

[論文]

コンビニエンスストアの業務と人員配置に関する研究

三 輪 冠 奈

名古屋学院大学商学部

要 旨

商品の販売だけでなく様々なサービスも取り扱うコンビニエンスストアでは、多種多様な業務を少数のスタッフで行わなければならない。本研究は、コンビニエンスストアにおける業務調査によるデータやPOSデータを用いて、人員配置を計画するための手法を提案する。人員配置は、人件費削減という側面と顧客の満足度維持または向上という側面の両方を考慮して計画する必要がある。よって、業務分析から必要な業務量を算出し、整数計画法により必要となるスタッフ数を決定する。さらに顧客の満足度を低下させないことを目標とし、レジ待ち時間を指標として、POSデータを利用したシミュレーションモデルによりシナリオによる効果を検証する。提案する手続きを実際の店舗データで応用し、効率的に人員配置を行うにはシミュレーションによる定量的な効果測定が有効であることを示している。

キーワード：業務分析，人員配置，整数計画法，シミュレーション

Study of Operation and Staff Scheduling in Retail Store

Kanna MIWA

Faculty of Commerce
Nagoya Gakuin University

1. はじめに

日本のサービス産業はGDPに占める割合が約70%となり、年々拡大する傾向にあり、サービス産業の生産性向上や付加価値化が必要となっている。GDPにおけるサービス産業の業種別では、狭義のサービス産業（飲食・洗濯、理美容等）の22.5%に次いで、卸・小売業が16%を占めている（内閣府，2014）。本研究では、小売業であるコンビニエンスストアを対象とし、スタッフの人員配置立案において工学的なアプローチを提案する。

コンビニエンスストアにおいては、業務内容が多種多様になる一方、生産性を向上させるために、各店舗では効率的に業務オペレーションを遂行することを追及する必要がある。そのために、適切なスタッフの人員配置が求められるが、店舗ごとに様々な特徴があり業務オペレーション遂行時間や業務量が異なるため、現場では時間をかけて試行錯誤にシフト表を作成することが多い。業務の複雑さだけでなくスタッフが要望する勤務形態を考慮することも必要となり、人員配置は店長などの計画者の経験や勘に頼っていることが多い。したがって、各店舗に応じた最適なスタッフの人員配置を立案するためには、それらの支援となるシステムが必要である。

本研究では、数理計画で得られた解からシミュレーション実行を反復することで、最適な人員配置を求める方法を提案する。最初に店舗の業務内容を詳細に調査し、業務分類を実施し、各時間帯に必要な業務量を推定する。次に、既存のPOS（Point of Sales）データを活用し、店舗に必要な業務量およびスタッフ数を算出する。数理計画では整数計画法を採用して、業務量を考慮しながら人件費が最小となるようなスタッフの人員配置を求める。さらに、シナリオを設定し、シミュレーション実験を反復して実施することより、最適な人員配置を決定する。

2. サービスを対象とした工学的アプローチ

2.1 サービス工学

サービス産業の拡大とともに、サービス産業のサービス生産性の向上が課題となり、科学的・工学的アプローチが注目されている。サービス業の生産性は、製造業の生産性と異なり、価値向上と効率化を同時に達成することが可能である。それぞれの要因を定量的に検証することが必要となり、これまで、サービス工学の分野ではサービス産業における種々の科学的アプローチが実施されているが、まだ体系的に確立された方法論はない。

近年ではICTの発展により、ビッグデータといわれる大規模データを利用することが容易になっている。たとえば、小売店においては膨大な毎日のPOSデータが蓄積されているが、これらの大規模データを分析、可視化することでサービス生産性の向上に寄与することもできる（本村他，2012）。

また、サービス業におけるプロセスは複雑で不確実な要素が多いため、分析や評価することが難しい。複雑で不確実性が含まれる事例を定量的に分析するためには、シミュレーションモデルによる分析が適している。特に、サービスレベルの向上と効率性を同時に追求することが

生じるため、多種多様なデータを包括的に観測し、分析することが必要であるが、シミュレーションは不確実性が含まれる事象をモデル化することが可能であり、最適な解を探索することも可能である。シミュレーションのような手法が、サービス産業を対象としたシステムにおいても定着する必要がある。

2.2 人員配置とシミュレーション

人員配置に関する研究は、数理計画を用いてスタッフの勤務条件やレベルなどを考慮して計画するナース・スケジューリングやコールセンターでのスケジューリングなどがよく知られている¹⁾。さらに、近年ではサービス工学、サービスサイエンス、そしてサービスイノベーションの研究として、サービス産業での勤務表作成やスタッフスケジューリングにおいて、組合せ最適化などの種々の手法が提案されている²⁾。

人員配置の方法については、従来の方法では、業務量を予測して人時³⁾を算出する研究が行われてきた。鳥羽他(2010)は、コールセンターにおいて業務量の予測だけでなく、業務ログからスタッフのスキルレベルを自動的に判断し、最適人員配置を算出する方法を提案している。近年は、人員配置に業務ログのような大量のデータや情報技術を活用することが可能になっている。サービス産業においては、小売店や飲食店では大量のPOSデータが日々蓄積されているため、人員配置にPOSデータを活用することもできる。新村他(2011)は、飲食店においてPOSデータと調理時間データを用いることにより、適切な労働投入量を決定している。また、POSデータを単に業務量の予測に利用するだけでなく、顧客の待ち時間を考慮したシミュレーションモデルを構築・分析することで、不確実な要素が含まれるシステムも定量的に評価することもできる(Miwa and Takakuwa, 2008)。

人員の最適配置という課題に対して、「レイバー(人員)・スケジューリング・プログラム」(以下、LSP)と呼ばれる、人員のシフト管理のためのIT(情報技術)ツールを導入するというアプローチが一部で取られてきたが、日本ではうまくいっていない(根岸他, 2011)。根岸他(2011)は、日本の小売り・サービス業においてLSPツールを導入しても十分な成果を上げるに至っていない理由の3つを明らかにしている。第1は業務プロセスの標準化が十分になされていないこと、第2は仮説マネジメントサイクルが十分ではないこと、そして第3は、現場のモチベーション向上と人材育成という視点が不足していることが理由としてあげられている。これらの課題に対しては、業務について調査したり、仮説検証を実施したりするシミュレーションは役立つ手法である。

シミュレーションの分析において、数理計画の結果をシミュレーションで評価する際に、その評価が条件を満たさないような場合は、反復的な実験を行い、最良の結果を導く必要がある。

-
- 1) ナース・スケジューリングは池上(2005)や長谷川(2006)、コールセンターについては伊藤(2005)などを参照。
 - 2) サービスサイエンスについては、日高(2014)に詳しい。
 - 3) 人時(にんじ)とはマン・アワー(man hour)のことであり、1人の1時間あたりの作業量を表す単位である。

Liu and Takakuwa (2009) は、物流センターのスタッフスケジューリングにおいて、そのアプローチを活用している。また、Liu (2009) は、コンビニエンスストアでのレジ処理におけるスタッフの配置人数に焦点を合わせ、数理計画とシミュレーションを併用したアプローチを提案している。本研究では、コンビニエンスストアのレジ業務だけでなく全業務に焦点を当て、全業務を遂行することと、顧客の満足度の維持および向上のために、レジにおける待ち行列を減少させることの両面を考慮する。経営者側としてサービスの効率化を目指すことで人件費削減を目標とするが、顧客側のサービスの満足度向上となる待ち時間削減も目標とする。

3. 研究対象の店舗

3.1 店舗の特徴

本研究で対象とする店舗は、コンビニエンスストアの大学内店舗（以下N店とする）である。コンビニエンスストアは立地により、様々な特徴がみられ、その特徴に合わせた店舗運営を行っていく必要がある。N店の代表的な特徴は、以下の4つがあげられる。

- 営業時間（7～23時）
- 客層の偏り（学生が中心）
- 混雑時間の集中（昼休みと休憩時間帯）
- 休日と平日の客数の差（平日は休日の2倍の客数）

以上のような店舗の特徴を考慮し、店長の経験と勤やスタッフのスキルや希望により、スタッフの人員配置が立案されている。図1は2012年の1年間における月ごとの時間帯別平均顧客人数の推移である。

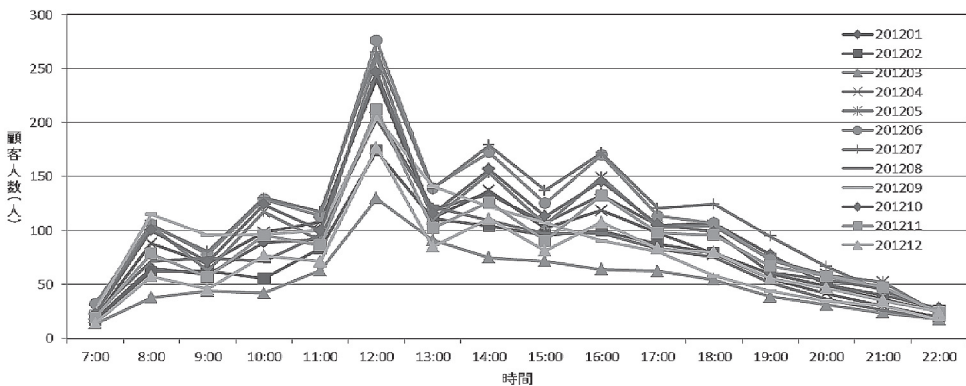


図1 時間帯別平均顧客人数の推移

3.2 店舗における業務内容の調査

コンビニエンスストアのオペレーションマニュアルに定められているスタッフの業務内容は、10項目の170種類ある。項目は、1. レジ・接客, 2. 売場づくり, 3. 発注, 4. 新聞・雑誌, 5.

FF⁴⁾, 6. サービス商品⁵⁾, 7. MMK(マルチメディアキオスク)⁶⁾, 8. クリネスとメンテナンス, 9. 精算と伝票整理, 10. 緊急の10項目である。その170種類の業務の中で、主に遂行される業務の1日の流れを表1に示す。

170種にも及ぶ業務は、業務の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。

表1 1日の業務の流れ

時間帯	売り場に関する業務	清掃や設備の管理	清算・集計業務
午前(7時~13時頃)	廃棄処理(8時) 納品・検品・陳列(10時) 前だし おでん管理 中華まん調理・陳列 フライ商品調理・陳列	床の清掃 用度品補充 店内ゴミ箱清掃 スチーマー管理	途中集金・レジ引継ぎ (10時頃)
午後(13時~18時頃)	廃棄処理(15時) 納品・検品・陳列(16時) 新聞納品・検品・陳列 前だし おでん管理 宅配便受付 中華まん調理・陳列 フライ商品調理・陳列	床の清掃 用度品補充 スチーマー管理	途中集金・レジ引継ぎ (13時頃・16時頃)
夜(18時~23時頃)	納品・検品・陳列(21時) 新聞納品・検品・陳列 おでん管理 中華まん調理・陳列	床の清掃 店内ゴミ箱清掃	
深夜(23時~7時頃)	廃棄処理(22時) 納品・検品・陳列 中華まん調理・陳列 コピー機補充 フライ商品調理・陳列 値付け 販促物掲出	床の清掃 フライヤー準備 おでん什器準備 コーヒーマーカー準備 ホットタブ準備 スチーマー管理 レジ回り清掃 店内ゴミ箱清掃 新聞返品	途中集金・レジ引継ぎ (23時・6時頃)

4) 「FF」はファストフード関連の業務であり、ファストフーズの準備、おでんの管理などの業務が含まれる。

5) 「サービス商品」は代行収納、宅配便の取り扱いなどの業務が含まれる。

6) 「MMK」は、店内に設置された情報端末に関連する業務であり、映画や各種チケットの代金支払い、収納票発行などの業務が含まれる。

- (1) **優先業務**：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。主な業務は，レジでの会計処理である。
- (2) **固定業務**：時間帯が決まっている業務である。主に途中集金，廃棄処理，納品・検品・陳列であり，これらは1日に何回か決まった時間に行われている。
- (3) **随時業務**：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。空いた時間があれば，随時，床の清掃，品だし，前だしなどを行う。また，おでん管理や中華まんなどに関しても，商品が少なくなれば補充するなどの業務があり，状況に応じて対応しなければならない。

N店において，平日における業務内容について調査を実施した。調査期間は平日の3日間とし，調査期間中の各業務の頻度と処理時間を調査した。調査期間中における業務内容は8項目42種の業務が行われていた。表2は，調査期間中に行われていた主な業務を3つタイプで分類したものを示している。表3は，調査期間中に行われた業務の回数と処理時間について，回数は時間帯別の平均値を処理時間は最少，最頻，最大値を示している。また，図2は全業務におけるそれぞれの業務タイプが占める割合を示している。全業務において優先業務が57%を占めている。

表2 業務の分類

(1) 優先業務	(2) 固定業務：時間が決まっている業務		(3) 随時業務：時間が決まっていない業務
レジ業務	6：00	途中集金・レジ引継ぎ	床の清掃
	8：00	廃棄処理	前だし
	10：00	納品・検品・陳列	用度品補充
		途中集金・レジ引継ぎ	店内ゴミ箱清掃
	13：00	途中集金・レジ引継ぎ	おでん管理
	15：00	廃棄処理	中華まん調理・陳列
	16：00	納品・検品・陳列	フライ商品調理・陳列
		途中集金・レジ引継ぎ	スチーマー管理
	21：00	納品・検品・陳列	店外ゴミ回収
	22：00	廃棄処理	レジ回り清掃
23：00	途中集金・レジ引継ぎ		

3.3 現状のスタッフの人員配置

調査期間(平日3日間)におけるN店のスタッフの人員配置を表4に示す。1時間区切りでスタッフは配置され，最小は1名，最大が6名の配置となっている。0時から5時までの夜勤は1名が配置されている。

表3 業務調査結果（主な業務の回数と処理時間）

	回数				処理時間（分）		
	23：00- 7：00	7：00- 13：00	13：00- 18：00	18：00- 23：00	最小	最頻	最大
床の清掃	0	2	2	0	0.50	1.00	35.50
フライヤー準備	2	0	0	0	0.50	16.00	101.00
ホットズ準備	1	0	0	0	0.50	1.00	101.00
スチーマー準備	0	0	0	0	0.50	1.00	101.00
おでん什器準備	2	0	0	0	0.50	8.00	55.50
廃棄処理	0	1	1	0	0.50	1.00	40.50
納品・検品・陳列	2	2	1	1	1.00	36.90	120.00
新聞納品・検品・陳列	2	0	1	1	0.50	1.00	24.50
前だし	0	9	9	0	0.50	1.00	77.50
用度品補充	0	3	2	0	0.50	1.00	9.50
店内ゴミ箱清掃	3	2	0	3	0.50	1.00	12.50
おでん管理	0	2	5	2	0.50	1.00	30.50
宅配便受付	0	0	1	0	0.50	1.00	3.00
中華まん調理・陳列	1	3	11	2	0.50	1.00	25.50
フライ商品調理・陳列	2	7	9	2	0.50	1.00	24.50
雑誌返品	0	0	0	0	0.50	1.00	3.00
販促物掲出	0	0	0	0	0.50	1.00	3.00
コピー機補充	1	0	0	0	1.50	2.00	26.50
途中集金・レジ引継ぎ	0	1	2	1	1.50	10.00	25.50
新聞返品	1	0	0	0	0.50	1.00	9.50
コーヒーマーカー準備	1	0	0	0	0.50	1.00	8.50
スチーマー管理	1	1	1	0	0.50	1.00	3.00
値付け	1	0	0	0	5.50	6.00	10.50
店外ゴミ回収	0	0	0	0	2.50	3.00	20.50
レジ回り清掃	1	0	0	0	0.50	2.00	12.50

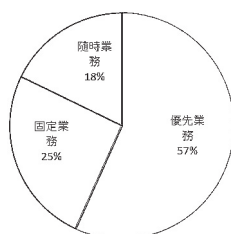


図2 業務内容の割合

表4 現状のスタッフの人員配置

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	合計
1日目(月)	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4	6	6	5	5	5	5	5	5	3	3	3	5	2	76
2日目(火)	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4	6	6	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	2	74
3日目(水)	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	70
平均	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4	6	6	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	2	73

4. 提案する手法の概要

4.1 提案する手法の手続き

本研究で提案する人員配置を立案するための手続きを図3に示す。

[ステップ1] では、現状について調査し、業務に関するデータを収集する。POSデータからレジでの業務量を、業務データから各業務量を算出し、それらの業務量を積み上げることで、各時間帯に必要な業務量を算出する。

[ステップ2] では、整数計画法 (Integer Programing : IP ; 以下IPとする)⁷⁾ により、配置人数の合計が最小になるような人員配置を求める。ここでは、[ステップ1] で算出した業務量を制約条件としている。

[ステップ3] では、シミュレーションモデルを構築し、シミュレーション実験を実行することで、顧客のレジ待ち時間、業務の未処理数などの結果を得る。[ステップ2] のIPにより得られた解は、最初に行うシミュレーションの初期値として利用する。

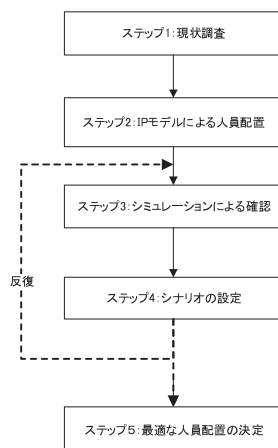


図3 最適な人員配置決定の手続き

7) 整数計画法の詳細については、今野・鈴木 (1986) を参照してほしい。

[ステップ4] では、シミュレーション実験で得た顧客のレジ待ち時間や業務の未処理数を確認し、それらがサービスレベルとして設定した上限を超えているようであれば人員を追加したり、場合によっては減少させたりさせて、シナリオを設定する。新たにシナリオを設定した場合は[ステップ3] へ戻り、設定したシナリオを実行する。

[ステップ5] では、シナリオの結果から最適な人員配置を決定する。

4.2 整数計画法について

整数計画法は、変数が整数である制約条件の下で、目的関数の値を最適化することである。ここでは、目的関数を1日あたりの合計配置人数とし、合計配置人数が最小となる各時間帯の配置を求める⁸⁾。この問題は以下のように定式化できる。

$$\text{minimize } \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{24} x_{ij} \quad (1)$$

$$\text{subject to } \sum_{i=1}^I x_{ij} \geq m_j, \quad j=1, \dots, 24 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^6 x_{ij} \geq n_1 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=7}^{12} x_{ij} \geq n_2 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=13}^{18} x_{ij} \geq n_3 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=19}^{24} x_{ij} \geq n_4 \quad (6)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad i=1, \dots, I; j=1, \dots, 24 \quad (7)$$

i =スタッフのインデックス

I =総スタッフ数

j =時間インデックス

k =6時間区間のインデックス

m_j = j 時における優先業務と固定業務の業務量 (人時)

n_k =6時間区間の k 番目の全業務量 (人時) ($k=1,2,3,4$)

式 (1) は目的関数であり、24時間の人員配置数を最小にする。式 (2) は、各時間の優先業務と固定業務で最低必要となる時間 (人時) の制約である。式 (3) から式 (6) は、1日を6時間で区切り、それぞれの時間帯で全業務を遂行するために最低必要となる時間 (人時) の制約である。変数 x_{ij} は、スタッフ i が時間帯 j に配置されるときに値を1とし、配置されないときの値を

8) このIP問題を解くために、LINGO 数理計画法ソフトウェアを利用した。

0とする。

4.3 シミュレーションモデル⁹⁾

本研究で構築したシミュレーションのロジックを図4に示す。業務が生成されると、スタッフは優先順（優先業務、固定業務、随時業務の順）に従って業務を遂行する。固定業務または随時業務の途中では、常に優先業務の状態を確認し、もし優先業務があれば固定業務または随時業務をいったん中断し、優先業務に取り掛からなければならない。

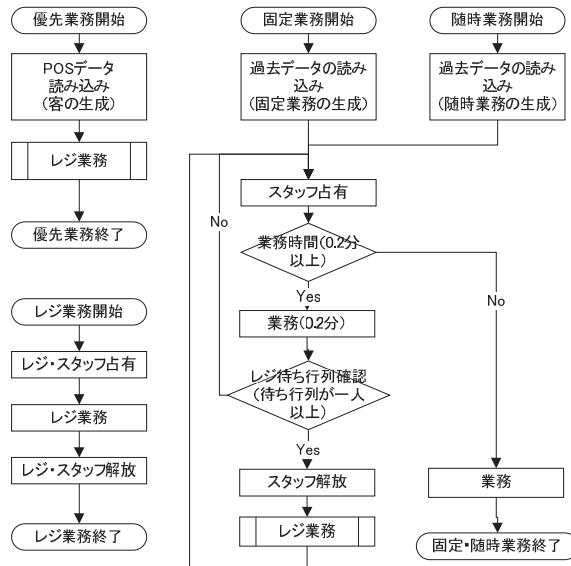


図4 シミュレーションモデルのロジック

シミュレーションモデルのパラメータを表5に示す。シミュレーションにおいて、業務をエンティティとし、それぞれのエンティティを生成する。優先業務については、POSデータから顧客の到着時間、レジ番号、購入商品数を利用する。購入商品数に応じてレジ処理時間が異なる。また、固定業務と随時業務は、表3の業務回数と処理時間を利用する。固定業務は、各時間で業務エンティティを生成させるが、随時業務は4つの時間タームに区切って生成させる。

9) シミュレーションモデルは、Arena シミュレーションソフトウェアを用いて構築した。

表5 シミュレーションのパラメータ¹⁰⁾

入力データ	優先業務	POS データ	販売時間 (時)
			販売時間 (分)
			レジ番号
			購入商品数
	処理時間	TRIA (7, 6.76n+14.76, 6.76n+14.76+3*9.31)	
	固定業務・ 随時業務	業務内容	業務によって異なり、処理時間は、三角分布を利用する (表3を参照)
		回数	
処理時間			
スタッフの配置		シナリオによって異なる (表7を参照)	
出力データ	優先業務	毎時の平均待ち時間	
	固定業務	全体の平均待ち時間	
		平均処理時間	
	全業務	時間帯別の残り処理業務	

5. 応用 (数値例)

提案した手続きを利用し、実際の店舗N店における人員配置を決定する。

[ステップ1]: 現状調査

3.2項の表3で示したように、N店の業務調査を実施し、平日3日間において遂行された業務について、随時業務と固定業務のデータを収集した。さらにPOSデータを利用し、優先業務であるレジ処理に必要なとなる時間を算出した (表6)。各時間におけるレジでの処理に必要な時間から、必要となるレジ台数が算出されるが、つまりそれは最低必要スタッフ数である。N店は大学内にあるため、1時限開始 (8:45) 前、1時限後の休み時間 (10:15~10:30)、昼休み (12:00~13:00)、3時限後 (14:30~14:45)、4時限後 (16:15~16:30)、5時限後 (18:00) の時間帯は前後の時間帯に比べ業務量が増加しており、休み時間が業務量の変動に大きく影響していることがわかる。現状では、店舗で利用可能なレジ数は4台であり、特に昼休みはレジを4台利用しても、長い待ち行列ができてしまうという状態になっている。収集した全業務データから、各時間帯に必要な業務量 (人時) を積み上げたグラフを図5に示す。

[ステップ2]: IPによる計画

IPを利用し、人員配置を求める。総スタッフ人数 I を6名とし、業務に必要な業務量 (人時) は積み上げから得られた数値を利用する。目的関数と制約条件の式の一部を示すと、以下のようになる。図6は、IPから得られた人員配置を示している。

¹⁰⁾ n は、購入商品数である。TRIA は三角分布を表し、TRIA (最小, 最頻, 最大) として表現している。

表6 POSデータから算出したレジ処理時間と台数

時間帯	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
顧客人数	30	109.7	80	178	128	346.3	136.7	191.3	150.3	199.3	126.3	143.3	96	75	66.7	36
購入商品数	71	220.3	150.7	356	294.3	798.3	304.3	353.3	306	365.7	238.7	337	220.7	173.7	156.3	88.7
必要となるレジ 処理時間(時間)	0.4	1.1	0.8	1.9	1.5	4	1.6	1.9	1.6	1.9	1.3	1.7	1.1	0.9	0.8	0.4
必要となるレジ 台数(台)	1	2	1	2	2	4	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1

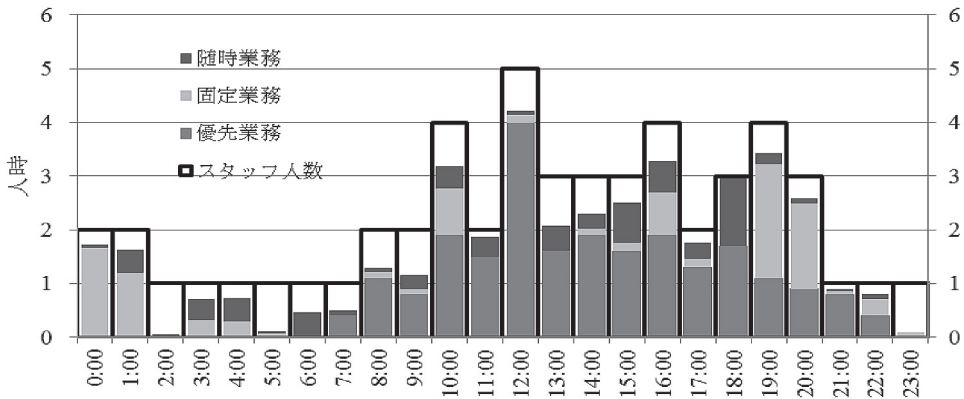


図5 積み上げによる業務量

$$\begin{aligned}
 &\text{minimize} && x_{1,1} + x_{1,2} + \dots + x_{1,24} + x_{2,1} + \dots + x_{2,24} + x_{3,1} + \dots + x_{6,24} \\
 &\text{subject to} && \\
 &&& x_{1,1} + x_{2,1} + x_{3,1} + x_{4,1} + x_{5,1} + x_{6,1} \geq 1.67 \\
 &&& x_{1,2} + x_{2,2} + x_{3,2} + x_{4,2} + x_{5,2} + x_{6,2} \geq 1.19 \\
 &&& : \\
 &&& : \\
 &&& x_{1,24} + x_{2,24} + x_{3,24} + x_{4,24} + x_{5,24} + x_{6,24} \geq 0.08 \\
 &&& x_{1,1} + x_{2,1} + \dots + x_{6,1} + x_{1,2} + x_{2,2} + \dots + x_{6,6} \geq 4.94 \\
 &&& x_{1,7} + x_{2,7} + \dots + x_{6,7} + x_{1,8} + x_{2,8} + \dots + x_{6,12} \geq 8.48 \\
 &&& x_{1,13} + x_{2,13} + \dots + x_{6,13} + x_{1,14} + x_{2,14} + \dots + x_{6,18} \geq 16.14 \\
 &&& x_{1,19} + x_{2,19} + \dots + x_{6,19} + x_{1,20} + x_{2,20} + \dots + x_{6,24} \geq 10.79 \\
 &&& x_{ij} \in \{0,1\} \quad i=1,\dots,6; j=1,\dots,24
 \end{aligned}$$

必要となる最低業務量がわかれば、整数計画法によって人員配置を求めることができる。しかし、これらは効率的側面のみ考慮した人員配置になっており、顧客の満足度を低下させてしまう可能性がある顧客の待ち時間については考慮していない。そこで、シミュレーションによる効果

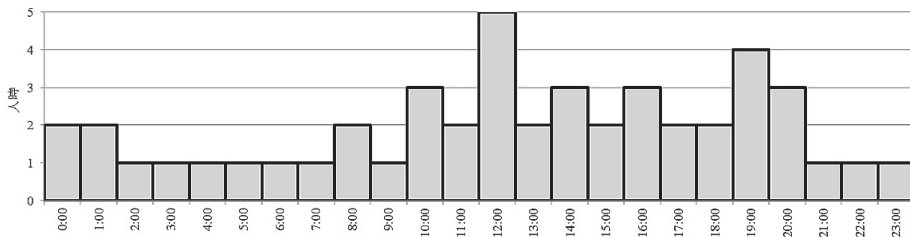


図6 IPによる人員配置の結果

の測定が必要である。また、業務の処理は、前時間帯の処理状況が次の時間帯に大きく影響を及ぼすため、シミュレーションによる確認が有効である。

[ステップ3]：シミュレーションモデルによる検証

シミュレーションモデルを構築し、顧客の待ち時間および業務の未処理数についての結果を得る（表7、表8）。ここでは、As-Isモデルとして現状の人員配置によって実験し、モデルについて検証した。また、To-beモデルとして、積み上げによる人員配置とIPの解による人員配置でシミュレーションを実行した。

[ステップ4]：シナリオの設定

実行により得られた結果から、シナリオを設定する（表7、表8）。サービスレベルとして、顧客のレジでの待ち時間は90秒以下¹¹⁾となるようにし、また、未処理の業務が0となるまで、シナリオを設定し、シミュレーションを実行する。設定したサービスレベル等を満たすまで、シナリオの設定とシミュレーション実験を反復する。

シナリオ1では、IPのシミュレーション結果から、待ち時間が90秒以下でない時間帯に1人時ずつ追加した。シナリオ2は、シナリオ1のシミュレーション結果から、業務の未処理数が多いため、積み上げの人員配置の人数に満たない時間帯に1人時ずつ追加している。シナリオ3は、シナリオ2の結果から、固定業務のある時間帯に1人時ずつ追加し、さらに、混雑する1つ前の時間帯にさらに1人時ずつ追加した¹²⁾。シナリオ4は、深夜勤務を減少させたいことと、さらに待ち行列を減少させたいことから、0時台と1時台の人時を1ずつ減少させ、混雑する時間帯の1つ前の11時台と待ち時間が長い13時台にさらに1人時ずつ追加した。

11) nは、購入商品数である。TRIAは三角分布を表し、TRIA（最小、最頻、最大）として表現している。

12) ただし、12時台と13時台は顧客が多いため、現状の4台のレジでは90秒以下の待ち時間になることは物理的に無理であるため、例外とした。

表7 シナリオ設定¹³⁾

時間帯	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	合計人時	費用(¥)
As Is	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4	6	6	5	4	4	4	4	5	4	4	4	3	2	73	56,400
積み上げ	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	4	2	5	3	3	3	4	2	3	4	3	1	1	1	53	41,250
IP	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	3	2	5	2	3	2	3	2	2	4	3	1	1	1	47	36,750
シナリオ1	2	2	1	1	1	1	1	1	3	1	4	2	6	3	4	2	3	2	2	4	3	1	1	1	52	40,500
シナリオ2	2	2	1	1	1	1	1	1	3	2	4	2	6	3	4	3	4	2	3	4	3	1	1	1	56	43,500
シナリオ3	2	2	1	1	1	1	1	1	3	3	4	3	6	4	4	4	4	2	4	4	3	2	2	2	64	49,800
シナリオ4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	4	4	6	5	4	4	4	2	4	4	3	2	2	2	64	49,500

表8 実行結果

時間帯	待ち時間(分)																		未処理の固 定業務数	未処理の随 時業務数					
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23								
As Is	0.28	1.49	0.28	0.37	0.17	7.45	2.96	0.56	0.29	0.39	0.28	0.30	0.26	0.12	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
積み上げ	0.53	1.51	0.53	0.41	0.71	14.57	16.86	1.77	0.39	0.39	0.33	0.31	0.51	0.31	0.26	0.29	1.15	0.20	28.00	0.20	28.00	0.20	28.00	0.20	28.00
IP	0.53	1.51	1.32	2.49	0.72	14.96	28.66	8.78	0.86	0.83	0.48	0.71	0.51	0.44	0.29	0.28	1.23	0.30	48.60	0.30	48.60	0.30	48.60	0.30	48.60
シナリオ1	0.53	0.41	1.29	1.59	0.71	14.86	15.18	0.55	0.85	0.84	0.47	0.89	0.49	0.44	0.29	0.28	1.11	0.00	38.00	0.00	38.00	0.00	38.00	0.00	38.00
シナリオ2	0.53	0.41	0.54	0.41	0.73	14.36	14.63	0.56	0.38	0.38	0.33	0.33	0.50	0.32	0.26	0.29	1.07	0.00	19.50	0.00	19.50	0.00	19.50	0.00	19.50
シナリオ3	0.53	0.41	0.28	0.38	0.48	11.68	8.05	0.56	0.38	0.38	0.34	0.32	0.52	0.27	0.25	0.25	0.14	0.00	0.40	0.00	0.40	0.00	0.40	0.00	0.40
シナリオ4	0.54	0.41	0.28	0.38	0.33	9.64	6.26	0.55	0.38	0.38	0.33	0.30	0.52	0.25	0.20	0.15	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

[ステップ5]：最適な人員配置の決定

最適な人員配置をシナリオ4とする。As-Isと比較して9人時減少させ、¥6900削減することが可能である。図7は、As-Isとシナリオ4の人員配置を示している。

さらに詳細な制約約条を満たしながら顧客満足を向上させることを考慮した場合の解も求めることが可能である¹⁴⁾。たとえば、制約条件として「納品・検品・陳列」の固定業務の完了時間をできる限り早く終わることを加えれば、新しい商品を早く商品棚に陳列することになり、顧客が選択する際に商品が充実していることが、顧客満足につながると考えることもできる。このように顧客の満足度に関する指標を制約条件として設定する場合、シミュレーション実験で定量的に測定し、示すことが可能である。

13) 費用は、時給を¥750、深夜時間(22:00~5:00)の時給を¥900として算出した。

14) 各時間帯の人時は6人時を超えないこととしているため、すでに6人時の時間帯には追加していない。

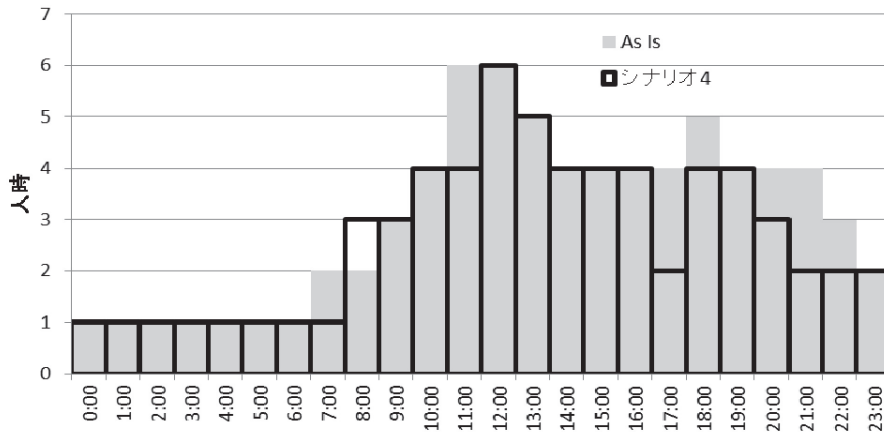


図7 最適な人員配置 (シナリオ4)

6. おわりに

サービス産業への工学的アプローチとして、コンビニエンスストアのスタッフの人員配置において、シミュレーションを活用した手続き提案した。これにより、計画者の経験と勘による人員配置の立案よりも、効率的にサービスレベルも考慮した立案が可能であることがわかる。本研究では、実際の店舗を対象として、業務内容を詳細に分析し、業務のタイプを分類した。また、業務量の積み上げやIPから求めた配置では、業務処理時間のばらつきも考慮した業務量算出が困難であるため、顧客の満足度に影響する待ち行列の長さを考慮したシミュレーションによる定量的な測定は有効であることがわかる。さらに、シミュレーションモデルでは実際のPOSデータを利用しているため、過去の類似したPOSデータ（たとえば昨年同月同曜日など）を利用することによって、多種多様なシナリオを検証することができるだろう。

今後の課題としては、本研究では現状の状況や条件に従って、顧客のサービスを維持しながら人件費の削減を目標として分析したが、さらにドラスティックである効率的な人員配置を目指す場合は、現状のマニュアル自体を見直して、たとえば固定業務の時間に柔軟性を持たせることや、スタッフのレベル向上やレジ台数の増加させることといった改善についても考慮していくことが必要だろう。

(本論文は平成24年度の名古屋学院大学研究奨励金による助成をいただいた研究の一部である。)

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。

参考文献

- 池上敦子, 2005, 「ナース・スケジューリング—調査・モデル化・アルゴリズム—」, 『統計数理』, Vol. 53, No. 2, 231-259.
- 伊藤稔, 2005, 「コールセンターにおけるインバウンド予測」, 『UNISYS TECHNOLOGY REVIEW』 Vol. 87, No. 5, 19-30.
- 今野浩, 鈴木久敏, 1982, 『整数計画法と組合せ最適化』, 日科技連.
- 新村猛, 赤松幹之, 竹中毅, 大浦秀一, 2011, 「調理行動分析と顧客の注文情報を用いたレストランでのプロセス改善に関する研究 (事例研究)」, 『日本経営工学会論文誌』, 62(1), 12-20.
- 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.
- 新村秀一, 高森寛訳, 1992, 『実践数理計画法—LINDOを用いて—』, 朝倉書店.
- 根岸正州, 疋田時久, 藤野直明, 2011, 「NAVIGATION & SOLUTION ワークフォースマネジメント (WFM) 革新: 現場の属人主義からの脱却」, 『知的資産創造』, 19.12, 62-75.
- 長谷川精也, 2006, 「IP-based local searchによるナーススケジューリング問題の近似解法」, 『電子情報通信学会論文誌』, Vol. J89-D, No. 10, 2251-2259.
- 日高一義監訳, 2014, 『サービスサイエンスハンドブック』東京電機大学出版局.
- 本村陽一, 竹中毅, 石垣司, 2012年, 『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.
- Liu, Y.; Takakuwa, S., 2009, "Simulation-based personnel planning for materials handling at a cross-docking center under retail distribution environment," *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, 2414-2425.
- Liu, Y., 2009, "Personnel planning of a retail store using POS data," *International Journal of Simulation Modelling*, Vol. 8, No. 4, 185-196.
- Miwa, K., Takakuwa, S., 2010, "Optimization and analysis of staffing problems at a retail store". *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, 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*, 1702-1710.
- Takakuwa, S., Okada, T., 2005, "Simulation analysis of inbound call center of a city-gas company." *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*, 2026-2032.