

令和元年5月30日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02909

研究課題名(和文) 未来予測情報を起点とするサービスシステムの設計・運用手法に関する研究

研究課題名(英文) Study on service system design and operation method based on future forecast information

研究代表者

谷崎 隆士 (Tanizaki, Takashi)

近畿大学・工学部・教授

研究者番号：90549560

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：製販一体型サービス産業の生産性向上を狙いに、サービス財の同時性を考慮し、需要変動に応じたサービス生産を支援する新たな方法論として以下を確立した。

- (1) POSデータ等の内部データと天候、催事等の外部環境データを用いた未来予測手法を開発した。
- (2) 空間的レイアウト設計として、二次元セルオートマトンとマルチエージェントシミュレーションを用いてレストランにおける顧客とホール係の挙動を解析する手法を開発した。時間的レイアウト設計として、レストランにおける顧客満足、従業員満足、経営者満足を向上しうる人員配置計画作成方法を開発した。さらに、組合せオークションを用いたシフトスケジューリング手法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はビッグデータを用いた未来予測を元にサービス提供現場に将来発生しうる事態を事前にシミュレートする基盤技術を確立した。常に需要が変化するサービス提供現場での、未来予測に基づくシミュレーション結果に基づくサービス設計を行うことで、投入労働量の最小化、機会損失の回避、計画に基づくサービス生産等、様々な効果が期待できる。すなわち、常に変化するサービス提供現場におけるサービス設計を支援するため、サービス設計と運用の時間差が少なく、常に設計変更が必要な製販一体型サービス産業に有用である。

研究成果の概要(英文)：In order to improve the productivity of the integrated manufacturing and sales service industry, we have established the following as a new methodology to support service production according to the demand fluctuation, considering the simultaneousness of service goods.

- (1) We developed a future forecasting method using internal data such as POS data and external environmental data such as weather and events.
- (2) As a spatial layout design, we developed a method to analyze the behavior of customers and customers in a restaurant using two-dimensional cellular automaton and multi-agent simulation. As temporal layout design, we developed a staff scheduling method that can improve customer satisfaction, employee satisfaction, and manager satisfaction in a restaurant. Furthermore, we have developed a shift scheduling method using combinatorial auctions.

研究分野：サービス工学、オペレーションズ・リサーチ

キーワード：サービス工学 サービスシステム設計 未来予測 空間的レイアウト設計 時間的レイアウト設計 需要予測 マルチエージェントシミュレーション スタッフスケジューリング

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

1. 研究開始当初の背景

(1) 我が国の GDP の 73% を占めるサービス産業の生産性向上問題は喫緊の課題である。特に、労働集約型サービス産業はサービス財の同時性が最も顕著に現出するため、労働生産性は特に低い。雇用者数の多い同産業の労働生産性向上は、産業政策・雇用政策の両面から重要課題である。

(2) 労働集約型サービス産業は、製販分離型サービス産業(例：小売業)と製販一体型サービス産業(例：飲食業)に分類できる。その情報循環を図 1 に示す。製販分離型サービス産業であるコンビニエンスストアは、需要変化に応じた品ぞろえ最適化を目指し POS システムを開発した。一方、製販一体型サービス産業は、サービス生産機能の販売からの分離による在庫可能性の向上にて上記課題の克服を図った。しかし、高級ホテル、ディナーレストランのように顧客接点での対面サービスの品質を重視する製販一体型サービス産業(対面重視型サービス産業)では、サービス生産機能の分離はサービス品質の毀損につながり、上記手法は適用できない。従って、サービス財の同時性を考慮し、サービス提供現場内で顧客の購買情報を循環させ、需要変動に応じたサービス生産を支援する新たな方法論の確立が必須である。さらに、既存の POS システムは過去の顧客データに基づくため、サービスの変動性に対応できないため、未来予測データの供給が求められる。



は、サービス生産機能の分離はサービス品質の毀損につながり、上記手法は適用できない。従って、サービス財の同時性を考慮し、サービス提供現場内で顧客の購買情報を循環させ、需要変動に応じたサービス生産を支援する新たな方法論の確立が必須である。さらに、既存の POS システムは過去の顧客データに基づくため、サービスの変動性に対応できないため、未来予測データの供給が求められる。

(3) この未来予測データを用いてサービス最適化ループを形成することで、顧客満足(CS)、従業員満足(ES)、経営者満足(MS)の同時実現を目指す。

2. 研究の目的

製販一体型サービス産業を対象とした、未来予測起点のサービス最適化ループを形成することで、CS、ES、MS の同時実現を目指す。この結果、下記 3 点を実現する。

- (1) サービスの同時性に起因する生産性低下要因の解消のために、POS データにサービス現場の知見や、リアルタイムな環境変動の情報を加味することで、従来の需要予測よりもリアルタイム性の高い予測をする未来予測技術を開発し、未来起点の情報循環ループを形成する。
- (2) 空間的レイアウト、時間的レイアウトに対する観測、分析、設計、適用ループを形成すると共に、顧客との価値共創モデルを構築する。
- (3) CS、ES、MS の同時向上を実現するサービス生産システム的设计・適用方法を確立する。

3. 研究の方法

- (1) 精度の高い未来予測のために、POS システム他で蓄積した購買データ等の内部データ、天候、曜日等の外部環境データ、催事、商圈変化等の社会的データ等のユビキタスに存在する外部データを統合的に活用する未来予測手法を確立する。
- (2) 空間的レイアウト設計として、購買行動予測データを元に需要変化に伴う環境要因への対応可能性をシミュレートする手法を確立する。将来の需要変化に基づく設備過剰・過少等のサービス生産能力の構造問題を明らかにし、投資金額の最小化、設備稼働率の最大化を目指す。また、動線最小化による ES および CS の向上、売場稼働率最大化による MS の向上を図るレイアウト計画をシミュレーション可能なシステムを開発し、空間的レイアウト設計者の意思決定を支援する。時間的レイアウト設計として、ビッグデータを元に顧客の購買行動を予測したデータを用い、サービス提供現場の人員計画と生産計画をシミュレートする。
- (3) 勘と経験に依存していたサービス生産から脱却し、投入労働量の低減(ES、MS の向上)とサービス品質向上(CS の向上)を図る。

4. 研究成果

(1) POS データ等の内部データと天候、催事等のユビキタスに存在する外部環境データおよび社会的データを用いた未来予測手法の研究開発として、機械学習 (Bayesian Linear Regression, Boosted Decision Tree Regression, Decision Forest Regression) および統計的手法 (ステップワイズ) を用いた来店顧客数の予測を行った。研究協力者が経営するレストランチェーンの 5 店舗から提供いただいた POS データと 5 店舗周辺の天候などの外部環境および社会的データを用いて未来予測を行った(表 1)。いずれの店舗においても概ね 85% 以上の予測率 (1 式) であり、良好な予測結果である。

表 1 来店顧客数予測結果 (%)

| 店舗 | Bayesian | Boosted | Decision | ステップワイズ |
|----|----------|---------|----------|---------|
| A | 91.7 | 90.2 | 91.4 | 91.7 |
| B | 87.6 | 87.0 | 87.2 | 88.9 |
| C | 84.7 | 84.6 | 85.0 | 86.0 |
| D | 85.8 | 84.7 | 85.5 | 85.7 |
| E | 85.2 | 87.3 | 87.3 | 84.6 |

p_i : i 日の来店実績値, e_i : i 日の来店予測値, N : 予測期間,
 \bar{p}_i : i 日の予測率, \bar{p} : N 日間の予測率の平均

$$\alpha_i = \frac{p_i - |p_i - e_i|}{p_i}$$

$$\alpha = \frac{\sum \alpha_i}{N} \quad (1)$$

商品発注 (= 店舗の仕入れ発注) 数量の未来予測として生ビールの発注数量予測結果を表 2 に示す。予測手法として機械学習の一手法であるランダムフォレスト回帰を用いた。このレストランチェーンの納入リードタイムが 1 日である事から、(1)式を用いて計算した発注数量の翌日顧客注文量への合致度を本検証の予測率とした。過去 1 年および過去 2 年のデータを用いて学習した結果と実績の発注数量を用いた予測率を比較した。未来予測手法の結果は 50~60%であり、良い結果とは言えないが、実績発注数量である店舗実績よりは良い結果となっている。なお、B 店は本検証中に閉店したので、検証対象外とした。今後、予測精度向上を目指し、継続して研究を行う。

表 2 生ビール発注数量予測結果 (%)

| 店舗 | 過去1年 | 過去2年 | 店舗実績 |
|----|------|------|------|
| A | 53.7 | 57.6 | 31.1 |
| C | 56.7 | 55.1 | 23.7 |
| D | 59.6 | 56.5 | 49.8 |
| E | 51.5 | 47.8 | 46.6 |

(2)空間的レイアウト設計として、二次元セルオートマトンを用いてレストランホールにおける顧客とホール係の挙動をモデル化した。さらに、マルチエージェントシミュレーションを用いて上記モデルをコンピュータ上に実装し、店舗内の座席配置、ホール係の要員数と混雑時の顧客の空席待ちの関係を解析した。本解析手法を昼食時に混雑するレストランの来客データを用いて、混雑時の顧客の待ち発生を減少するためのレイアウト設計についての検証を行った。この結果、顧客の人数比率と座席の比率が合致した座席レイアウトの方が、待ち発生の減少する効果が得られることを確認すると共に、本設計手法の有効性を確認した。さらに、収容人数のことなる複数の店舗レイアウトデータを用いて、機会損失を起こさないために必要な収容人数の算定を行った。この結果、収容人数と混雑のために退店しない来店客数の間には、相関関係があることが判明した。従って、新たな店舗を設置する際、購買予測データ等から期待される来店客数が分かれば、それに対する必要収容人数(営業面積)を求める事が可能であると考えられる。現在、上記モデルに新たに厨房スタッフの挙動を加えたより精緻なモデルについて研究中である。

(3)時間的レイアウト設計として、レストランにおける CS, ES, MS を向上しうる人員配置計画作成方法を開発した。レストランでは、従業員の希望勤務日に基づき様々な制約条件を考慮しながら人員配置計画を立案している。そこで、以下のモデル化を行った。従業員別に希望勤務計画から希望度 1 (= 勤務可) および -1 (= できれば勤務したくない) 別に勤務計画が連続する勤務計画パターンを全て作成し、勤務パターン集合とする。その勤務計画パターン集合の中から、必要最小能力を満足し CS, ES, MS が最も高くなる勤務計画パターンを選ぶ(図 2)。従業員別の勤務計画パターンの選択有無を 0-1 変数とする

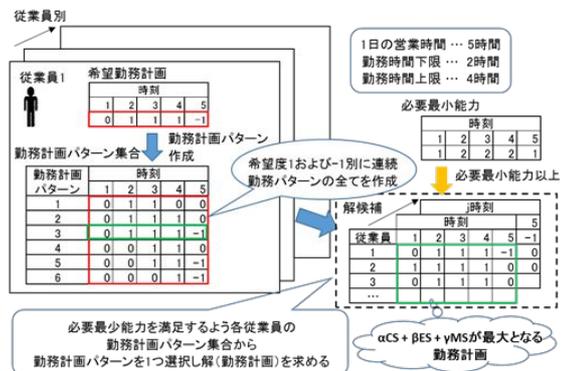


図 2 モデル化の考え方

ことで、本問題を 0-1 整数計画問題としてモデル化できる。本モデルを用いて、ロボットを導入する際の、ロボット台数と CS, ES, MS に関わる総合満足度との関係、およびトレードオフの関係にある CS, ES, MS の関係について考察を行った。その結果、以下の知見が得られた。

ロボット台数を増加させることで総合満足度をより高めることができる。その際、総合満足度を高くするためには、MS 値よりも CS 値および ES 値が高い値を占めるような勤務配置が良い。

ES と MS, CS と MS はトレードオフ関係にある。一方、「平日では従業員のフロント業務の勤務希望を優先すればある程度までは ES を下げずに CS を向上できる」他トレードオフの関係が成立しない領域も存在する。

さらに、解法アルゴリズムとして組合せオークションを用いたシフトスケジューリング手法を厨房スタッフへと拡張し、勤務シフトスケジュールと業務割当の同時計画手法を提案した。実環境からのデータを用いた計算機実験を行い、両計画を逐次的に計画する従来手法との比較によって提案手法の有効性を確認した。さらにシフトスケジューリングとレイアウト計画の統合を目指し、シフトスケジュールを考慮したレイアウト計画手法を提案し、基礎的な実験を行いその有効性を確認した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 9 件)

Takashi Tanizaki, Tomohiro Hoshino, Takeshi Shimmura, Takeshi Takenaka, Demand forecasting in restaurants using machine learning and statistical analysis, Procedia CIRP, 査読有, Vol. 79, 2019, pp. 679-683

Antonio Oliveira Nzinga Rene, Takashi Tanizaki, Takeshi Shimmura, Nobutada Fujii, Takeshi Takenaka, Multi-Agent Simulation Based Analysis for Restaurant Service, Procedia CIRP, 査読有, Vol. 79, 2019, pp. 673-678

谷崎 隆士, 新村 猛, 従業員とロボットの混在職場における要員配置計画問題のモデル化と顧客満足, 従業員満足, 経営者満足の関係についての考察, 日本経営システム学会誌, 査読有, Vol.35, 2019, pp.197-204

Takashi Tanizaki, Takeshi Shimmura, Modeling and Analysis Method of Restaurant Service, Procedia CIRP, 査読有, Vol.62, 2017, pp.84-89

Ruriko Watanabe, Nobutada Fujii, Daisuke Kokuryo, Toshiya Kaihara, Yoshinori Onishi, Yoichi Abe, Ryoko Santo, A study on support method of consulting service using text mining, Procedia CIRP, 査読有, Vol.67, 2017, pp.569-573

新村 猛, 藤井 信忠, 竹中 毅, 大浦 秀一, 野中 朋美, 調理作業の担当組み換えによる日本食レストランの調理場労働時間削減に関する研究, 日本経営工学会論文誌, 査読有, Vol.67, 2017, pp.303-313

〔学会発表〕(計44件)

藤井 信忠, 國領 大介, 貝原 俊也, 松元 善紀, 野中 朋美, 新村 猛, 従業員間の相互作用を考慮した人員レイアウト計画手法, 日本経営工学会 2019 年春季大会, 2019

星野 智洋, 谷崎 隆士, 新村 猛, 竹中 毅, 機械学習を用いた飲食店運営の効率化へのアプローチ, 2018 年度人工知能学会全国大会 (第 32 回), 2018

新村 猛, 藤井 信忠, 野中 朋美, シミュレータを用いた日本料理レストランの労働生産性改善, 2018 年度人工知能学会全国大会 (第 32 回), 2018

松元 善紀, 藤井 信忠, 貝原 俊也, 國領 大介, 新村 猛, サービス産業における需要変動を考慮した人員シフト計画手法, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2018, 2018

Takashi Tanizaki, Tomohiro Hoshino, Takeshi Shimmura, Takeshi Takenaka, Restaurant Store Management with Internal Data and External Data Existing Ubiquitous, Joint International Conference of Service Science and Innovation and Serviceology, 2018

Ruriko Watanabe, Nobutada Fujii, Daisuke Kokuryo, Toshiya Kaihara, Yoichi Abe, Ryoko Santo, A Study on Support Method of Consulting Service Using Customer Information -Application to Real Scale Problem-, Joint International Conference of Service Science and Innovation and Serviceology, 2018

谷崎 隆士, 新村 猛, 人とロボットの協調職場における要員スケジューリング, 第 5 8 回日本経営システム学会全国研究発表大会, 2017

Takeshi Shimmura, Kenji Arai, Takeshi Yamamoto, Syuichi Oura, Tomomi Nonaka, Nobutada Fujii, Takashi Tanizaki, Multiproduct Japanese Cuisine Restaurant Improves Labor Productivity by Changing Cooking Processes Using a Partial Refrigerator, 5th International Conference on Serviceology, 2017

Ai Ito, Nobutada Fujii, Toshiya Kaihara, Daisuke Kokuryo, Takeshi Shimmura, Scheduling Method Considering Constraints of Allocating Plural Tasks in Restaurant Business, 5th International Conference on Serviceology, 2017

Jun Takeoka, Takeshi Takenaka, Nariaki Nishino, Takahiro Kushida, Koichi Kurumatani, Service Ecosystem Analysis by Multi-Agent Simulation for Designing Sustainable Services, 5th International Conference on Serviceology, 2017

伊藤 愛, 藤井 信忠, 貝原 俊也, 國領 大介, 新村 猛, 外食産業における業務割当を考慮した人員シフト計画法 休憩時間を組込むモデル化, 2017 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2017

三川 史家, 谷崎 隆士, 藤井 信忠, 新村 猛, 人とロボットの混在職場における CS, ES, MS の向上を目指した勤務計画の作成, サービス学会第 5 回国内大会, 2017

小山 健太, 藤井 信忠, 貝原 俊也, 國領 大介, 新村 猛, 遺伝的アルゴリズムとシミュレーションの統合による外食産業の厨房レイアウト計画 設備のグループ化を取り入れた計画手法, サービス学会第 5 回国内大会, 2017

新村 猛, 新井 健治, 山本 健, 大浦 秀一, 藤井 信忠, 野中 朋美, 谷崎 隆士, サービス財の変動性・同時性を考慮した調理プロセスの変更による多品種型和食レストランの労働生産性改善, サービス学会第 5 回国内大会, 2017

Takashi Tanizaki, Takeshi Shimmura, Modeling of Restaurant Service Process using Cellular Automata, 4th International Conference on Serviceology, 2016

Kenta Koyama, Nobutada Fujii, Toshiya Kaihara, Daisuke Kokuryo, Takeshi Shimmura, Kitchen layout planning in food service industry by integration of simulation and genetic algorithm, 4th International Conference on Serviceology, 2016

Takeshi Shimmura, Toshiya Kaihara, Nobutada Fujii, Tomomi Nonaka, Reduction of Employee's Work Load by Reducing Moving Distance at a Japanese Cuisine Restaurant, 4th International Conference on Serviceology, 2016

野中 朋美, 藤井 信忠, 新村 猛, 高橋 俊文, 水山 元, 顧客満足とサービス品質を考慮したサービス生産に関する実験的検討, 日本機械学会 第 26 回設計工学・システム部門講演会, 2016

谷崎 隆士, 新村 猛, マルチエージェントシミュレーションを用いたレストランサービスプロセスのモデル化, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2016, 2016

〔図書〕(計1件)

竹中 毅(都築誉史編), 北大路書房, シリーズ心理学と仕事 20[ICT・情報行動心理学], 2017, 170 ページ, pp.133-153

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 竹中 毅

ローマ字氏名: TAKENAKA takeshi

所属研究機関名: 国立研究開発法人産業技術研究所

部局名: 情報・人間工学領域

職名: 研究グループ長

研究者番号(8桁): 70396802

研究分担者氏名: 藤井 信忠

ローマ字氏名: FUJII nobutada

所属研究機関名: 神戸大学

部局名: システム情報学研究科

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 80332758

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 新村 猛

ローマ字氏名: SHINMURA takeshi

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。