

Title	不確実情報下における意思決定手法の研究～自動販売機 向けの商品品揃え最適化～
Author(s)	根本, 学
Citation	
Issue Date	2025-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/19919
Rights	
Description	Supervisor: 平石 邦彦, 先端科学技術研究科, 博士

氏 名	根本 学		
学 位 の 種 類	博士（情報科学）		
学 位 記 番 号	博情第 541 号		
学 位 授 与 年 月 日	令和 7 年 3 月 21 日		
論 文 題 目	Research on Decision-making Methods under Uncertain Information －Assortment Optimization for Vending Machines－		
論 文 審 査 委 員	平石 邦彦	北陸先端科学技術大学院大学	教授
	池田 心	北陸先端科学技術大学院大学	教授
	緒方 和博	北陸先端科学技術大学院大学	教授
	石井 大輔	北陸先端科学技術大学院大学	准教授
	宮本 俊幸	大阪工業大学	教授

論文の内容の要旨

This dissertation addresses the optimization of product assortment in vending machines under conditions of uncertain information. In the retail industry, decision-making processes often require handling incomplete or noisy data, making it essential to develop methods that account for such uncertainties. This research formulates the vending machine assortment problem using Partially Observable Markov Decision Processes (POMDPs), enabling dynamic decision-making under limited observations.

The proposed methodology integrates a product selection model that captures consumer purchasing behavior and a POMDP-based optimization framework to improve vending machine operations. The study provides a comprehensive framework for modeling the state transitions, observation functions, and reward structures involved in assortment optimization. It also introduces practical strategies for assortment exchange that agents can implement in real-world scenarios. Numerical simulations are conducted to evaluate the performance of the proposed approach, demonstrating its effectiveness in maximizing expected rewards and improving vending machine operations.

The key contributions of this research are as follows: (1) the formulation of the assortment optimization problem as a decision-making process under uncertainty, (2) the development of a novel method for solving this problem in vending machine settings, and (3) an exploration of its applicability to other business sectors with similar decision-making challenges.” The findings suggest that the proposed method offers a solution to the assortment optimization problem and provides valuable insights for improving decision-making processes in uncertain environments.

Keywords: Decision-making under uncertain information, Assortment optimization problem, Vending machine, Partially Observable Markov Decision Processes, Product selection model, Numerical simulation

論文審査の結果の要旨

本論文では、不確かな情報しか得られない状況下における意思決定問題として、飲料自動販売機の品揃え最適化問題を取り上げ、その解法を提案している。飲料自動販売機の品揃え最適化問題には、他の最適化問題と差別化されるつぎのような特徴がある。(i) 自動販売機の商品の入れ替えは、ルートマンが各所に置かれた自動販売機を巡回して行われるため、いつでも可能なわけではない。(ii) 商品をすべて入れ替えることは稀で、ふつうは一部の商品の入れ替えしか行わない。(iii) 自動販売機の背景にいる顧客の情報は、どのような商品がどれだけ売れたかで判断するしかない。顧客層もオフィスなどではほぼ変化しないが、イベント会場などでは大きく変化する。(iv) 気温により売り上げが大きく変化する。ただし、気温は予測可能である。最先端の自動販売機には、カメラにより年齢・性別などの顧客情報を取得し、それにより品揃えを最適化するものもあるが、現状ほとんどの自動販売機では、ルートマンが商品を種類および入れ替えのタイミングを自身の裁量により決めている。自動販売機の品揃え最適化問題は、その特殊性から従来研究で扱われた例が少ない。提案手法は、ルートマンが得られるものと同一の情報をを用いて顧客層などの不確かな情報を推定し、売り上げを最大化する品揃えを求めることを目的としている。

本論文では、まず自動販売機の品揃え最適化問題を定式化し、つぎに部分観測マルコフ決定過程(POMDP)に落とし込み、自販機特有の性質を考慮した変更を行っている。解析には計算機シミュレーションを用いている。提案手法により計算された品揃えを、マルチノミナルロジットモデルに基づいた顧客モデルに与え、そのときの売り上げを理論的上限に対する比率で評価している。結果として、売り上げが最も低かった1～2の商品を入れ替えるなどの単純な入れ替え規則と比較して、数%の売り上げの向上が見られた。計算自体はリアルタイムで行う必要がなく、現実への展開も十分可能である。なお、本研究は基礎理論の改良や新しいアルゴリズムの開発を伴うものではなく、既存の方法論を特定の問題に適用した点に主眼が置かれている。そのため、学术界への影響は限定的であるが、応用研究として、実務的な課題に理論を適用する橋渡しの役割を果たしており、特に現場での実装可能性を高める視点での意義が大きい。

以上、本論文は自動販売機の品揃え最適化問題という現実の問題に対する数理的解法を与えたものであり、学術的および理論的手法の応用という観点で貢献するところが大きい。よって、博士(情報科学)の学位論文として十分価値あるものと認めた。