

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：34428

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2019

課題番号：26870738

研究課題名（和文）時系列解析及び各種最適化とその応用

研究課題名（英文）Time series analysis and their optimization

研究代表者

樋口 友紀 (Higuchi, Yuki)

摂南大学・経営学部・准教授

研究者番号：60552065

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：時系列解析を主軸に(1)店舗における最適商品棚配置問題、(2)ブランド選択推移構造の分析、(3)各種予測手法の精度向上、改良の3テーマにて研究を実施。次に示す成果を得た。(1)配置時に商品の重複を許さないケースへの対応、コンビニでの商品配置データをモデルとした検証の実施。(2)ブランドランク作成時にコレスポネンス分析を適用、客観的な基準値を導入。航空機ブランドにて調査を行い、上述の新規モデルによるランク分類にて購買行動の上位シフトを確認。(3)「マハラノビス汎距離を用いた新指標導入」「ARIMAモデルにおけるAICを用いた最適次数決定の短時間化」実施の他、様々な時系列での予測拡充を実施。

研究成果の学術的意義や社会的意義

(1)本研究は店舗における商品配置問題を定式化し、その効果を数値として客観的に把握することを目的とする。店舗での陳列方法は売り上げに大きく影響するため、本手法の確立と精度の検証は商品販売戦略の展開に大きく資する。(2)本研究は消費者のブランド選択時における推移データを行列構造にて解明するものであり、法則化によりブランドの新製品投入タイミング、ポジショニングの判断などマーケティング戦略立案・検証に極めて有効に活用することができる。(3)在庫管理や見込み生産など、需要予測を必要とする分野・企業は非常にたくさん存在する。販売予測等、予測精度を上げることが切望される分野は多く、各方面への貢献度は高い。

研究成果の概要（英文）：The following three themes of study related to time series analysis were executed. (1)Optimization in allocating goods to shop shelves utilizing Genetic Algorithm (2) Analysis of the matrix structure in brand selection (3)Improvement of the forecasting accuracy. The following results were obtained. (1)Exploring the problem that does not allow goods to be allocated in multiple shelves. Executing the applications to the sales data of cup noodles in the convenience store as a model. (2)Introduction of the rank classification based upon the consumers' perceived quality by utilizing the correspondence analysis. Executing a questionnaire investigation in the airline ticket purchasing case and confirming the upper shifts by the new method described above. (3) "The new index utilizing Mahalanobis' generalized distance" and "Shortening the searching time of the optimal order of ARIMA model by utilizing Genetic Algorithm" are introduced and various forecasting for time series were conducted.

研究分野：経営情報、マーケティング

キーワード：時系列解析 予測 ブランド Genetic Algorithm 棚配置

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究課題においては、時系列解析を主軸に下記 3 項目の研究テーマについて取り組みを行ってきた。各テーマについての背景を以下に述べる。

(1) 店舗における最適商品棚配置問題

店舗における商品の陳列においては、その配置が売上に大きく影響を及ぼす。どの棚、棚位置にどの商品を置くことで販売確率を上げ、販売利益を最大にできるかは、組合せ最適化問題となる。このような問題は、商品数や棚数が増えると変数が急速に拡大するため、遺伝的アルゴリズム(以下 GA)によるアプローチなどが有効な方法として考えられる。本課題の申請時、経路問題や通路問題などを取り扱った、関連テーマに関する研究は存在していたが、店舗における商品の最適棚配置問題に対する取り組みは殆ど例を見ないという状況であった。本テーマは、この問題を定式化し GA を活用して解こうとするものである。最適な商品陳列による効果を数値表現により可視化することで、マーケティング戦略立案時に有効活用することが可能となる。

(2) ブランド選択推移構造の分析

消費者がブランド品等を購入する際、最初は手頃な価格の商品を選択するが、情報を得るなどするうち、次回購入するものは以前のものより良い、名前の通った高価な商品であるということが予想される。そこで、上位ブランドをベクトルの上位から並べ、前回購入分を入力、今回購入分を出力としたとき、ブランド品の購入における遷移行列は、上三角行列となることが想定される。このような形でブランド購入時の消費者行動を行列構造として明らかにし、法則化することで、需要予測および新ブランド品の市場投入のタイミング割り出しなどが可能となる。加えて、マーケティングがブランドのポジショニングを強く意識していない場合においても、上述の行列構造を解析することで、消費者が評価および位置づけたブランド品のポジションを明確化できる。過去には、ブランド遷移に関する計量的把握の試みとして、広告支出等を入力値として要するものや、ロジスティック分布を用いた研究などが存在していた。しかし、本研究は「ブランド選択が上方シフトする場合の行列構造」を明らかにし、各種応用に展開しようとするものである。申請時、このような取り組みは確認しうる限り例がなく、全く新規の理論であった。

(3) 各種予測手法の精度向上、改良

在庫管理や見込み生産など、需要予測を必要とする分野・企業は非常にたくさん存在する。予測精度を引き上げる試みはこれまでに数多く成されているが、一般の社会システムでは、時系列が定常確率過程の条件を満たすケースは稀であり、その殆どが非定常である。このような現状が予測を難しいものになっている主な理由であるが、トレンドや季節変動等をうまく除去してゆけば、こういった時系列データを定常確率過程に近づけることは可能である。当てはまりのよいトレンド除去の手法を探索することが、予測精度向上の鍵となる。

2. 研究の目的

(1) 店舗における最適商品棚配置問題

本テーマにおいては、課題申請時に販売確率と販売利益を用いて最適な棚配置を導出する理論部分を確立していた。そこで、実データなどを用いて本手法の検証例を増やすとともに、理論部分のブラッシュアップや多目的最適化問題への展開などの検討を目的とする。これまで販売時の総利益最大化を目標関数として設定していたが、これに加えて商品回転率の最大化(販売確率の最大化)という 2 つの目標関数からなる数式モデルの立案である。

(2) ブランド選択推移構造の分析

本テーマにおいて申請者はこれまでに、購買履歴を過去に遡ること 1 次および 2 次の購買データを用いた行列モデルを提案しており、同一のブランドグループに位置する商品群を、Block Matrix 化して把握するなどの論文を作成している。次に、理論の 3 次への展開と、1 次および 2 次との精度の数値比較、各種業界における本理論の検証などが目的とされる。また、ブランドのグループ分類時にコレスポネンス分析などを使用することで、より客観的かつ明確な基準値を導入する。

(3) 各種予測手法の精度向上、改良

課題申請時、GA による線形モデルと非線形モデルを組み合わせたトレンド除去手法、ニューラルネットワークを活用した予測モデル、の 2 手法を既に提案していた。本テーマではこれらの手法の予測精度検証に取り組むとともに、より多種多様なデータへの手法の適用を続けてゆくこと、そして最終的にはデータの性質と適用手法の向き不向きを割り出すこと、などが目的である。また、出荷データなどを予測する場合、ある商品では出荷がない日もたびたび発生する。つまり間歇出荷データとなるのであるが、このようなデータにおける予測手法確立はニーズが高い。そこで、間歇データの予測についても検討する。また、これら手法による予測結果と、指数平滑法や ARIMA モデルなどを用いた予測結果との精度比較を行うことで、既存手法との予測精度の比較検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 「店舗における最適商品棚配置問題」

本テーマでは、実店舗におけるデータでの理論検証例などが必要であり、これらの充実を図るとともに適切な交叉・変異手法の検討など理論部分のブラッシュアップに努める。加えて、利益のみならず商品の回転率などの変数を加えた多目的最適化への理論拡大を行う。

(2)「ブランド選択推移構造の分析」

本テーマでは、新たにモデルを3次に展開したものを提案し、1次および2次との精度比較を行う。また、ブランドバッグなど嗜好品を対象に購買履歴アンケートを収集し、理論の検証と新たなランク分類指標の導入を実施する。

(3)「各種予測手法の精度向上、改良」

本テーマでは、ニューラルネットワークを用いた予測手法の精度検証および理論部分の完成を目指す。次いで、間歇データでの予測に取り組む。また、過去に申請者が提案した、指数平滑法・遺伝的アルゴリズム・ARIMAモデルなどを用いた手法との精度比較を実施する。

4. 研究成果

(1)「店舗における最適商品棚配置問題」

本テーマでは、最適な商品陳列の仕方を遺伝的アルゴリズムを用いて定式化している。課題申請時、理論の検証例を増やすことを目的の一つとして据えていたため、研究期間中に棚数、棚位置数、商品ロット数を変化させた複数パターンにおいて検証を行った。また、商品の配置において重複を許さないことを前提としたケースなど、より複雑な事例にも対応可能とするべく、GAプログラムの改良を実施した。加えて、より現実に即した配置に対する本理論の有効性確認のため、コンビニエンスストアにおけるカップヌードルの配置データをモデルとして利用し、その結果を発表している。

本テーマにおける最終的な結論として、棚数や選択商品数の変化および配置に伴う商品の重複の有無などにより収束世代数がどのように変化するかといった問題について、これまでに行ってきた全ての研究結果をもって、その傾向を論文にまとめている。

(2)「ブランド選択推移構造の分析」

本テーマにおいては、ブランドのグループ分類時にコレスポネンス分析などを使用することで、より客観的かつ明確な基準値を導入することを主目的としていた。これについては、ブランドバッグを想定したモデルデータにおいて、ランクの分類時にコレスポネンス分析を適用した論文を完成させている。また、さらに複雑なケースを想定し、ブランドシフト時に過去に選択したブランドを考慮に入れることで、将来のブランド選択確率が変化するように、遷移確率の設定を階層化したモデルデータにより検証を行い、上位シフトを確認した。

さらに、これらの理論を実際のデータにて検証するため、航空機ブランドにおいて調査票を作成、調査を行った。分析の結果、航空機運賃をベースとした分析ではブランド変遷が上位シフトすることを明らかにした。また、ブランドランクの作成時に消費者の知覚品質を反映させるべく、同航空機データをコレスポネンス分析に適用し、消費者の購買行動が上位シフトすることを実際に確認できている。これらの結果は学会または論文誌にて発表を行っている。

その他、本理論のさらなる検証のため、ブランドバッグ分野にて調査票を作成したが、今後の実施を予定している。本研究テーマ申請時に目的の一つとしていた理論の3次への展開に関しては、基本理論部分は完成しており、実データでの検証および分析結果の発表などについては、今後の課題とする。

(3)「各種予測手法の精度向上、改良」

本テーマにおいては、GAによる線形モデルと非線形モデルを組み合わせたトレンド除去手法、ニューラルネットワークを活用した予測モデル、の2手法を既に提案している。これらの手法の予測精度検証に取り組むとともに、より多種多様なデータへの手法の適用を続けることが目的であったことから、旅客データ、出荷データ、株価データなど様々な種類の時系列を扱うとともに、日次、週次、月次データでの予測と様々なバリエーションについて検討を行ってきた。また、における最適な入力層および中間層の数値を検討するため、これらの値を変化させたうえでの予測結果を示した。各手法による予測結果については、より一般的な手法との比較を念頭に置き、従来時系列の予測手法としてよく用いられるARIMAモデルなどとも行っている。

また、理論部分についてはより正確な予測精度の観測・比較を目標として、新たにマハラノビス汎距離を用いた指標を導入した。さらに、ARIMAモデルにおけるAICによる次数決定部分においてGAを適用する手法について検討し、最適次数決定の短時間化を図った。また、これと手法による予測結果の精度比較も実施している。

なお、間歇データを対象とした累積時系列による予測と、微小項を加えた時系列による予測の比較結果については、今後の発表を予定している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 9件）

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Y.Higuchi, K.Suzuki and K.Takeyasu | 4. 巻 10(3) |
| 2. 論文標題 Utilization of Genetic Algorithm in Allocating Goods to Shop Shelves Under an Application to Cup Noodles | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Business Administration | 6. 最初と最後の頁 104-117 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.5430/ijba.v10n3p104 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Y.Higuchi, Y.Tsuchida, K.Takeyasu | 4. 巻 7(4) |
| 2. 論文標題 The Method to improve Forecasting Accuracy by Using Neural Network -An Application to the Production Data of Udon Noodles- | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Computations & Modelling | 6. 最初と最後の頁 39-62 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Yuki Higuchi, Hiromasa Takeyasu, Kazuhiro Takeyasu | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Improving Forecasting Accuracy by Utilizing Genetic Algorithm in the Case of Prepared Frozen Fry Foods | 5. 発行年 2015年 |
| 3. 雑誌名 Applied Mathematical and Computational Sciences | 6. 最初と最後の頁 15-36 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Komei Suzuki, Yuki Higuchi, Kazuhiro Takeyasu | 4. 巻 5 |
| 2. 論文標題 Optimization in Allocating Goods to Shop Shelves for Cup Noodles | 5. 発行年 2015年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Computations & Modelling | 6. 最初と最後の頁 1-25 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|--------------------|
| 1. 著者名 Yuki Higuchi, Kazuhiro Takeyasu | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 BRAND BAG PURCHASING SELECTION AND ITS MATRIX STRUCTURE | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Computations & Modelling | 6. 最初と最後の頁 1-25 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Yuta Tsuchida, Yuki Higuchi, Kazuhiro Takeyasu, Michifumi Yoshioka | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 The Method to improve Forecasting Accuracy by Using Neural Network-An Application to the Shipping Data of Consumer Goods | 5. 発行年 2014年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Computations & Modelling, | 6. 最初と最後の頁 115-137 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 Y. Higuchi |
| 2. 発表標題 Estimation of the Order of ARIMA model by the Utilization of Genetic Algorithm in the Case of Banking Industry |
| 3. 学会等名 日本経営工学会 2019年 秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Y. Higuchi, K. Takeyasu |
| 2. 発表標題 BRAND SELECTION IN THE AIRLINE TICKET PURCHASING CASE FROM THE VIEWPOINT OF THE FEELING OF LUXURY |
| 3. 学会等名 The 19th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, Hong Kong (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Y. Higuchi, K. Takeyasu |
| 2. 発表標題 Preference Shift of Airline and Its Matrix Structure |
| 3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会主催 第34回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Y.Higuchi, Y.Tsuchida, K.Takeyasu |
| 2. 発表標題 The Method to improve Forecasting Accuracy by Using Neural Network with an Application to the Production Data of Udon Noodles |
| 3. 学会等名 日本経営工学会2017年秋季大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuki Higuchi, Hiromasa Takeyasu, Yuta Tsuchida, Kazuhiro Takeyasu |
| 2. 発表標題 The Method to Improve Forecasting Accuracy by Using Neural Network - An Application to the Food Production Data |
| 3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会主催 第31回ファジィシステムシンポジウム(FSS2015) |
| 4. 発表年 2015年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuki Higuchi, Hiromasa, Takeyasu, Kazuhiro Takeyasu |
| 2. 発表標題 A Hybrid Method to Improve Forecasting Accuracy with An Application to the Data of Bread |
| 3. 学会等名 The 15th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2014年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuki Higuchi, Yuta Tsuchida, Kazuhiro Takeyasu |
| 2. 発表標題 The Method to improve Forecasting Accuracy by Using Neural Network-An Application to the Stock Market Price Data |
| 3. 学会等名 日本経営工学会2014年秋季大会 |
| 4. 発表年 2014年 |

〔図書〕 計7件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|