、平成24年度は、まず解法アルゴリズムを完成させ、より実社会の状況へ適用可能なように精緻化を行った。特に、リスク管理の観点から、悲観的すぎる・ロバストすぎるリスク管理を行っては、生産企業としても思った利益を得られない、獲得できる必要な利益を逃してしまう可能性があることを考慮し、リスク管理と利益獲得のバランスを考慮した数理モデルを構築することに着手し、意思決定に対する満足度を一定以上に保つことが可能な解法アルゴリズムの開発を目指した。さらに、より多くの人的・物的、かつ不確定要因が絡み合う観光経路作成問題への適用可能性を検討した。

4. 研究成果

最適生産量におけるリスク管理の観点から、より一般的な確率分布において、主観性を組み込んだ分布を考慮したモデルを提案し、その効率的な解法アルゴリズムを開発した。さらに、パラメータ推定部分の改良を行い、情報の質に対する数理評価のための有効手法として、包絡分析法やファジィ推論法といった既存に有効とされている手法と本研究で開発した手法との融合を行い、様々な状況における資産配分のリスク管理が可能となった。また近年、企業の社会的な責任(CSR)が重要視されていることも考慮し、資産配分問題の観点からCSRの影響の分析・評価を行い、中長期的の観点からCSR評価を導入する有用性を示した。以上の資産配分問題を含むクラ

スとして存在する，二次錐計画問題に対しても，できる限り厳密解を求めることが陽に可能な手法の開発も行い，本研究の数理モデルの解析的評価に利用する基礎を構築した。

最適生産量を決定する上で，製品の在庫管理も重要な要因となるが，在庫問題における成果として，商品需要の確率変動による需要を満たせない場合の不足コストをファジィ数で設定することで，様々な不確実・不確定性に対応した在庫モデルを提案し，その解析解の導出を行うことで，不確実性が強い状況下では在庫量をより多く見積もる必要性があることを示した。

それら生産された製品を輸送する際のリスク管理を想定したネットワーク計画問題においては，主に最短路問題に対して不確実性・不確定性を導入した場合のリスク管理手法を提案した。リスク管理手法の基盤として確率的側面から cVaR やロバスト性を利用し，ファジィ的側面は必然性測度を導入したハイブリッドなリスク管理手法を開発することで，より様々な状況におけるリスク管理が可能となった。これにより，不確実・不確定性に対するリスク管理に主眼を置いたネットワーク計画問題を，サプライチェーン全体の最適化へ結びつけることが可能になったと考えられる。

このようなリスク管理を基本とした数理的手法では，あまりに悲観的すぎる・ロバストすぎるリスク管理を行う可能性があり，生産企業においては，リスク管理と利益獲得のバランスが重要となるため，両条件を多目的問題として定式化し，双方の満足度関数を導入して，満足度を一定以上に保つことが可能な解法アルゴリズムを開発した。

これらの成果により，より幅広い実社会の生産現場で利活用可能な統合的なリスク管理モデルの開発が完成され，また数理計画問題として定式化を行っているため，パラメータの意味を適切に読み替えることで，多くの実問題へ応用可能で，高い柔軟性をもつ数理モデル開発への基盤構築という想定より広範囲の成果が得られた。特に様々な人的・物的，かつ不確実要因が絡み合う観光経路作成問題への応用も可能となったことは，生産管理に関わる問題以外の実問題への成果還元として，非常に有用なものであると考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

① Takashi Hasuike and Hideki Katagiri, “Interactive decision making for uncertain minimum spanning tree problems with total importance based on a

risk-management approach”, Applied Mathematical Modelling, 37, pp. 4548-4560, 2013.

② Takashi Hasuike, “Robust shortest path problem based on a confidence interval in fuzzy bicriteria decision making”, Information Sciences, 221, pp. 520-533, 2013.

③ Takashi Hasuike, Hideki Katagiri, Tsuda Hiroshi, “Risk-control approach for a bottleneck spanning tree problem with the total network reliability under uncertainty”, Journal of Applied Mathematics, Article ID 364086, doi:10.1155/2012/364086, 2012.

④ Takashi Hasuike, “Socially responsible investment-based portfolio selection problems with fuzziness”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 8(8), pp. 5763-5774, 2012.

⑤ Takashi Hasuike and Hiroaki Ishii, “Portfolio selection problems with normal mixture distributions including fuzziness”, International Journal of Knowledge Engineering and Soft Data Paradigms, 2(3), pp. 207-223, 2010.

[学会発表] (計 26 件)

① Takashi Hasuike, “Risk-Control Approach for Bottleneck Transportation Problem with Randomness and Fuzziness”, International Conference on Optimization Modelling and Applications (OPTIMA-2012), 2012.12.1, Delhi India.

② Takashi Hasuike, Hideki Katagiri, and Tsuda Hiroshi, “Robust random fuzzy portfolio selection model with arbitrage pricing theory using TS fuzzy reasoning method”, Joint 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 13th International Symposium on advanced Intelligent Systems, 2012.11.20-24, Kobe Japan.

③ Takashi Hasuike, Hideki Katagiri, Hiroe Tsubaki, and Tsuda Hiroshi, “Versatile route planning for sightseeing with tourist’s satisfaction dependent on fatigue degree”, Joint 6th International Conference on Soft Computing and

Intelligent Systems and 13th International Symposium on advanced Intelligent Systems, 2012. 11. 20-24, Kobe Japan.

④ Takashi Hasuike, Hideki Katagiri, Hiroe Tsubaki, and Tsuda Hiroshi, "Tour route planning problem for sightseeing with the multiroute under several uncertain conditions", IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2012), 2012. 10. 14-17, Seoul Korea.

⑤ Takashi Hasuike, Koji Okuhara, and Nobuyuki Ueno, "On a strict solution algorithm for a stock replenishment policy with fill-rate constraints in the two-step supply chain", 5th European Conference on Operational Research (EURO2012), 2012. 7. 8-11, Vilnius Lithuania.

⑥ Takashi Hasuike and Hideki Katagiri, "Interactive Decision Making for a Shortest Path Problem with Interval Arc Lengths", 2011 IEEE International Conference on Granular Computing (GrC2011), 2011. 11. 9, Kaohsiung Taiwan.

⑦ Takashi Hasuike, "Risk management of CPM networks under randomness and fuzziness based on conditional Value-at-Risk", 21st International Conference on Production Research (ICPR21), 2011. 8. 2, Stuttgart Germany.

⑧ Takashi Hasuike and Hideki Katagiri, "A Robust Portfolio Selection Problem Based on a Confidence Interval with Investor's Subjectivity", 2011 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE2011), 2011. 6. 28, Taipei Taiwan.

⑨ Takashi Hasuike, "Optimal Production Decision Based on Corporate Social Responsibility in the Supply Chain", 40th International Conference on Computers and Industrial Engineering, 2010. 7. 28, 兵庫県・淡路島 淡路夢舞台国際会議場

⑩ Takashi Hasuike, Hiroaki Ishii, "Single-Period Inventory Models with Fuzzy Shortage Costs Dependent on Random Demands", International Symposium on Integrated Uncertainty Management and Applications, 2010. 4. 9, 石川県 北陸先端

科学技術大学院大学

〔図書〕 (計 5 件)

① Takashi Hasuike, Hideki Katagiri, and Hiroshi Tsuda, "Robust Portfolio Selection Model with Random Fuzzy Returns Based on Arbitrage Pricing Theory and Fuzzy Reasoning Method", Book Chapter of IAENG Transactions on Engineering Technologies (Special Issue of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2012), LNEE 186, Springer, pp. 91-104, 2013.

② Takashi Hasuike, "Optimal Production Decision in the Closed-Loop Supply Chain Considering Risk-Management and Incentives for Recycling", Book Chapter of Post-Consumer Waste Recycling and Optimal Production, InTech, pp. 211-224, 2012.

③ Takashi Hasuike, "On a Solution Algorithm for Fuzzy Linear Programming Problem with Second-Order Cone", Book Chapter of IAENG Transaction on Engineering Technologies, Volume 7, World Scientific, pp. 92-102, 2011.

④ Takashi Hasuike and Hideki Katagiri, "Development of Solution Algorithm and Sensitivity Analysis for Random Fuzzy Portfolio Selection Model", IAENG Transactions on Engineering Technologies Volume V (Editors: Sio-long Ao et al.), pp. 59-82, American Institute of Physics, New York, 2010.

⑤ Takashi Hasuike and Hiroaki Ishii, "Mathematical Approaches for Fuzzy Portfolio Selection Problems with Normal Mixture Distributions", Book Chapter of "Fuzzy Optimization: Recent Advances and Applications", (Editors: Weldon A. Lodwick and Janusz Kacprzyk), pp. 407-424, Springer, 2010.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

蓮池 隆 (HASUIKE TAKASHI)

大阪大学・大学院情報科学研究科・助教

研究者番号：50557949