

多段待ち行列モデルを使った店舗サービスにおける 待ち時間の評価

宇都宮 陽一^{1,a)} 奥田 隆史^{1,b)}

概要：店舗内でのサービスを注文・会計担当と商品提供担当からなる多段待ち行列モデルと見なし評価を行う。その際、人による注文・会計だけでなく、スマートフォンなどによる事前注文のシステムを導入した場合についての評価を行う。システム化により客が注文する際の待ち時間は基本的になくなるが、商品提供担当に入ってくる注文がバースト的になる可能性がある。また、人が注文・会計を店舗で行う場合、商品提供の一部を分担することもあるが、その分担がなくなることで商品提供担当の処理負荷が増えることとなる。システム化による利便性を損なわないために、店舗全体として考慮すべき課題、満たすべき条件等を評価する。

Evaluation of Waiting Time in Store Service using Multi-stage Queuing 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。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 [1][2]。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 [3]。また、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解析を行った [4]。

最近では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 [5]。その一方で、店舗側ではこれらの注文に追いつ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てしまう状況もおき売上が下がる事態になっている [6]。

店舗の会計カウンターに待ち行列ができていない場合、その長さによっては列に並ぶのを避け入店しない客が出てくる。一方、ITによる会計カウンターの場合、客に対する処理は並列的に行われるため待ち行列になりにくい。そこで本稿では、従来の店舗を想定した形態とスマートフォンなどを使ったITによる会計カウンターを導入した形態の評価を行う。

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。

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

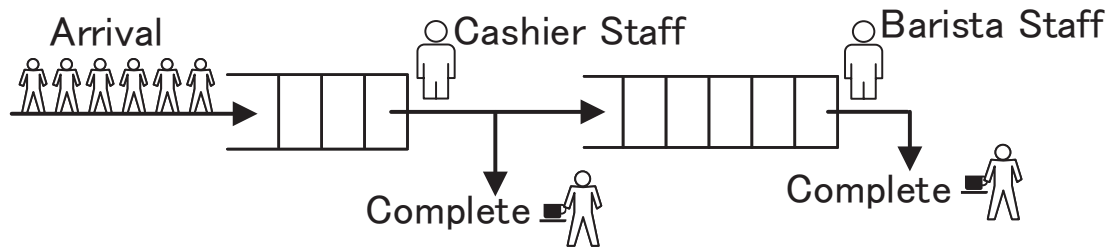


図 1 検証モデル 1-1
 Fig. 1 Model type1-1.

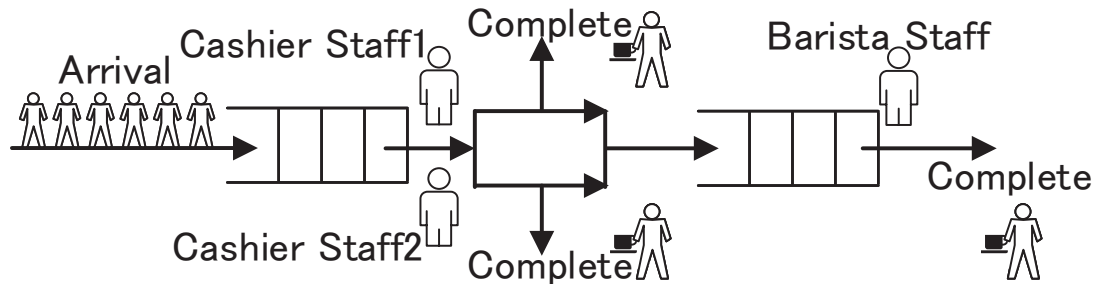


図 2 検証モデル 2-1
 Fig. 2 Model type2-1.

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ます。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ビスの順番が変わる場合などがある [7]。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 [8]。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 [9]。

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 [10]。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、会計カウンターと商品提供カウンターからなる。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モデルおよび会計カウンターに IT を導入した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 2-1(IT) 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。

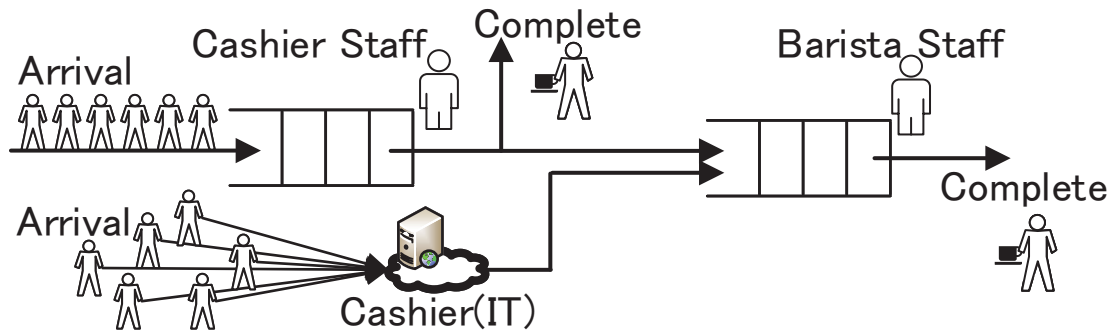


図 3 検証モデル 2-1(IT)
Fig. 3 Model type 2-1(IT).

3.3 検証モデル 2-1(IT)

検証モデル 2-1(IT) は、会計兼商品担当 1 名と IT による会計カウンターおよび商品専任担当 1 名から構成される。図 3 にモデルを示す。本稿では比較のために、客の到着は基本的に検証モデル 2-1 と同じとみなすが、客の半分が店舗の待ち行列へ並び、残りの半分が待ち行列のない IT による会計カウンターを利用するものとする。

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。この中の pattern0 を基本条件とする。この条件の場合、各商品の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。なお、IT による会計カウンターの場合も客の操作による注文および会計には同じ時間がかかるものとする。

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	pattern0 比率 [%]	pattern1 比率 [%]	pattern2 比率 [%]
コーヒー	10.0, 1.0	10	20	10
カフェラテ	30.0, 3.0	20	30	10
カフェモカ	45.0, 4.5	30	30	30
フラベチーノ	60.0, 6.0	30	10	30
カスタマイズ	100.0, 10.0	10	10	20

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
フラベチーノ	16.0, 1.60
カスタマイズ	20.0, 2.00

表 3 利用率と客の平均到着間隔

Table 3 utilization and mean arrival duration.

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

客の到着間隔は利用率を考慮し、表 3 の値を使用する。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[11] 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、表 1 の 3 種のパターンの違いを評価する。

4.2.2 シミュレーション条件 2

検証モデル 1-1 を用い、待ち行列が長くなった場合に客が並ばない条件を評価する。待ち行列がより生じやすい条件とするために、客の平均到着間隔は利用率 90% の値とし、到着間隔分布は平方変動係数 $Ca^2 = 2.0$ の超指数分布とする。なお、客が列に並ばなくなる閾値を一律に 5 人、10 人、15 人、20 人とする。

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 2-1(IT) を用い、

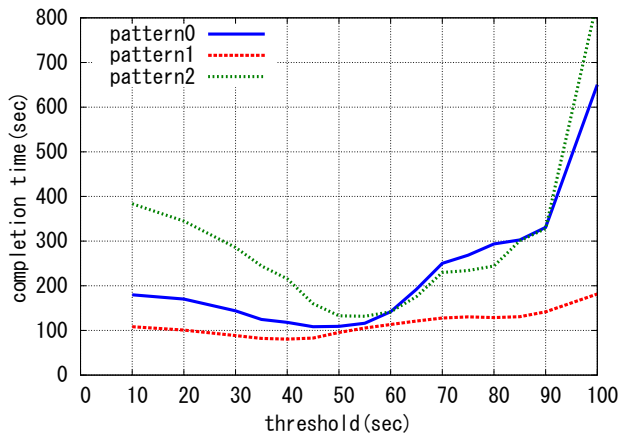


図 4 シミュレーション条件 1 の結果
Fig. 4 Result of simulation condition 1.

その違いを評価する。客の平均到着間隔は利用率 80%のものとし、到着間隔分布は指数分布および平方変動係数 $Ca^2 = 1.5$, $Ca^2 = 2.0$ の超指数分布とする。

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 の結果である。pattern1 は提供時間の短い商品により多くの注文がある場合で、閾値を変えてもサービス時間に大きな変化はない。pattern2 は提供時間の長い商品により多くの注文がある場合で、閾値によるサービス時間に大きな差が出ている。過去に実施した解析 [4] で、会計カウンターで一部の商品を提供することが全体のサービス時間を短くすることに寄与することを提示したが、提供時間の長い商品の割合が多くなった場合にはその効果がより顕著に出てくると言える。

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 5 は、待ち行列に並ばなかった客の人数である。図 6 は、待ち行列に並ばない客がいる場合のサービス時間である。待ち行列が長くなるほど当然ながら並ばない客は増え、それに伴って実質的な客数が減って利用率が下がるため全体のサービス時間は短くなっている。

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、客の到着間隔分布が指数分布の場合の結果である。図 8 は、客の到着間隔分布が平方変動係数 $Ca^2 = 1.5$ の超指数分布の場合の結果である。図 9 は、客の到着間隔

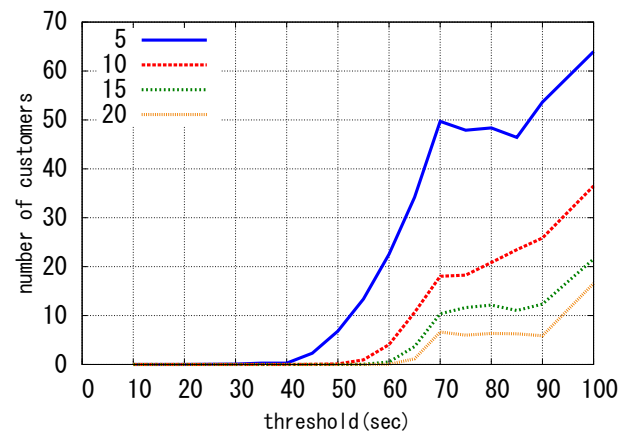


図 5 シミュレーション条件 2 の結果 1
Fig. 5 Result 1 of simulation condition 2.

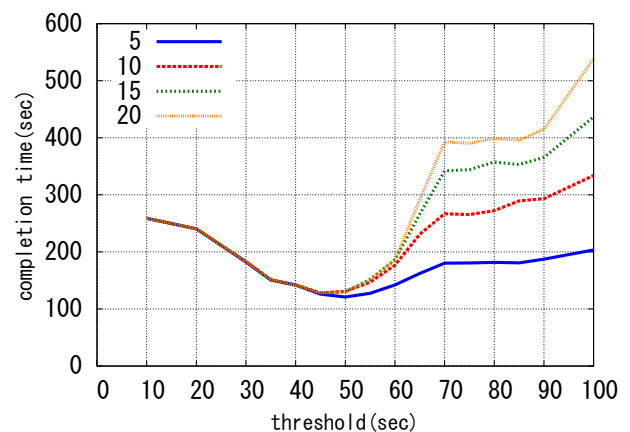


図 6 シミュレーション条件 2 の結果 2
Fig. 6 Result 2 of simulation condition 2.

分布が平方変動係数 $Ca^2 = 2.0$ の超指数分布の場合の結果である。横軸の閾値が小さい範囲は、会計カウンターでの商品提供を行わない条件となるが、その場合には IT による会計カウンターを利用する場合にサービス時間が短くなる傾向がある。しかし、会計カウンターで商品提供を行うような閾値の範囲では IT による会計カウンターを利用する場合にサービス時間が長くなっている。これは、IT による会計カウンターを利用した場合は全ての商品提供が商品提供カウンターで行われるためと考えられる。

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 2-1(IT) を用い、注文割合が異なる場合、客が列に並ばない場合、IT による会計カウンターを利用した場合の評価を行った。会計カウンターで一部の商品を提供する形態は、商品の提供に時間がかかる場合にはより重要であることが分かった。IT で注文や会計を行う場合、必然的に商品提供を同時

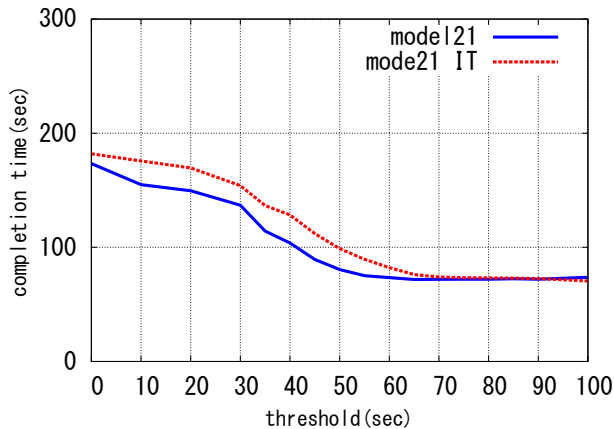


図 7 シミュレーション条件 3 の結果 1

Fig. 7 Result 1 of simulation condition 3.

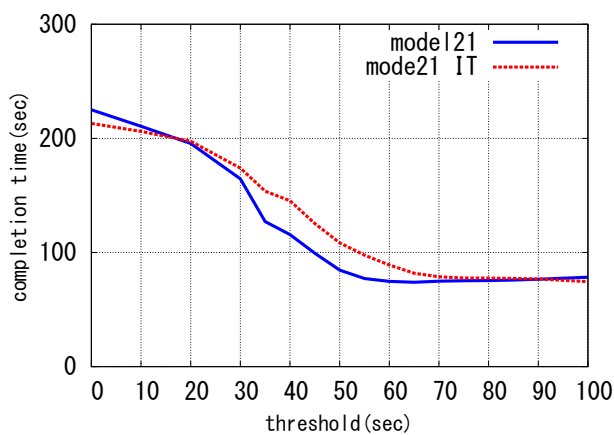


図 8 シミュレーション条件 3 の結果 2

Fig. 8 Result 2 of simulation condition 3.

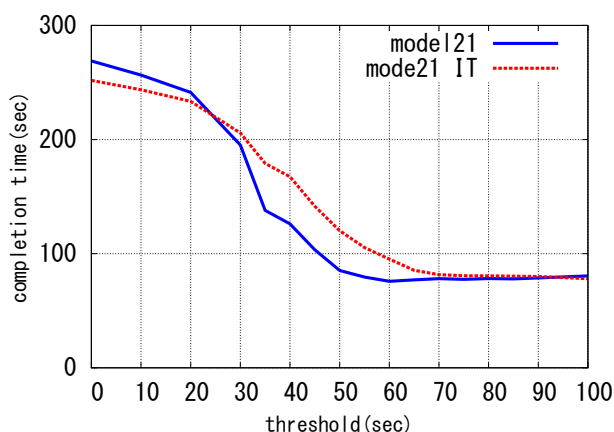


図 9 シミュレーション条件 3 の結果 3

Fig. 9 Result 3 of simulation condition 3.

行うことができないため、会計までの待ち時間を短くすることはできても、商品を受け取るまでの時間を短くする点

では不利となることが分かった。また、店舗に客が並ぶ場合は客自身はその長さを判断して“並ばない”という選択をすることが可能であり、その場合も店舗全体のサービス時間を長くしないという効果が期待できる。これらのことから、IT による会計カウンターを導入する場合、商品提供カウンターの人的増強や行列に並ぶことを避けていた客が利用することによる利用率の向上などに配慮する必要があると言える。まだ試験的ではあるが実際の店舗でも類似の試みを行っている [15]。

今後の課題として、客ごとに異なる注文内容とサービス時間の関係を解析し、店舗全体としての特性と客単位の特性の関係を明らかにすることがあげられる。

参考文献

- [1] 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).
- [2] 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).
- [3] 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).
- [4] 宇都宮 陽一, 奥田 隆史: 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, 研究報告数理モデル化と問題解決 (MPS), 2017-MPS-113(14), pp.1-5(2017).
- [5] 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).
- [6] 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).
- [7] 宮沢政清: 待ち行列の数理とその応用, 牧野書店 (2013).
- [8] 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).
- [9] 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).
- [10] 錦野宇志郎: 「スタバが怖い!」がわからない人はマーケットをやめなさい!!, 秀和システム (2017).
- [11] Mesquite Software: 入手先 (<http://www.mesquite.com>) (2017.03.15).
- [12] 内藤耕: サービス工学入門, 東京大学出版会 (2009).
- [13] 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/departmental/point02/08.html> (2017.04.26).
- [14] 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).
- [15] BUSINESSINSIDER: Starbucks is testing a new technology to solve its crisis of long lines and delays, 入手先 <http://www.businessinsider.com/starbucks-sends-text-messages-to-fix-long-lines-in-stores-2017-3> (2017.06.29).