

令和 元年 5 月 20 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01239

研究課題名(和文) 変化する情報に柔軟に対応する生産在庫物流システムの構築

研究課題名(英文) Development of production, inventory and logistic systems with flexibility to variable information

研究代表者

中出 康一 (Koichi, Nakade)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50207825

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)：多段生産システム、巡回型のU字ライン、新旧製品が存在する商品を販売する販売者、部品の劣化管理等、生産在庫販売に関するシステムを取り上げた。待ち行列理論、マルコフ決定過程等の数理モデルを用いて、利益をあげる(コストを下げる)政策を求めた。需要や在庫量、発注量、製品・部品の劣化等の情報の変化に対応して、顧客満足度も考慮しながら、適切に生産指示、サービスの制御、顧客への情報提供、部品管理をおこなう方法についてモデル化と理論的数値的解析を行うことが出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生産・在庫・販売等において、需要や在庫量、既存発注量、製品・部品の劣化等、様々な情報の変化に対応して、顧客満足度も考慮しながら、適切に生産指示、サービスの制御、顧客への情報提供、部品管理をおこなう方法について、数理モデル化を行い、理論的・数値的に求めることが出来た。情報を適切に取り入れ、また適切に顧客に情報を与えることで、生産者・販売者の利益を得る事が出来ることを示している。

研究成果の概要(英文)：We have dealt with manufacturing, inventory, logistics and retailer systems, which include a multi-stage production and inventory system, circular U-shaped lines, a warehouse and a retailer who sells new and old products at the same time, and parts repair and replacement problems. By using the analytical methods in Operations Research such as Queueing theory, Markov decision process and mathematical programming, we derive the optimal or sub-optimal policies to maximize the system's profits.

By considering the change of information such as demand, amounts of items in inventory, deterioration of parts and so on, we develop the control method of production, orders, service, replacement of parts and assignment of workers, analytically and numerically.

研究分野：OR, 経営工学

キーワード：マルコフ決定過程 待ち行列理論 数理計画 在庫理論 部品管理 作業者配置

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

1. 研究開始当初の背景

情報システムの高度化とともに、生産システムのさらなる発展を目指す動きが近年活発であり、IoT(Internet of Things)やIoS(Internet of Service)の概念が広まっている。この考え方をもとに、ドイツのインダストリー4.0をはじめ各国で産業革新を進めている。生産・需要・輸送・工程の動的な変化に迅速に対応して必要かつ十分な情報をもとに最適化するシステムを開発する必要がある。

2. 研究の目的

近年、これまで生産計画、生産方式や、部品修理取り替え等様々なところでオペレーションズ・リサーチの手法を用いた理論的また数値的研究は用いられているが、このような高度な製造革新に対応できていない。本研究では、これからの製造革新に対応する、変化する情報に柔軟に対応する生産在庫物流システムの効率化、最適化に関する基礎的研究を目的としている。

3. 研究の方法

オペレーションズ・リサーチの手法である、待ち行列理論、マルコフ連鎖やマルコフ決定過程等の確率モデルや、確率計画法、組み合わせ最適化の手法等を用いて、多段生産システムにおける生産指示政策や在庫管理政策、販売者の発注・価格設定政策、生産ラインの要員配置、リードタイム情報の最適化等に関する研究を行った。

4. 研究成果

(1) 複数の部品からなる製品について、それらが同時に劣化するときの最適修理取り替え政策について論じた。マルコフ決定過程による定式化を行い、費用関数に関するある条件のもとで、しきい値型政策が最適である事を示した。また、この条件を満たさないときは、しきい値型政策が最適でないことも数値例により示している。この結果は理論的な工程管理にもつながる。

(2) 多段生産システムにおいて、需要に関する情報を用いて、現在在庫量の情報とともにどのような生産指示を行えばより利益を上げるかをしめし、通常の基点在庫政策やかんぱん方式等の最適に近い決定を行う方法と比較した。需要等の情報を適切に把握し、決定を行う事により、既存の政策と比べ在庫等に関する費用が減少し、利益が増大することを示した。また、連続時間上の問題として定式化し、確率過程や待ち行列理論を用いた最適な発注政策についても定式化と解析を通して議論した。

(3) 巡回型のU字ラインについて、能力の異なる作業者の配置により生産率が異なることを示し、どのような配置にすれば理論的生产率を確保出来るかを示した。作業者の配置に関する一つの示唆を与えている。

(4) 基本的な受注生産政策は、受注を客の到着、生産をサービスと見なすことにより、待ち行列を用いて表現される。近年の待ち行列理論の成果を用いて、適切なサービス率(生産率)や到着の制御方法に関するモデルを表現し、利益を最大にする方法を示した。客に対する需要リードタイム(発注から受け取りまでの時間)の情報を与えて、顧客の満足度を考慮しながら、適切な情報とサービス率を決定した。顧客への情報の与え方のヒントとなる。

(5) 新旧製品が存在する商品を販売するとき、どのように価格と注文量を設定すれば利益を上げることが出来るかを示した。これらの結果は販売者等の利益を上げる政策として価値がある。

(6) 部品工場と倉庫からなるサプライチェーンについて、引き取り間隔を変えながら発注量を定めるとき、各工場における最適な基点在庫量を求めるとともに、各工程の最適政策と、サプライチェーン全体の最適政策に差が生じることを示した。

(7) 複数の製品供給者と配送会社が存在するサプライチェーンにおいて、災害等により商品の供給や需要の変動が起きることを想定できるばあい、数理計画問題として定式化し、期待費用とC-Var(conditional value at risk)の両面から考察し、状況に応じて望ましい事前・事後の発注・在庫管理について示した。

これ以外にも、需要変動を考慮した配送計画、コンビニ等に見られる期限の短い商品に関する最適発注政策等についても議論している。

以上のように、需要や在庫量、発注量、製品・部品の劣化等の情報の変化に対応して、顧客満足度も考慮しながら、適切に生産指示、サービスの制御、顧客への情報提供、部品管理をおこなう方法についてモデル化と理論的数値的解析を行うことが出来た。今後、さらに様々な情報を取り入れて迅速に最適に近い方策を生み出す方法を考えていきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8 件)

- Koichi Nakade and Shizuru Tsuchiya,
A Near-Optimal Policy and its Comparison with Base Stock and Kanban Policies
in a Two-Stage Production and Inventory System with Advance Demand Information,
査読有, Asian Journal of Management and Applications, vol.3, No.4, 340-352, 2018
DOI: 10.1504/AJMSA.2018.098920
- Koichi Nakade and Shunta Nishimura,
Service Control in Mn/Gn/1 Queue,
査読有, IFIP International Federation for Information Processing 2018,
I. Moon et al. (Eds.): APMS 2018, IFIP AICT 535, pp. 289-296, 2018.
DOI: 10.1007/978-3-319-99704-9_35
- Syed Mithen Ali and Koichi Nakade,
Optimal Ordering Policies in a Multi-sourcing Supply Chain with Supply and Demand
Disruptions- a CVaR Approach,
査読有, International Journal of Logistics Systems and Management, Vol. 28, No.2, pp.
180-199, 2017.
DOI: 10.1504/IJLSM.2017.086354
- Koichi Nakade and Hiroki Niwa,
"Optimization and Customer Utilities under Dynamic Lead Time Quotation in an M/M Type
Base Stock System,"
査読有, Mathematical Problems in Engineering, vol. 2017, Article ID 5805404, 10 pages,
2017.
DOI: 10.1155/2017/5805404.
- Koichi Nakade,
Effect of Worker Sequence on Cycle Time in a U-shaped Line with Chase Mode,
査読有, International Journal of Production Research, Vol. 50, No. 10, pp. 2752-2763,
2017.
DOI: 10.1080/00207543.2016.1190472
- Koichi Nakade and Ken Ikeuchi,
Optimal Ordering and Pricing on Clearance Goods,
査読有, International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and
Practice, 23(3), 155-165, 2016.
<http://journals.sfu.ca/ijietap/index.php/ijie/issue/view/87>
- Koichi Nakade and Shiori Yokozawa,
Optimization of Two-stage Production/Inventory Systems under Order-Base-Stock Policy
with Advance Demand Information,
査読有, Journal of Industrial Engineering International, 12(4), 437-458, 2016.
DOI: 10.1007/s40092-016-0161-y
- Koichi Nakade and Hiroaki Mikuri,
Optimal Maintenance Policy of Multiple Parts with Operating Cost Dependent on Repair
Level,
査読有, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.10, No.3,
2016.
DOI: 10.1299/jamdsm.2016jamdsm00

〔学会発表〕(計 13 件)

- 中出 康一, 寺島 諒,
複数の納品と廃棄が行われる商品に対する近似最適発注政策,
日本経営工学会 2019 年春季大会, 2019.3.7, 3.8, 福岡工業大学.
- 中出康一, 伊藤隆太,
状態に依存した需要到着率をもつ M/G/1 型生産在庫システムの解析
日本経営工学会 2018 年秋季大会, 2018.10.27-28. 東海大学 .
- Ryuta Ito and Koichi Nakade,
(N, S) Policy in an M/G/1 Type Production System with Waiting Time Information,
APIEMS 2018, 2018.12.5-8, Hong Kong.
- Ryo Terashima and Koichi Nakade,
Optimal Ordering Policy of Products with Short Sales Periods under Multiple Deliveries
and Disposals in One Day,
APIEMS 2018, 2018.12.5-8, Hong Kong.
- Koichi Nakade and Ryuta Ito,
Analysis of a production policy in an M/G Type Production System under State-Dependent
Arrival Rates, CIE48, 2018.12.02-05, Auckland, New Zealand.

中出康一，
Mn/Gn/1 待ち行列による最適制御問題の解析，
OR 学会 第 278 回 「待ち行列研究部会」，平成 30 年 11 月 17 日，東京工業大学。
Koichi Nakade and Shizuru Tsuchiya，
An Approximate Optimization Algorithm in a Two-Stage Production and Inventory System with Advance Demand Information，
ACMSA 2017, December 25-28, 2017, Fuzhou, China.
Koichi Nakade and Shinichi Okuda，
Analysis of a Two-Echelon Inventory System with Different Order Intervals and Price-Sensitive Demand，
CIE 47, A4-3, October 11-13, 2017, Lisbon, Portugal.
Koichi Nakade，
Computation of Probabilities of an Mn/G/1 Queue and Its Application to a Lead Time Quotation Model, International Symposium on Scheduling 2017, Nagoya, June 23-25, 2017.
Ru Chai, Koichi Nakade and Jing Sun，
A Two-Stage Stochastic Model for Stock and Delivery Planning in Disaster Management, International Symposium on Scheduling 2017, Nagoya, June 23-25, 2017.
Koichi Nakade and Ryosuke Nakatsuka，
Performance Evaluation of Pull-type Control Mechanisms for Two-stage Production Systems with Advance Demand Information，
APIEMS 2016 (3rd East Asia Workshop on Industrial Engineering),
Session H2-1 (paper 0114), December 7-10, 2016, Taipei, TAIWAN.
中出康一，西村隼太，
集団サービス施設における優先権販売価格方策，
日本経営工学会 2016 年秋季大会，日本教育会館，2016 10. 28-29.
中出康一，安藤悠介，
需要変動を考慮した積載率制約付き配送計画問題，
日本経営工学会 2016 年秋季大会，日本教育会館，2016 10. 28-29.

〔図書〕(計 2 件)

中出康一
マルコフ決定過程 -理論とアルゴリズム-
シリーズ 情報科学における確率モデル 4，コロナ社，2019，pp.1-190.
978-4339028348

中出康一
直接販売を考慮した生産在庫物流に関する最適化数理モデル
第 1 章 経営科学とその実践的応用 pp.1-25，日本経営工学会経営数理研究部門編 和泉出版，
2017

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号 (8 桁)：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

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。