

多段待ち行列モデルとなる店舗サービスの スタッフ配置に関する解析

宇都宮 陽一^{1,a)} 奥田 隆史^{1,b)}

概要：各種店舗でのサービスや商品（以降、「サービス等」）の提供は、1）サービス等の選定、2）注文（受注）、3）会計、4）サービス等の提供といった流れで行なわれる（業態により会計を最後に行う場合もある）。それぞれの過程で、注文待ちや会計待ちとなることがあるため、店舗でサービス等の提供は多段待ち行列モデルと考えることができる。そこで、客の到着状況や注文内容に応じた適切なスタッフ配置のために、待ち行列モデルを使った解析を行う。各過程別の待ち行列を想定するだけでなく、コーヒーショップなどのように、会計とサービス等の提供を同時に行うか分業するかを注文内容に応じて動的に変える業態も考慮する。

Analysis on staff placement of store services as multi-stage queue model

YOICHI UTSUNOMIYA^{1,a)} TAKASHI OKUDA^{1,b)}

1. はじめに

さまざま店舗サービスの中でもファストフード業界では、客に対する待ち時間に敏感である。スマートフォンが決済手段の1つとなり、店舗に行く前に注文と支払いを済ませることで「待ち時間ゼロ」が可能となってきた [1]。その一方で、店舗側ではそれらの注文に追い付くことが難しくなり、店舗が混雑しボトルネックとなる状況が起きている。店舗内の混雑を敬遠した顧客が店を出してしまう状況もおき売上が下がる事態になっている [2]

飲食業界、特にファストフード業界では、入店から会計カウンター（レジ）で注文・会計するまでの待ち時間とレジで注文・会計を済ませた後に商品提供カウンター（カウンター）で商品を受け取るまでの待ち時間は、顧客満足度に影響を与える重要な指標である [3][4]。そこで我々は、さまざまなファストフード業界の中のコーヒーショップなどに

見られる形態の最適化に向けて解析を行った。その中で、一部の商品を会計カウンターで提供する形態の場合、どの商品までを会計カウンターで扱うかを適切に調整することで待ち時間を短くできることを確認した [5]。そこで本稿では、客の到着（入店）状況が変化した場合、会計カウンターや商品提供カウンターに配置するスタッフの人数を変化させた場合の特性を解析し、最適化のための指針につなげる。

以降、第2節で関連研究と課題について述べる。第3節で検証モデルについて述べ、第4節でシミュレーション条件について述べ、第5節でシミュレーション結果および考察について述べる。最後に第6節でまとめおよび今後の課題について述べる。

2. 関連研究と課題

本節では、関連研究と課題について述べる。

飲食店などで待ち時間が生じる場合、何らかの待ち行列ができていく。コーヒーショップの会計カウンターなどの場合は到着順でサービスの順番が回ってくるが、レストランでの空席待ちなどの場合、来店した人数や禁煙・喫煙、テラス席・室内席など客の要望と店舗側の状況によりサー

¹ 愛知県立大学大学院
Aichi Prefectural University, 1522-3 Ibaragabasama,
Nagakute-shi, Aichi, 480-1198, Japan

a) id141001@cis.aichi-pu.ac.jp

b) okuda@ist.aichi-pu.ac.jp

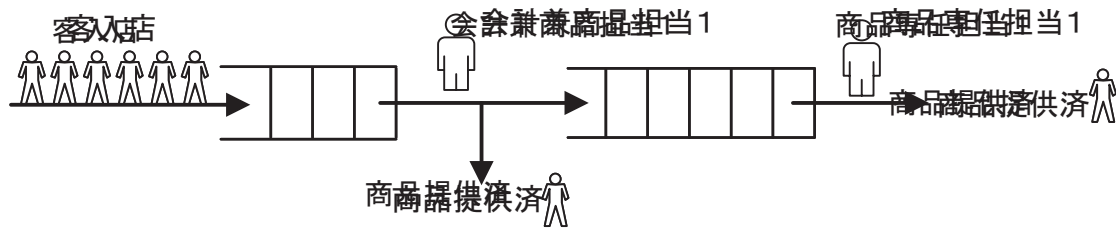


図 1 検証モデル 1-1
Fig. 1 Model type1-1.

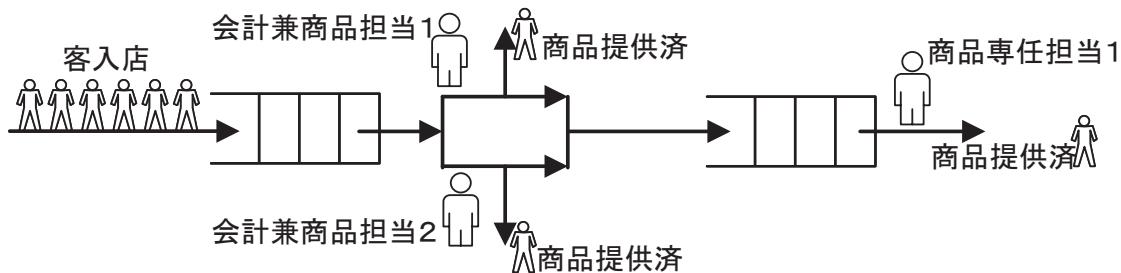


図 2 検証モデル 2-1
Fig. 2 Model type2-1.

ビスの順番が変わる場合などがある。待ち行列における待ち時間の解析などは一般的に待ち行列理論が使われるが、空席待ちなどは単純な待ち行列とならず、客と店舗スタッフ間でのやりとり(相互作用)が生じることからマルチエージェントシミュレーションを使った解析も行われている [7]。また、サービスの提供を待っている客に対し、待ち時間に関する情報をどのように提供するかで顧客満足度がどのように変化のかの研究も行われている [8]。

さらに、新しい飲食店などの場合、既存の店舗と異なるシステムで運営されていることがあり、客側が不慣れであることが待ち時間の増加につながる可能性もある [9]。このような場合、レストランにおける客と店舗スタッフ間でのやりとり(相互作用)と同様なことが生じる可能性があり、単純な待ち行列での解析ができない可能性もある。

なお本稿においては、客と店舗スタッフ間でのやりとり(相互作用)は考慮せず、待ち行列が直列になった形態を基本型として解析を行う。

3. 検証モデル

モデルの基本的な構成は、会計カウンターで注文と会計を済ませ、商品提供カウンターで商品を受け取る形態である。なお、会計カウンターでも商品提供が可能であるものとする。このため、会計カウンターにいるスタッフを会計兼商品担当、商品提供カウンターにいるスタッフを商品専任担当と定義する。

本節では、会計兼商品担当と商品専任担当の配置人数の

異なる 3 つの検証モデルについて述べる。それぞれの検証モデルの名称を検証モデル 1-1、検証モデル 2-1、検証モデル 1-2 とする。

3.1 検証モデル 1-1

検証モデル 1-1 は、会計兼商品担当 1 名と商品専任担当 1 名から構成される。図 1 にモデルを示す。客は来店すると 1 つ目の待ち行列に並び、会計兼商品担当が非対応中になれば、入店順にサービスを受ける。

3.2 検証モデル 2-1

検証モデル 2-1 は、会計兼商品担当 2 名と商品専任担当 1 名から構成される。図 2 にモデルを示す。客は来店すると 1 つ目の待ち行列に並び、いずれかの会計兼商品担当が非対応中になれば、入店順にサービスを受ける。

3.3 検証モデル 1-2

検証モデル 1-2 は、会計兼商品担当 1 名と商品専任担当 2 名から構成される。図 3 にモデルを示す。客は来店すると 1 つ目の待ち行列に並び、会計兼商品担当が非対応中になれば、入店順にサービスを受ける。商品専任担当が 2 名いるため、いずれかが非対応中になれば商品提供のサービスを受ける。

4. シミュレーション条件

本節では、シミュレーション条件について述べる。まず共通の条件について述べ、評価のための個別の条件につい

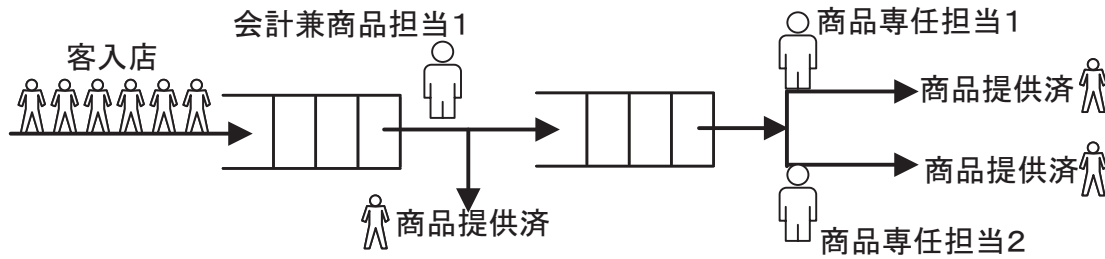


図 3 検証モデル 1-2
Fig. 3 Model type 1-2.

て述べる。なお、評価値としては、客が入店してから商品を受け取るまでのサービス時間とする。

4.1 共通条件

各シミュレーションに共通な条件について述べる。客はサービス順がくると会計カウンターで注文をする。商品別の提供時間(シミュレーションにおいては表内パラメータによる正規分布)と客の注文割合を表 1 に示す。提供時間と注文割合から平均提供時間は 48.5 秒となる。また、注文および会計にかかる時間は注文する商品に依存するため、商品別の提供時間に合わせ表 2 の値(シミュレーションにおいては表内パラメータによる正規分布)とする。

表 1 商品別提供時間と注文割合

Table 1 Product offering time and order ratio.

商品名	平均提供時間 [sec] と分散	割合 [%]
コーヒー	10.0, 1.0	10
カフェラテ	30.0, 3.0	20
カフェモカ	45.0, 4.5	30
フラペチーノ	60.0, 6.0	30
カスタマイズ	100.0, 10.0	10

表 2 商品別会計時間

Table 2 Accounting time by product.

商品名	平均会計時間 [sec] と分散
コーヒー	10.0, 1.00
カフェラテ	13.0, 1.30
カフェモカ	14.5, 1.45
フラペチーノ	16.0, 1.60
カスタマイズ	20.0, 2.00

会計カウンターで商品提供を行うか否かを定める閾値を 10[sec]~100[sec] で変更する。1 回あたりのシミュレーション時間は 8 時間とした。このシミュレーションを各条件で 30 回ずつ実施し、それぞれの条件におけるサービス時間の平均を求める。なおシミュレーションには、CSIM20[10]を使用した。

4.2 個別条件

4.2.1 シミュレーション条件 1

検証モデル 1-1 を用い、利用率を変えて評価する。なお、具体的には客の平均到着時間間隔により設定する。到着時間間隔の分布は指数分布とする。提供時間と注文割合から平均提供時間は 48.5 秒であるため、平均到着時間間隔がこの値の時を 100% とする。使用するパラメータを表 3 に示す。

表 3 シミュレーション条件 1
Table 3 Simulation condition 1.

利用率	平均到着間隔 [sec]
70%	69.3
80%	60.0
90%	53.9

商品提供済

4.2.2 シミュレーション条件 2

検証モデル 1-1 を用い、客の平均到着間隔の分散を変えて評価する。この評価では到着間隔の分布を超指数分布とする。平均到着間隔 λ^{-1} で到着するとした場合、それが従う超指数分布は平方変動係数 $Ca^2 (= \text{分散 } \sigma^2 / (\lambda^{-1})^2)$ によって決まる。なお $Ca^2 = 1$ のとき指数分布、 $Ca^2 > 1$ のとき超指数分布に従う。このため、 $Ca^2 = 1.5$ 、 $Ca^2 = 2.0$ の条件で評価を行う。

4.2.3 シミュレーション条件 3

検証モデル 2-1 および検証モデル 1-2 を用いて評価する。比較のため、客の到着は、利用率=80%の指数分布とする。

5. シミュレーション結果および考察

本節では、前節のシミュレーション条件で実施した結果とその考察について述べる。

5.1 シミュレーション条件 1 の結果および考察

本節では、シミュレーション条件 1 の結果について述べる。図 4 は、シミュレーション条件 1 の利用率:80%の時の結果である。会計カウンターで商品を提供するか否かを定める閾値を変えた場合に、それぞれのカウンターで商品

提供を受けた際のサービス時間の時間の違いを確認する。それぞれ、サービス時間の全体平均 (mean), 会計カウンターでサービス完了 (regi), 商品カウンターでサービス完了 (counter) である。今回の条件では、会計カウンターで商品を提供するか否かを定める閾値が商品提供時間の平均値に近いところで、サービス時間の全体平均が最も短くなっている。

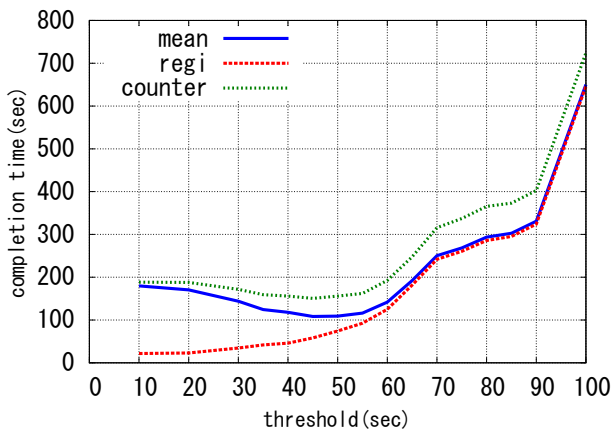


図 4 シミュレーション条件 1 の結果 1
Fig. 4 Result 1 of simulation condition 1.

次に、図 5 は、シミュレーション条件 1 の使用率: 70%, 80%, 90% の時の全体平均を比較したものである。それぞれの値は、各利用率でのサービス時間の全体平均である。利用率の違いによりサービス時間は変動するが、会計カウンターで商品を提供するか否かを定める閾値が商品提供時間の平均値に近いところに着目すると条件間の差が小さいことが分かる。これは、客の来店人数が変動した場合でもサービス時間が大きく変動しないといえる。

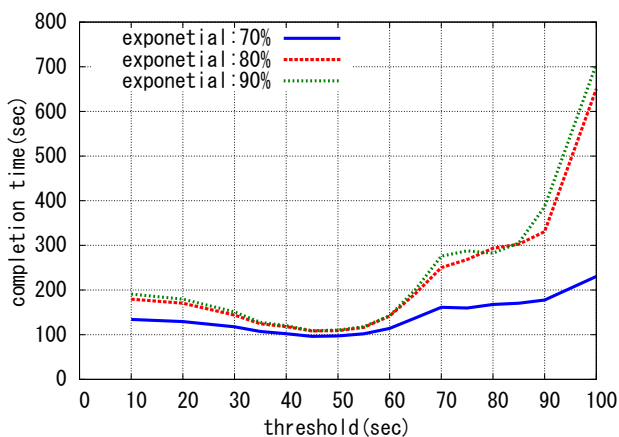


図 5 シミュレーション条件 1 の結果 2
Fig. 5 Result 2 of simulation condition 1.

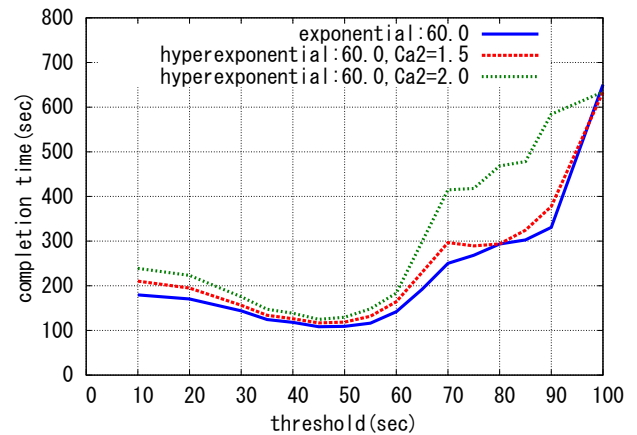


図 6 シミュレーション条件 2 の結果
Fig. 6 Result of simulation condition 2.

5.2 シミュレーション条件 2 の結果および考察

本節では、シミュレーション条件 2 の結果について述べる。図 6 は、シミュレーション条件 1 の使用率: 80% の時の結果とシミュレーション条件 2 の結果を合わせたものである。それぞれ、客の到着時間間隔の分散を変えた場合でのサービス時間の全体平均である。到着時間間隔の分散の違いによりサービス時間は変動するが、この結果においても会計カウンターで商品を提供するか否かを定める閾値が商品提供時間の平均値に近いところに着目すると条件間の差が小さいことが分かる。これは、客の来店タイミングが変動した場合でもサービス時間が大きく変動しないといえる。

5.3 シミュレーション条件 3 の結果および考察

本節では、シミュレーション条件 3 の結果について述べる。図 7 は、検証モデル 2-1 による結果である。図 8 は、検証モデル 1-2 による結果である。それぞれ、サービス時間の全体平均 (mean), 会計カウンターでサービス完了 (regi), 商品カウンターでサービス完了 (counter) である。図 7, 図 8 ともに担当者が 2 名いる方へ集中させた方が待ち時間は短くなる。

図 9 は、検証モデル 1-1, 検証モデル 2-1, 検証モデル 1-2 を合わせた結果である。結果をみると当然ながら検証モデル 1-1 におけるサービス時間が最も長くなっている。しかし、会計カウンターで商品を提供するか否かを定める閾値を調整することができれば、スタッフを増員しなくても待ち時間の増加を抑制できる可能性があるといえる。

6. まとめおよび今後の課題

検証モデル 1-1, 検証モデル 2-1, 検証モデル 1-2 を用い、客の到着に依存する使用率, 到着間隔の分散を変えた場合の評価を行った。今回実施した条件の結果から、

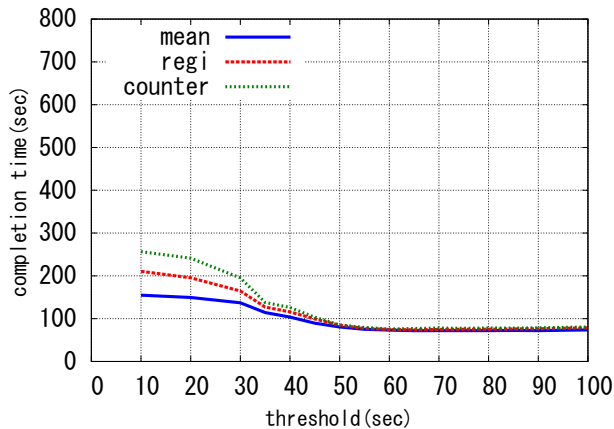


図 7 シミュレーション条件 3 の結果 1

Fig. 7 Result 1 of simulation condition 3.

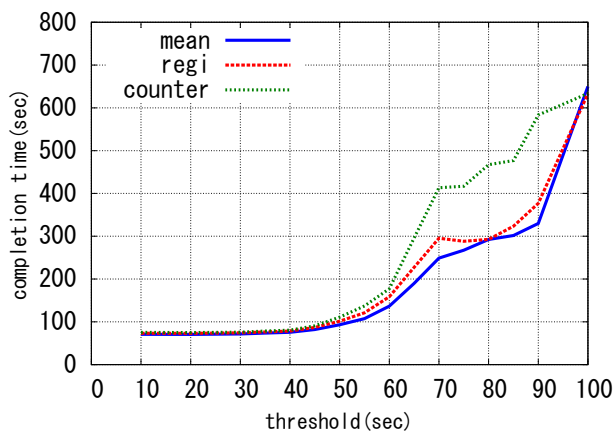


図 8 シミュレーション条件 3 の結果 2

Fig. 8 Result 2 of simulation condition 3.

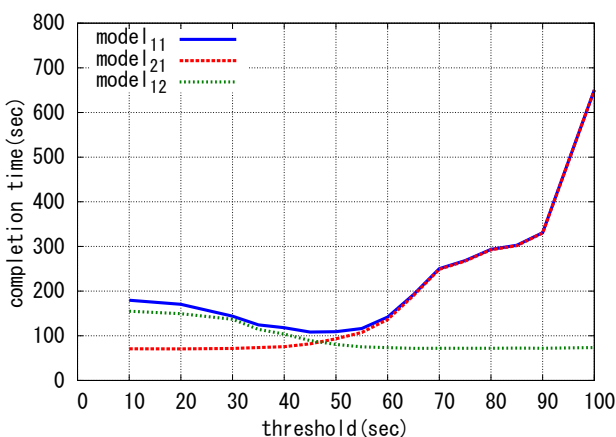


図 9 シミュレーション条件 3 の結果 3

Fig. 9 Result 3 of simulation condition 3.

会計カウンターで商品を提供する形態はその閾値を適切に設定することで、さまざまな変動に対してサービス時間

の変動を抑制できることが分かった。しかし、会計カウンターで商品を提供するためには、設備面での対応やスタッフに対する教育などが必要である。このため、どのような商品が売れ筋であるかなども含めサービスの設計が必要である [11]。

本稿における解析ではサービス時間を評価値とし、全体としての待ち時間を短くする形態について解析を行った。しかし、全体としての待ち時間が改善されたとしても、顧客の満足度がそれに伴って改善されているとは限らない。注文する商品に応じて期待するサービス時間は異なるため、顧客の満足度は変わる [12][13]。今後の課題として、客ごとの待ち時間・サービス時間の増減を解析し、それに伴う顧客満足度の解析を行うことでより最適なサービス形態を明らかにしていくことがあげられる。

参考文献

- [1] 森山真二：マクドナルド「待ち時間ゼロ」が日本の流通・外食に激震，DIAMOND Online，入手先<<http://diamond.jp/articles/-/120559>> (2017.03.09).
- [2] REUTERS：米スタバ，モバイル注文増加で店舗混雑 解決に全力，入手先<<http://jp.reuters.com/article/starbucks-results-tech-idJPKBN15B0M7>> (2017.04.13).
- [3] 豊泉洋（早稲田大学会計研究科教授）：スタバの並び方って変じゃない？：順番待ちの数学，YOMIURI ONLINE，入手先<http://www.yomiuri.co.jp/adv/wol/opinion/science_150105.html> (2017.04.25).
- [4] 川島幸之助，塩田茂雄，河西憲一，豊泉洋，会田雅樹：待ち行列理論の基礎と応用，共立出版 (2014).
- [5] 山北美穂，宇都宮陽一，奥田隆史：待ち行列モデルの多角的解析によるファーストフード型ショップ窓口の最適化，第 77 回全国大会講演論文集，Vol.2015，No.1，pp.757-758(2015).
- [6] 宮沢政清：待ち行列の数理とその応用，牧野書店 (2013).
- [7] 谷崎隆士，片岡隆之，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と解析，近畿大学次世代基盤技術研究所報告，Vol.7，pp.101-106(2016).
- [8] 嶋田敏，多比良恵，原辰徳，新井民夫：サービス受給中の期待形成を考慮した待ち時間に関する顧客満足度の解析，日本経営工学会論文誌，Vol.64，No.3，pp.386-398(2013).
- [9] 錦野宇志郎：「スタバが怖い！」がわからない人はマーケットターをやめなさい！！，秀和システム (2017).
- [10] Mesquite Software：入手先<<http://www.mesquite.com>> (2017.03.15).
- [11] 内藤耕：サービス工学入門，東京大学出版会 (2009).
- [12] 日本科学技術連盟：狩野モデルと商品企画，入手先<<https://www.juse.or.jp/departamental/point02/08.html>> (2017.04.26).
- [13] 高木英明：サービスサイエンスことはじめ—数理モデルとデータ分析によるイノベーション，筑波大学出版会 (2014).