

# サービス産業におけるシミュレーションの適用に関する研究

三 輪 冠 奈

Service industry accounts for larger fraction of GDP. Because the service productivity is not high, it is important to enhance service productivity. In this paper, in order to improve service productivity, the cases using scientific and engineering approaches were introduced. The cases used the simulation model with POS data in retail store. First case, the simulation model of customer behavior was constructed and utilized to examine customer flows, particularly the customer waiting time at the cashier register in retail store. Second case, the simulation model of staff operations was constructed to determine the optimal number of clerks taking into account operation type, operation frequency, and staff scheduling. These cases were applied the "the optimal design loop" using simulation. As a result, store management problems and the staffing problems can be solved easily and effectively.

**Keywords:** Service Engineering, Service Productivity, POS data, Simulation

## I. はじめに

本稿では、サービス産業における科学的・工学的アプローチであるサービス工学について、最近の動向を概観する。そして、サービス産業を対象として、大規模データとシミュレーションを活用した研究事例を示す。サービス工学とは、既存の科学的・工学的手法をできるだけ取り入れて、サービス産業の質および生産性を高めるという戦略性を持つものである<sup>1)</sup>。

サービス産業は、GDPに占める割合が7割の重要な産業である(図1)。広義のサービス業は、狭義のサービス業、情報通信業、運輸業、不動産業、金融・保険業、卸売・小売業、電気・ガス・水道業が含まれる。狭義のサービス業には、公共サービス(教育、研究、医療保健衛生その他)、対事業所サービス(広告業、業務用物品、賃貸業、自動車・機械修理その他)、対個人サービス(娯楽業、飲食店、旅館、洗濯・理容・美容・浴場業その他)が含まれ、特に教育や介護は近年シェアが拡大している。しかし、サービス産業の生産性の伸びは、製造業や諸外国と比べて低く、特に伸び率の低い分野は外食、卸、小売りサービスといった労働集約的産業とICTを活用したビジネス支援サービスである<sup>2)</sup>。これらの分野においては生産性を向上させることが課題になっており、これまで製造分野で適用されてきたような

科学的・工学的アプローチを活用し、生産性を向上させることが必要になっている。

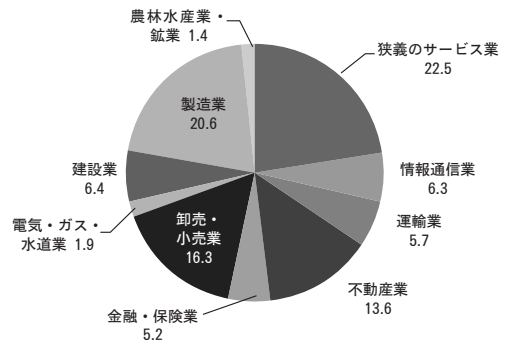


図1. 経済活動別のGDPシェア (内閣府(2012)から作成)

## IV. サービス産業における科学的・工学的アプローチ

### 1. サービスの生産性向上とサービスイノベーション

サービス産業生産性協議会(2007)において、サービスの生産性は、「付加価値の向上、新規市場の創出(以下、「付加価値向上等」という)と「効率の向上」の2つの要素から構成され、式(1)のように定義されている<sup>3)</sup>。さらに、生産性の向上においては、一般的には分母の「効率の向上」を優先させて減少

させることを考えることが多いが、分子の「付加価値の向上等」にも同時に考慮する必要がある、「効率の向上」と「付加価値向上等」を同時に両立させることでサービス産業の生産性を飛躍的に向上させることを「サービスイノベーション」と定義している。具体的には、「顧客に付加価値を与えない作業（物を運ぶ・探す等）については徹底的に「効率化」を図り、これによって余裕が生まれた労働力や資金を「付加価値向上等」に充てる」という例が挙げられている。

$$\text{サービス産業の生産性向上} = \frac{\text{付加価値の向上等}}{\text{効率の向上}}$$

(1)

内藤（2009）は、サービス生産性向上の具体的な科学的・工学的手法を検討し、調査結果の分析から、多くのサービス企業がサービス提供の効率化と同時に、顧客にとっての価値の向上を同時に実現し、生産性を向上させている 3 つの共通の取り組みが存在していることを示している。1 つ目は、「顧客接点での日常行動設計・ニーズ分析」であり、顧客接点を重視し、顧客ニーズをくみ取ることで、サービス提供の効率化だけでなく、高い顧客満足を得ていることである。2 つ目は、「顧客重視から顧客起点へ」であり、一人一人の顧客の行動や購買のプロセスから得られるデータをモデル化し、次のサービス設計に反映できるようにしていることである。3 つ目は、「サービスの連携」であり、個別のサービスプロセスのモデルを最適化することではなく、顧客ニーズに合わせて最適化していることである。

## 2. サービス産業を対象とした工学的アプローチ

経済産業省（2007）は、サービスの提供プロセスを発展させるために「最適設計ループ」を考案している（図 2）。サービスの現場での人間行動の「観測」、得られた観測結果の「分析」、分析結果に基づいた消費者、供給者、社会のニーズに適応したサービスの「設計」、設計されたサービスの現場への「適用」といった各段階との対応で分類され、これら一連の手続きを提唱している。

さらに、サービス工学分野の要素技術において、「技術戦略マップ」<sup>4)</sup>が作成されている。「技術戦略マップ2010」において、重要技術として選定されているものを表1に抜粋した。表1に抜粋された技術の

多くは、シミュレーションと関連付けることができる。通常、シミュレーションを行う手順は次のようになる<sup>5)</sup>。

- Step1 問題の定式化 + 作業の計画
- Step2 データの収集とシミュレーションモデルの定式化
- Step3 モデルの精確さのチェック
- Step4 ソフトウェアの選択とプログラムの作成
- Step5 モデルの妥当性の検討…アニメーションも重要
- Step6 シミュレーション実行の計画…入力パラメータの選択など
- Step7 シミュレーション実験の実施と結果の分析
- Step8 プレゼンテーション、マネジメントへの提言

シミュレーションと技術戦略マップでピックアップされている技術には、Step1の問題定式化においては顧客インタビューやアンケートによる「観測」の初期仮説策定技術、Step2ではデータ収集のための「観測」のセンシング技術とシミュレーションモデルの定式化をするための「分析」の数値分析技術において関連があるだろう。さらにStep3からStep7ではシミュレータ技術、Step8ではプロセス設計技術が関わってくるだろう。つまり、技術マップにあげられている各技術が向上しサービス分野に浸透することは、これまで製造業中心に应用されてきたシミュレーションがサービス分野にも広く応用されることにつながると考えられる。

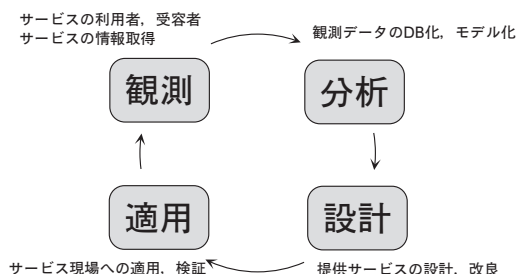


図 2. サービス工学分野の最適設計ループ

表 1. サービス工学分野の技術マップ（重要度の高い技術）

大項目	中項目	小項目	技術の説明や例
観測	初期仮説策定技術	顧客のニーズ・満足度・ロイヤルティ調査技法	新サービス検討やサービス改善に先立ち、顧客の声を聞きとるための技法。 例) 顧客インタビュー、フォーカスグループインタビュー、顧客アンケート等
	センシング技術	行動測定・記録技術	RFIDや非接触ICカード、各種センサなどの工学的技術応用によって人間の行動を把握するための技術。 例) RFID, 電子マネー, マイク, ジャイロセンサ, 映像記録
分析	数理分析技術	データマイニング技術	人間の行動に関する大規模定型・非定型データから、仮説を発見するための技術。 例) データマイニング, テキストマイニング
設計	シミュレータ技術	集団行動シミュレータ	人間の集団に関するモデルを用いて、集団としての振る舞いを再現したり将来予測するための技術。 例) マルチエージェントシミュレーション, 人工市場
	プロセス設計技術	プロセス可視化	サービスの内容や特性を表記する技術。 例) サービス・ブループリンティング
適用	ライフログの実用化技術	ライフログの実用化技術	ライフログを全業界的に利用できるようにするための基盤システム。
	人材育成技術	従業員の作業評価支援	評価の数値化, 定量化技術。

経済産業省（2010）「技術ロードマップ」より、重要度の高い技術を抜粋して作成。

### Ⅲ. 大規模データとシミュレーション

#### 1. POSデータ

近年、ビッグデータとして従来よりも膨大かつ多様である大規模データの活用が注目されている。小売業においては、ポイントカードを活用して顧客情報を把握したり、クーポン券による販促を実施したり、効率的な業務オペレーションのために活用したり、ビッグデータの活用範囲が広がっている。

多くの飲食業や小売業では、POS（Point of Sales）システムが導入されている。飲食店や小売店では、各店舗での決済においてPOSシステムを活用し、日々の売上データなどを蓄積している。例えば、コンビニエンスストアでは、店頭設置されたPOSレジや、バックヤードに設置されたストア・コントローラー、商品の納入時に検品を行うための検品端末、そして店内で発注を行うことが可能であるノート型の発注端末が利用され、売上データ、納品データ、発注データなどが蓄積されている。これらのデータをリアルタイムで活用した在庫管理が可

能であり、効率的な運営を実施できるようになっている。蓄積された膨大なPOSデータはいわゆるビッグデータであり、近年ではID付きPOSデータの活用も盛んになり、一人一人の顧客行動が予測可能となるデータ分析も行われるようになってきている。ID付きPOSデータの研究としては、櫻井（2004）が流通業において店舗が収集した顧客IDに基づくデータに対して制約付き潜在クラスモデルを適用し、顧客の購買行動パターンを基にしたセグメンテーションを提案している。また、鶴見・中山（2005）は百貨店店舗内における優良顧客の購買行動について、店舗内買い回り行動を把握するためにID付きPOSデータを分析する手法を提案し、売場レイアウト変更の影響について研究を行っている。

シミュレーションモデルにPOSデータを活用した研究には、Fu and Piplani（2000）が、サプライチェーンの在庫管理にPOSデータを用いたモデルを開発している。また、Kitazawa et al.（2010）は、RFIDから得られたデータとPOSデータを用いて、商品を購入する購買行動と店舗内を回遊する回遊行

動まで考慮したエージェントベースシミュレータを開発している。

## 2. サービス産業におけるシミュレーションの適用

サービス産業におけるシミュレーションの適用に関して、渡辺他 (2009) は「科学的・工学的手法」の導入効果について、「観測」技術でセンシング技術に着目してシミュレーションを用い、実際のサービスの現場に「最適設計ループ」を適用した作業改善の事例を紹介し、その有効性を示している。

図 3 は本稿で示す事例における、シミュレーションによる最適設計ループの応用を示している。対象

サービスについて「観測」し、情報システムから得られる POS データと現場の調査によって得られる観測データを収集する。次に、POS データを活用したシミュレーションモデルを構築し、現状を As-is モデルとして「分析」する。仮説検証として、さまざまなシナリオ設定をし、To-be モデルとしてシミュレーションモデルを繰り返し実行することから結果を得る。シミュレーション結果から、最適とされる提供サービスを「設計」する。最後に、最適とされる結果を現場へ「適用」という一連の流れを「シミュレーションによる最適設計ループの応用」とする。

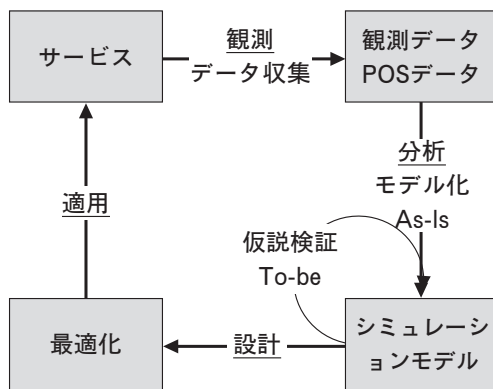


図 3. シミュレーションによる最適設計ループの応用

## IV. 小売店内サービスにおけるシミュレーション分析の応用事例

サービス産業への工学的アプローチを適用した事例として、コンビニエンスストアにおけるシミュレーション分析について紹介する。それぞれの分析では、前項で示した「シミュレーションによる最適設計ループの応用」を適用している。

対象とする店舗は、大学構内にあるコンビニエンスストアである。開店時間が 7 時から 23 時であり、平日の顧客数は休日の倍くらいになるほど差があり、平日においても昼休みや休憩時間に顧客数が急増するという特徴がある。対象店舗をモデル化し、POS

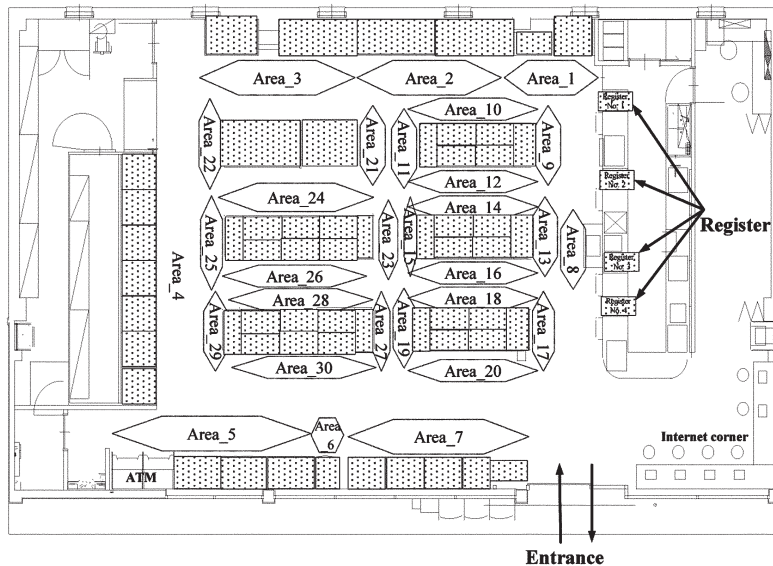


図 4. 対象とする店舗のレイアウト図

データを活用したシミュレーションによる定量的な分析を実施した。図4は、対象とする店舗のレイアウトである。店舗内には4台のレジが設置されている。

### 1. シミュレーション分析<sup>1 6)</sup>

本事例のシミュレーション分析の目標は、顧客の店内行動を可視化し、店舗運営の改善を実施した場合や新しい技術の導入した場合の影響を測定することである。特に、レジ待ち時間の緩和、混雑度の緩和を目標としている。

#### (1) 観測

実際の、「レジ処理時間」、「ショッピング時間」を測定した。POSデータについては、売上データからそれぞれの顧客の「売上時間」、「レジ番号」、「購入商品数」のデータを収集した。また、「商品群IDごとの配置エリア」のデータも収集した。

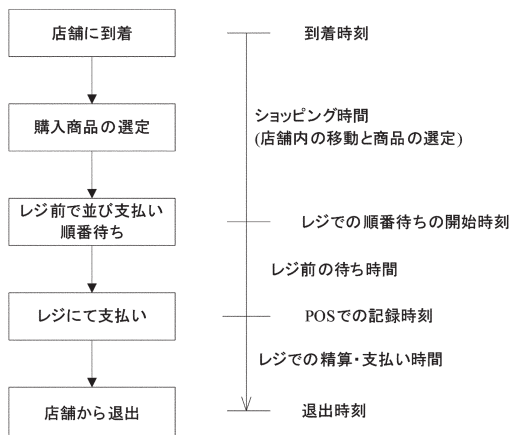


図5. 店内の顧客行動

#### (2) 分析

測定した「レジ処理時間」、「ショッピング時間」について、回帰分析を用いてそれぞれの予測値を算出した。図5に示した店内の顧客行動を元に、シミュレーションモデルを構築した。図6はシミュレーションの流れであり、図7はアニメーションの様子である。実際のPOSデータや観測データから顧客の到着時間や店内移動時間を推定した店内顧客行動のシミュレーションを構築し、アニメーションによる店内行動の視覚化することより、特定エリアの混雑の様子やレジへ並ぶ際の偏りの様子などの対象店舗の特徴を捉えることができる。

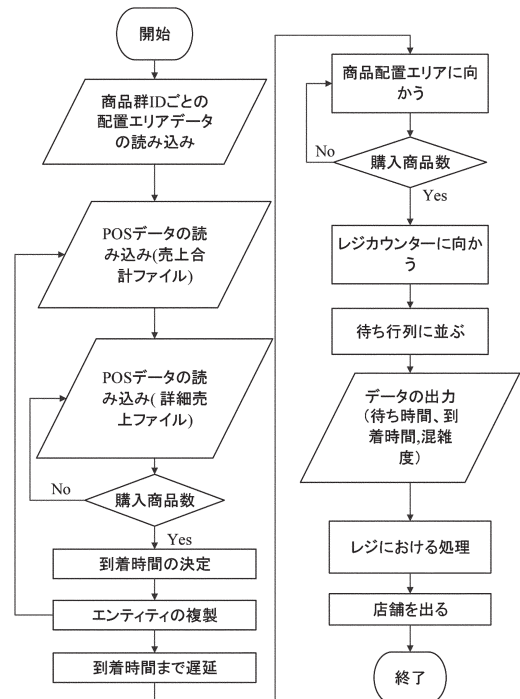


図6. シミュレーションモデルの流れ

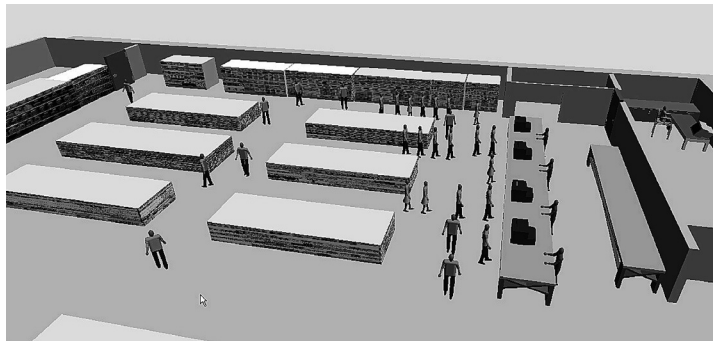


図7. 店内シミュレーションのアニメーション



表 2. シミュレーション分析1に利用したデータとサービス生産性の関係

入力データ	POSデータ、観測データ（レジ処理時間、ショッピング時間）、商品群IDごとの配置エリア	
出力データ	待ち時間、混雑度	
仮説検証	商品配置エリアの見直し、電子タグの導入、顧客の並び方の見直し	
サービス生産性	効率の向上	電子タグ導入による効率化、顧客の並び方見直しによる効率化
	付加価値向上等	混雑エリアの緩和、レジの待ち時間の緩和

### (3) 設計

仮説検証するためにさまざまなシナリオ設定をし、繰り返しシミュレーション実験を実施した。「顧客のレジへの並び方の見直し」による待ち行列の緩和と、「電子タグの導入」における効率化と待ち行列の緩和、そして、「商品配置エリアの見直し」による混雑の緩和を目標としてシナリオを設定した。

### (4) 適用

シミュレーションの結果から、「顧客のレジへの並び方の見直し」ではフォーク型に顧客が並ぶように誘導することで待ち時間を55%減少させることが明らかになった。また、「電子タグの導入」では、待ち時間は92%も減少した。全商品でなく、一部主要商品に電子タグ導入をするだけでも効率的なレジ対応が可能であることも示された。また、「商品配置エリアの見直し」においては、混雑時間に集中する商品配置エリアを待ち行列と重なることを避けた配置にすることで、混雑度が20%減少した。

これらのシナリオでは、待ち時間や混雑度が減少することが予測できるが、シミュレーション実験から減少率を数値により明確に示すことが可能であり、最適化する際に意思決定の支援となるだろう。

表 2 はシミュレーション分析1に利用したデータとサービス生産性の関係について示している。

## 2. シミュレーション分析 2<sup>7)</sup>

本事例の目標は、業務調査から業務内容を把握し、顧客の待ち行列や業務を視覚化し、顧客の待ち時間や業務処理量を考慮して、最適な人員配置を求めることである。

### (1) 観測

現場の業務調査から、「業務内容」と「業務の処理時間と処理回数」を測定した。POSデータについては、売上データからそれぞれの顧客の「売上時間」、「レジ番号」、「購入商品数」のデータを収集した。

### (2) 分析

店内で実施されている業務は拘束時間や拘束条件によって、優先業務、固定業務、随時業務の3つにタイプに分類することができる。優先業務は、顧客に対応するサービス業務であり、最優先に行わなければならない業務である。固定業務は、時間帯が決まっている業務であり、主に途中集金、廃棄処理、納品・検品・陳列である。随時業務は、時間帯は決まっていないが、優先業務や固定業務がないときに、状況に応じて行わなければならない業務である。業務調査から時間帯ごとの業務量を推定し算出した。

POSデータと業務調査のデータを利用し、3つのタイプの業務を中心としたシミュレーションモデルを構築した。図 8 はシミュレーションモデルの流れを示している。

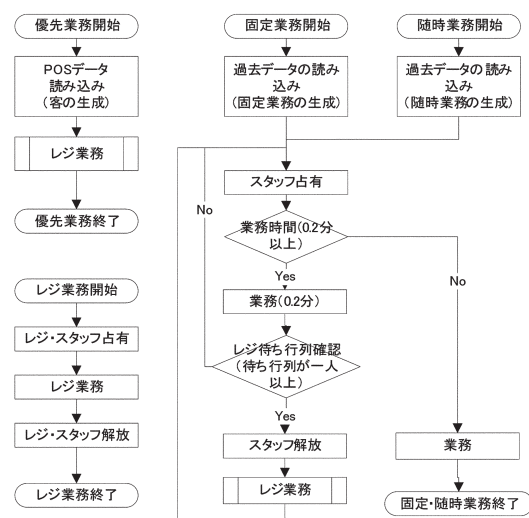


図 8. シミュレーションモデルの流れ

### (3) 設計

仮説検証するためにさまざまなシナリオ設定をし、繰り返しシミュレーション実験を実施した。業務調査の結果から、それぞれの業務の時間ごとに「積み

表3. シミュレーション分析2に利用したデータとサービス生産性の関係

入力データ	POSデータ、観測データ（レジ処理時間、業務内容と処理時間）	
出力データ	待ち時間、業務未処理数	
初期値設定	シミュレーションの初期値に整数計画法の解を適用	
仮説検証	人員配置の見直し	
サービス生産性	効率の向上	無駄のない人員配置
	付加価値向上等	レジの待ち時間の緩和、適時業務遂行による店内環境向上

上げで算出した人員配置」、それぞれの時間帯の業務量を考慮した「整数計画法で求めた人員配置」をシナリオとして設定した。「整数計画法で求めた人員配置」は、目標関数を合計配置人数の最小化とし、制約条件を毎時の業務量が優先業務と固定業務の毎時必要業務量（人時）以上であることと、時間帯ごとの全業務量が時間帯ごとに必要となる全業務量（人時）以上であることとし、変数は0または1として求めた人員配置である。

#### (4) 適用

シナリオ設定で得られた人員配置は、「整数計画法で求めた人員配置」では現状よりも36%減少し、「積み上げで算出した人員配置」では現状より29%減少した。しかし、これらは長い待ち時間や未処理業務も生じてしまうため、最適解探索にOptQuest for Arenaのツールを利用した。OptQuest for Arenaは、最適解の探索をサポートするツールであり、操作変数の上・下限や制約条件を設定して実行することにより、自動的に最適な値を効率的に探索することができる。ここでは、目的関数は配置人数を最小化することとし、制約条件は優先業務のレジの平均待ち時間（時間帯ごと）を7分以下で、固定業務に取り掛かる時間の遅れを10分以下とし、随時業務の未処理数は0になるものとした。その結果、最適解として得た人員配置は、制約条件を満たしながら、現状よりも人員配置数が7.5%減少した。

表3はシミュレーション分析2に利用したデータとサービス生産性の関係について示している。

## V. おわりに

サービス産業を対象としたシミュレーション分析において、一連の手続きを「最適設計ループ」へ応用し、それらを実際の店舗を対象として適用した事例を示した。シミュレーションモデルによる仮説検

証では、実際のサービスに適用する前にさまざまなシナリオを繰り返し実験することによって確認することが可能である。この手続きは実際のサービスへ適用する際に、無駄なフィードバックを減少することができるだろう。また、本稿で紹介した事例では、サービス生産性の要素である「効率向上」と「付加価値向上等」をシミュレーションの結果から定量的に測定することが可能である。サービス分野においてもシミュレーションを活用して定量的に測定することは効果的であり、意思決定の際の支援となるだろう。

サービスの分野において、科学的・工学的アプローチを活用して仮説検証を繰り返し、実際の現場に適用していくことを広げていくには、シミュレーション分析などを適用した事例を増やし、さまざまなサービス業の現場で応用されるようなフレームワークを立案していくことが必要である。

## 謝辞

本研究は、大手コンビニエンスストアチェーンとの共同研究による成果の一部であり、本研究を遂行するにあたり、機会を与えていただいた関係者皆様に深甚なる謝意を表する。

## 注

- 1) 内藤 (2009) pp.4。
- 2) 本村他 (2012) pp.2-3。
- 3) サービス産業のイノベーションと生産性に関する研究会 (2007)。
- 4) 経済産業省『技術マップ2010』(2010)。
- 5) 森・松井 (2004) pp.222。
- 6) 詳細のモデル化や分析結果については、Miwa and Takakuwa (2008)と三輪 (2010)を参照してほしい。
- 7) 詳細のモデル化や分析結果については、Miwa and Takakuwa(2010)を参照してほしい。

参考文献

- 内閣府 (2014)「サービス産業の生産性」  
[http://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/future/wg1/0418/shiryuu\\_01.pdf](http://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/future/wg1/0418/shiryuu_01.pdf)。
- 経済産業省 (2007)『サービス産業におけるイノベーションと生産性向上に向けて』経済産業調査会。
- 経済産業省 (2010)『技術戦略マップ2010 サービス工学分野』  
[http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu\\_kakushin/kenkyu\\_kaihatu/str2010/a7\\_2.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2010/a7_2.pdf)。
- 櫻井尚子 (2004)「潜在クラス分析を用いたマーケットセグメンテーション：顧客の購買パターンによるマーケットセグメント創出のモデル」『計算機統計学』17 巻 1 号, 21-30頁。
- 鶴見裕之, 中山厚穂 (2005)「個人差多次元尺度構成法を用いた百貨店における店舗内買回り行動の分析」『応用社会学研究』47巻, 195-204頁。
- 内藤耕 (2009)『サービス工学入門』東京大学出版会。
- 三輪冠奈 (2010)「電子タグ導入における効率と効果——シミュレーションによる意思決定——」『名古屋学院大学論集 社会科学篇』第46巻 3 号, 119-133頁。
- 本村陽一, 竹中毅, 石垣司 (2012)『サービス工学の技術 ビッグデータの活用と実践』東京電機大学出版局。
- 森雅夫, 松井知己 (2004)『オペレーションズ・リサーチ』朝倉書店。

- 渡辺博己, 山田俊郎, 浅井博次, 棚橋英樹 (2009)「人物の行動計測技術の開発とサービス産業への応用」『岐阜県情報技術研究所研究報告』第11号, 1-8 頁。
- Fu, Y., Piplani, R., De Souza, R., & Wu, J. (2000), "Multi-agent enabled modeling and simulation towards collaborative inventory management in supply chains," Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, pp.1763-1771.
- Kitazawa, M., Takahashi, M., Yamada, T., Yoshikawa, A., Terano, T. (2010), "How Do Customers Move in a Supermarket? -Analysis by Real Observation and Agent Simulation-," Proc. the 3rd Japan-China Joint Symposium on Information Systems, 2010, pp.23-26.
- Miwa, K., Takakuwa, S. (2010), "Optimization and analysis of staffing problems at a retail store," Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference, pp.1911-1923.
- Miwa, K., Takakuwa, S. (2008), "Simulation Modeling and Analysis for In-Store Merchandizing of Retail Stores with Enhanced Information Technology," Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, pp.1702-1710.

(名古屋学院大学商学部)