

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350457

研究課題名(和文)商品特性に応じた最適在庫補充方式に関する研究

研究課題名(英文)Optimization of replenishment policy considering item characteristics

研究代表者

伊呂原 隆(Irohara, Takashi)

上智大学・理工学部・教授

研究者番号：60308202

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、商品特性に応じた多品種の最適在庫補充方式に関する研究を行った。従来研究と比較して、以下の3点が本研究の特徴である。1)各商品の出荷データなどに対して、多変量解析を行うことにより「商品特性」を捉えるための複数の新たな統計量を提案するとともに、各統計量の重要度を定量的に示した。2)「商品特性」に応じた新たな在庫補充方式を提案した。3)前述の1)で提案した新たな統計量をもとに多数の商品を分類し、各分類に対して2)で提案した在庫補充方式を含めた最適な在庫補充方式を選択するための最適化モデルおよびその解法を構築した。

研究成果の概要(英文)：In this research, a research on optimal replenishment policy for multiple items by considering item characteristics are conducted. Compared with previous researches, there are three characteristic points as follows. 1) Several new statistics are proposed for considering the item characteristics by applying multivariate analysis to the shipping statistics of each item. And also those statistics are ranked quantitatively based on the level of importance for the classification. 2) New replenishment policy was proposed by considering the item characteristics. 3) Classify the multiple items by using the proposed statistics and construct the optimal model and solution methodology to select the optimal replenishment policy for each item category.

研究分野：経営工学

キーワード：在庫管理
ゴリズム 在庫補充方式 商品特性 シミュレーション 最適化 統計手法 多変量解析 遺伝的アル

1. 研究開始当初の背景

経済発注量(EOQ)を提案した Harris のモデル(1913)以降、過去 100 年間に在庫管理に関する数多くの論文が発表されてきた。特に近年は、サプライチェーンマネジメントという観点から、在庫管理に関する新しいモデルが数多く提案され国内・国外において活発に研究がなされている。しかし、研究の多くが単一品種を前提としていたり、品種間の相互関係を無視していたりするなど、未だに在庫管理の理論と実務には大きなギャップが存在すると指摘されている。

一方、多品種の在庫管理については一般的に ABC 分析が用いられている。ABC 分析は各商品の需要量や商品価値などの観点から全商品に順位付けを行い、最重要品種から順番に A, B, C に分類して、この 3 つの分類に対して発注方策を割り当てるものである。この分析は簡便であり実務的にはよく利用されるものの、商品間の相互依存関係についての考慮ができないことや、評価尺度を 1 種類に限定しなければいけないことなど多くの問題がある。

そこで、最近では多品種を陽に考慮した商品分類方法が研究されてきたが、これまでの研究では、商品特性に応じた商品分類がなされておらず、各分類と発注方策の組合せについては十分な検討がなされていない。

2. 研究の目的

本研究では、「商品特性に応じた多品種の最適在庫補充方式に関する研究」を行う。従来研究と比較して、以下の 3 点が本研究の特徴である。

- 1) 各商品の出荷データなどに対して、多変量解析を行うことにより「商品特性」を捉えるための複数の新たな統計量を提案するとともに、各統計量の重要度を定量的に示す。
- 2) 「商品特性」に応じた新たな在庫補充方式を提案する。
- 3) 1) で提案する新たな統計量をもとに多数の商品を分類し、各分類に対して 2) で提案する在庫補充方式を含めた最適在庫補充方式を選択するための最適化モデルおよびその解法を構築する。

3. 研究の方法

初年度となる平成 25 年度には、各商品の出荷データなどに対して、多変量解析を行うことにより「商品特性」を捉えるための新たな統計量を複数提案するとともに、その重要度についても定量的に示す。

平成 26 年度には、「商品特性」に応じた新たな在庫補充方式を提案するとともに、従来の在庫補充方式に対する有効性の検証を行う。

そして、最終年度となる平成 27 年度には、初年度に提案する新たな統計量をもとに多数の商品を分類し、各分類に対して本研究で提案する在庫補充方式を含めた最適な在庫

補充方式を選択するための最適化モデルおよびその解法を構築する。そして、企業との共同研究を通して得られている実データを用いた数値実験により提案するモデルと解法の有効性を検証する。

4. 研究成果

平成 25 年度は、「商品特性」を表す統計量についての検討を行った。具体的には、商品ごとの出荷量、出荷間隔の平均や標準偏差などの統計量に加え、週、月、季節ごとの出荷頻度、その連続性やばらつきなどに関する定量的な評価方法を検討した。また、同時に出荷される商品や同時には出荷されない商品など、商品間の相互依存性が在庫管理に与える影響についても考察した。

提案の有効性を検証するための具体的方法としては、商品ごとに典型的な発注方策である発注点法や定期発注法を適用し、シミュレーションを実行することにより、在庫量、欠品発生回数、発注回数などを求めた。これらの評価尺度は次元が異なるので単純な線形和をとることはできないため、多目的最適化のアプローチや正規化して総合評価値を求める方法などを併用した。

ここで、「商品特性」を考慮し新たに考案した出荷統計量とシミュレーションにより求めた総合評価値に対して重回帰分析の応用手法である正準相関分析を適用した。この正準相関分析から得られる正準負荷量を参考にして各出荷統計量の重要度を定義した。注意しなければいけないことは、各商品の出荷傾向の変動に対して頑健な重要度を定義することである。そして、重要度の高い出荷統計量を用いて、クラスタリング手法による商品の分類を行い、各商品に対して発注方策を決定した。

従来研究との比較を行い、シミュレーションと多変量解析の手法を中心とした提案手法の学術的な観点からの優位性を検証するとともに、企業との共同研究で得られている実データにも提案手法を適用し、提案手法の頑健性を高めるための工夫を行った。

次に、補充方式の決定に大きな影響を及ぼす需要の間欠性に着目した。これまでの多くの研究では、需要が正規分布に従うことを前提とした各種統計量を計算して在庫補充方式を利用してきた。しかしながら、商品の出荷データ(実データ)を解析してみると、需要が正規分布に従っているほうがむしろまれで、多くの場合は商品の輸送コストなどの関係からまとめて発注されており、実際には需要量がゼロとなるのが最も高頻度で発生している。

間欠需要のモデル化では、需要の「量」と「間隔」を異なる確率分布で捉えることとし、「需要量」には正規分布を、「需要間隔」には幾何分布を想定した。また、在庫の補充方法としては補充点方式を採用し、出荷が起こり次第対象期間中の出荷量を発注する方式

とした。評価指標は欠品費用と在庫費用の和を総費用と定義し、その総費用が最小となるような補充点を決定するモデルを提案した。ここで欠品費用は、欠品量に応じたその場限りのペナルティや欠品した分だけ商品を割引する場合などに利用可能な現実的モデルとした。

数値実験では、需要の間欠性(需要発生頻度)や調達リードタイムの長さなどの主要なパラメータを変化させ、提案方法の特徴・頑健性などを確認するとともに、需要の間欠性を考慮した従来研究や本提案モデルで需要に正規分布を仮定した場合などと比較することにより本提案の有効性を検証した。

そして最後に、出荷統計量をもとに多数の商品を複数のグループに分類し、各グループに対して本研究で提案する在庫補充方式を含めた最適な在庫補充方式を選択するための最適化モデルおよびその解法を構築した。本問題は、決定変数・制約条件が多く非常に複雑な組合せ最適化問題であり、数理計画問題として定式化したモデルを市販の数理計画最適化ソフトで厳密解を求めることは極めて困難である。従って、従来研究で大きな成果を挙げている遺伝的アルゴリズムを応用することにより効率的なアルゴリズムを開発した。そして数値データを用いることにより提案する解法の特徴や限界を明らかにし、様々なタイプの出荷実データを得て、提案するモデルの実問題への適用可能性を検証した。

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 10 件)

Keisuke Nagasawa and Takashi Irohara, Multiple can-order level for can-order policies under carrier capacity and correlated demands, Journal of Japan Industrial Management Association, Vol. 67, No. 2E, (2016) 掲載決定

Keisuke Nagasawa, Tasuku Saito, Takashi Irohara, Yuichi Deguchi, Kazumi Hanada, Kazuhiro Abe, Masayasu Kishi, and Tatsuya Shimizu, Redesigning an Existing Recovery Logistics Network in Closed Loop Supply Chain, Journal of Japan Industrial Management Association, Vol.67, No.4E, (2016)掲載決定

Keisuke Nagasawa, Yuto Ikeda and Takashi Irohara, Robust flow shop scheduling with random processing times for reduction of peak power consumption, Simulation Modelling Practice and Theory, 査読有, Vol.59, pp.102-113, (2015)

<http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2015.08.001>

Keisuke Nagasawa, Takashi Irohara, Yosuke Matoba and Shuling Liu, Applying genetic algorithm for can-order policies in the joint replenishment problem, Industrial Engineering & Management Systems, 査読有, Vol.14, No.1, pp.1-10, (2015) <http://dx.doi.org/10.7232/iems.2015.14.1.001>

原田 康平, 伊呂原 隆, 長沢 敬祐, リードタイムの短縮費用と可変バックオーダー率を考慮した在庫モデルの提案, 日本経営工学会論文誌, 査読有, Vol.65, No.4, pp.278-285, (2015) <http://dx.doi.org/10.11221/jima.65.278>

大墨 龍一, 伊呂原 隆, 長沢 敬祐, 入出庫単位が異なる場合の発注点補充点方式の検討, 日本経営工学会論文誌, 査読有, Vol.65, No.4, pp.294-301, (2015) <http://dx.doi.org/10.11221/jima.65.294>

Daisuke Yagi, Keisuke Nagasawa, Takashi Irohara, Hans Ehm and Geraldine Yachi, Semiconductor supply planning by considering transit options to take advantage of pre-productions and order cancellations, Simulation Modelling Practice and Theory, 査読有, Vol.41, pp.46-58, (2014) <http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2013.11.007>

Keisuke Nagasawa, Takashi Irohara, Yosuke Matoba and Shuling Liu, Applying Random Forests to Decide Ordering Policy Based on Important Shipping Statistics, Journal of Japan Industrial Management Association, 査読有, Vol.64, No.4E, pp.579-590, (2014) <http://dx.doi.org/10.11221/jima.64.579>

Keisuke Nagasawa, Takashi Irohara, Yosuke Matoba and Shuling Liu, Joint Replenishment Problem in Multi-Item Inventory Control with Carrier Capacity and Receiving Inspection Cost, Operations and Supply Chain Management: An International Journal, 査読有, Vol.6, No.3, pp.111-116, (2013)

Keisuke Nagasawa, Takashi Irohara, Yosuke Matoba and Shuling Liu, Genetic-algorithm-based coordinated replenishment in multi-item inventory control, Industrial Engineering & Management Systems, 査読有, Vol.12,

No.3, pp.172-180, (2013)
<http://dx.doi.org/10.7232/iems.2013.12.3.172>

[学会発表](計8件)

Takashi Irohara, Optimization of the order-up-to and reorder levels for each item in the forward area of warehouse, Institute for the Operations Research and Management Science (INFORMS) Annual meeting, Philadelphia, Pennsylvania, USA, Nov.1-4, 2015

Keisuke Nagasawa and Takashi Irohara, Joint replenishment problem with can-order policies under purchase dependence, 23rd International Conference on Production Research (ICPR), Manila, Philippines, August 2-6, 2015

Keisuke Nagasawa, Takashi Irohara, Yosuke Matoba and Shuling Liu, Joint replenishment problem with can-order policy under item characteristics, The first East Asia Workshop on Industrial Engineering (EAWIE), Hiroshima, Nov.7-9, 2014

Keisuke Nagasawa, Takashi Irohara, Yosuke Matoba and Shuling Liu, Joint replenishment problem with dynamic can-order policies under carrier capacity, 18th International Symposium on Inventories, Budapest, Hungary, August 18-22, 2014

長沢 敬祐, 伊呂原 隆, 的場 洋輔, 劉 樹苓, トラック容量を考慮した発注可能点方式における追加発注商品の発注量の決定, 日本経営工学会春季研究大会, 2014年5月17~18日, 東京理科大学

Keisuke Nagasawa, Takashi Irohara, Yosuke Matoba and Shuling Liu, Applying genetic algorithm for can-order policies in the joint replenishment problem, Proceedings of the Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems conference (APIEMS), Philippines, December 3-6, 2013

長沢 敬祐, 伊呂原 隆, 的場洋輔, 劉 樹苓, トラック容量を考慮したアソシエーション分析による発注方式の決定, 第5回横幹連合コンファレンス, 2013年12月21-22日, 香川大学

長沢 敬祐, 伊呂原 隆, 的場洋輔, 劉 樹苓, トラック容量を考慮した発注点・補充点・発注可能点の決定, 日本経営工学会秋季研究大会 2013年11月16-17日, 日本工業大学

6. 研究組織

(1)研究代表者

伊呂原 隆 (IROHARA TAKASHI)

上智大学・理工学部・教授

研究者番号: 60308202

(2)研究分担者

無し ()

(3)連携研究者

無し ()