

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510196

研究課題名(和文)顧客の購買行動と店舗戦略を考慮した収益管理についての研究

研究課題名(英文)A study on revenue management under consideration of customers' buying behavior and retailers' strategies

研究代表者

北條 仁志 (HITOSHI, HOHJO)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：70305663

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：顧客および小売業者を意思決定者とする競合的在庫管理問題を提案し、小売業者の収益最大化と消費者の効用最大化の下で小売業者の商品発注量と消費者の購買行動を決定するために、ゲーム理論の解の概念の1つであるNash均衡を用いて解析した。また、マーケティング分野でよく利用されているホテルリングモデルにおいて在庫管理を行う必要がある商品に対して商品の品切れを考慮した新たなホテルリングモデルを提案し、消費者行動の分析に役立てた。

研究成果の概要(英文)：We proposed some competitive inventory control problems with decision makers included customers as well as retailers. In order to decide about retailers' ordering quantity of products and customers' behavior to purchase a product under the maximization of retailers' profits and customers' utilities, we mathematically formulated it and analyzed it by using Nash equilibrium in the game theory. We improved the Hotelling model famous for the marketing science. We suggested the new model under consideration of sold out of products and we used it for an analysis of customer behavior.

研究分野：社会システム工学・安全システム

キーワード：Nash均衡 モデル化 収益管理 在庫管理

1. 研究開始当初の背景

製品供給市場における競合的な在庫管理問題の重要性はかなり以前からこの方面の総合報告等で指摘されているにもかかわらず、学術面において論文数は在庫管理理論の分野の中でも比較的少ない。論文『M.Parlar, Game theoretic analysis of the substitutable product inventory problem with random demands, Naval Research Logistics, Vol.35, pp.397-409 (1988)』は、モデルが一般的すぎ、均衡点の存在と一意性について証明されたのみであり、具体的な導き方や性質あるいは均衡点に対応する期待費用等の記述はない。また、『S.A. Lippman and K.F. McCardle, The competitive newsboy, Operations Research, Vol.45, pp.54-65 (1997)』は、均衡点や期待費用が具体的に示され、興味ある結果を与えているものの、需要関数は事前に既知であると仮定されており、消費者の意思決定を伴う研究ではなかった。在庫管理の多くの既存研究では需要形態が与えられた上での議論がされており、需要形態についての根拠はまったく示されてこなかった。本来消費は消費者の位置や出発時刻、企業での販売量等の要因により購入先が決定される。また、企業は消費者の行動を考慮して発注量や発注時期を決定すべきである。論文『O. Shy and R. Stenbacka, Service hours with asymmetric distributions of ideal service time, International J. of Industrial Organization, Vol.24, pp.763-771 (2006)』はサービス時間についての解析を行っており、時間軸に関する先駆的研究である。また、『三道弘明, 消費者の到着時刻を考慮した新聞売り子問題, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2009 年秋季研究発表会 アブストラクト集, pp.106-107 (2009)』は本研究と同じ視点にたった研究の1つであり、古典的なモデルについて言及している。このように時間軸を考慮した競合的在庫管理問題は100年にも及ぶ在庫管理理論の中で比較的新しい分野であり、今後の発展が期待でき、本研究もまたその中の1つである。

2. 研究の目的

本研究では、在庫管理分野において複数の供給者と消費者間との相互関係を伴う競合的在庫管理問題について時間軸を考慮に入れた数理モデルを提案し、様々な仮定のもとでのモデルに対して具体的にゲーム理論の解概念の1つである Nash 均衡解を探索する。供給者および消費者に想定する仮定は様々なパターンが考えられるため、各モデルでの仮定の違いを踏まえた上でそれらのモデルを比較し、各家庭が供給者および消費者の意思決定に与える影響について分析する。複数の意思決定者間における消費者行動と企業戦略の関係について分析することにより、収益管理の分野の研究に貢献し、消費者行動お

よび小売業者の振る舞いを把握することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、同規模の販売スペースをもつコンビニエンスストアの競合や大規模な商業施設内に立地する店舗と小規模な小売店間における競合という販売戦略上の問題に対して顧客の購買行動を考慮した競合的在庫問題に対する数理的モデルを構築し、顧客および小売業者を意思決定者とするモデルにおいて各々の目的関数上での最適化基準の下で均衡した戦略を導出する。まず初めに、消費者および供給者に対する仮定について吟味する。消費者には需要量、需要発生時刻および購入先を、供給者には発注量(生産量)、発注時期、調達方法、費用設定および不足分の扱い方などの様々な仮定を付加した問題を扱う。既存研究である2人の供給者とn人の消費者による競合的在庫問題を離散型需要から単一区間上での連続型需要へ展開し、消費者の出発時刻を決定変数としてとられた数理的モデルの構築およびその解析を行なう。

4. 研究成果

(1) 既存研究『北條仁志, 再配分を持つ競合的在庫問題の再考, 京都大学数理解析研究所講義録 1682, pp.145-150 (2010)』では、競合する小売業者2人と店舗出発前あるいは店舗到着後に購買意欲を失う顧客n人を意思決定者し、 $(n+2)$ 人ゲームとしてモデル化し、考察を行った。それに対し、本課題による研究『北條仁志, 競合的在庫管理と顧客の意思決定 数量限定販売による影響について, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2012 年秋季研究発表会 アブストラクト集, pp.236-237 (2012)』では、非対称な価格と各顧客の参照価格による購買行動を考慮したモデルを提案した。小売業者の目的は収益を最大にする発注量を、顧客は効用を最大にする戦略を決定することである。1人の小売業者の価格および発注量が与えられたとき、他方の小売業者と顧客による $(n+1)$ 人の意思決定者におけるゲームとして捉え、Nash 均衡を導出した。これらの研究を通してゲームのプレイヤー数の差異による小売業者の戦略の変化について探求した。情報の提供度合いの違いにより消費者行動に与える影響と小売業者の発注戦略の選び方について知ることができた。

(2) 既存研究『伊東崇文, 北條仁志, 参照価格を考慮した非対称情報をもつ競合的在庫管理, 京都大学数理解析研究所講義録 1802, pp.106-112 (2012)』では、商品の購買行動に関して商品価格だけでなく、交通費や時間費用など購買のために購買費用および各顧客について参照価格を考慮することでより現実に即したモデルを提案した。彼らは価格

について1つの店舗の販売価格については顧客に周知されているが、もう1つの店舗の価格についてはある分布に従うという非対称情報を仮定し、小売業者が意思決定に関してリスク中立である場合についての解析を行った。それに対し、本課題による研究『北條 仁志, 競合的在庫モデルにおける小売業者の意思決定について, 京都大学数理解析研究所講究録 1857, pp.95-108 (2013)』では、彼らのモデルを基にして小売業者が意思決定に関してリスク回避型である場合について Nash 均衡点を探求した。そこで、リスクに関する損失嫌悪を表す効用関数には様々な定義の仕方があるが、Briesch ら (1997) に従って区分的線形関数を用いている。結果として、店舗の収益と顧客の効用による均衡点を導出し、参照価格の値によって戦略の条件の特徴付けをした。小売業者の効用関数についてリスク中立である場合とリスク回避である場合の比較を行ったが、小売業者の発注戦略については同じ結果が得られた。これは、複数の意思決定者をもつゲームにおける戦略の Nash 均衡が、各小売業者において効用に対して影響を及ぼさない戦略へと導いたためであると考えられる。

(3) (2)の研究や(2)で記載した既存研究『伊東、北條(2012)』では、小売業者と消費者における意思決定のもとで、価格についての非対称情報と参照価格を考慮したモデルを提案し、小売業者の収益最大化に基づく商品の発注量と消費者の効用最大化に基づく購買行動に関するナッシュ均衡点を導出した。これらのモデルにおいては小売業者と消費者がそれぞれもつ情報の差異により小売業者の問題と消費者の問題を1つのモデルとして統合し定式化するためには強い条件を仮定する必要があった。この条件が Nash 均衡に大きな影響を与えているのではないかと考え、これらの問題を再考するにあたり、別々の問題として捉えることで各問題に対する疑問点を洗い出した。本課題に関連する研究『北條仁志, 小売業者と消費者行動の意思決定について, Proceedings of Symposium on Stochastic Models 2015, pp.165-171 (2015)』では、小売業者と消費者行動の意思決定に関する2つの問題を考え、消費者の再配分による行動を考慮した小売業者の在庫管理問題および小売業者での入荷数を考慮した消費者の購買行動に関する問題を提案し、各問題に対する最適解について探求した。消費者に供給される商品の量が十分存在することを前提として、価格と各小売業者への移動費用の和に基づいた効用関数から各小売業者の需要量を算出しているホテルリングモデルをもとに、廃棄費用がかかり、在庫管理を行う必要がある商品に対して商品の品切れを考慮した不足を許す新たなホテルリングモデルを提案した。消費者の再配分による行動を考慮した小売業者の在庫管理問題を

扱い、利得最大化のもとでの最適入荷量の導出を行った。また、現実世界においては消費者が小売業者の商品の入荷量を知ることはまずありえないが、消費者が購買行動を繰り返すうちにその時点での在庫量に関する情報を取得することができるようになることから消費者にとって小売業者の入荷量を推定する情報につながるものと考え、小売業者の商品の入荷量についての情報を既知の分布として消費者が知っているものと仮定した数理モデルを提案し、市場における明確な消費者の購買行動について探求した。この研究により消費者に与えられる情報をもとに意思決定がどのように働くのかを考察できた。

(4) 本課題に関連する研究『北條 仁志, 消費者による小売業者選択問題, Proceedings of 2015 Mathematical Sciences Symposium, pp.6-9 (2015)』では、線分市場の端点に位置していない2つの小売店において特別価格で販売される商品と通常価格で販売される商品を扱い、各消費者の行動は等確率で選択され、小売業者の商品の入荷量についての情報を既知の分布として消費者が知っているものと仮定し、数理的にモデル化することにより市場における明確な消費者の購買行動について探求し、商品の不足を考慮しない通常のホテルリングモデルによる消費者の購買行動との差異について考察した。商品を購入できなかったことによる消費者の不効用や移動費用の捉え方について加味し、(3)の研究結果との比較を行った。これにより不効用や移動費用の定義が消費者の行動に関する意思決定、さらには小売業者の商品発注に関する意思決定にどのような影響を与えるかを考察することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

北條 仁志, 消費者による小売業者選択問題, Proceedings of 2015 Mathematical Sciences Symposium, 査読無、2015、pp.6-9

北條 仁志, 小売業者と消費者行動の意思決定について, Proceedings of Symposium on Stochastic Models 2015, 査読無、2015、pp.165-171

北條 仁志, 競合的在庫モデルにおける小売業者の意思決定について, 京都大学数理解析研究所講究録, 査読無、Vol.1857、2013、pp.95-108

北條 仁志, 競合的在庫管理と顧客の意思決定 数量限定販売による影響について、日本オペレーションズ・リサーチ学会 2012 年秋季研究発表会アブストラクト集, 査読無、2012、236-237

〔学会発表〕(計4件)

北條 仁志、小売業者と消費者の意思決定に関する一考察、研究集会「不確実性の下での数理モデルとその周辺」、2014年11月12-14日、京都大学数理解析研究所(京都府京都市)

H. Hohjo、The decision-making of retailers and customers in a competitive inventory problem、26th European Conference on Operational Research (EURO-INFORMS 2013)、2013年7月1-4日、ローマ(イタリア)

北條 仁志、競合的在庫管理問題と消費者の意思決定について、日本オペレーションズ・リサーチ学会『確率最適化モデルとその応用』研究部会、2012年6月9日、神奈川大学KUポートスクエア(神奈川県横浜市)

H. Hohjo、A competitive inventory model under customers' strategies、INFORMS 2012 Annual Meeting、2012年10月14-17日、フェニックス(アメリカ)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北條 仁志(HOHJO, Hitoshi)
大阪府立大学・大学院理学系研究科・准教授
研究者番号：70305663