

フォーク並びなし待ち行列システムにおける行列平滑化の仕掛け

A virtual reduction “Shikake” of variation of queue length in fork-less shaped queuing systems

奥田隆史^{1*}
Takashi OKUDA¹

¹ 愛知県立大学
¹ Aichi Prefectural University

Abstract: Abstract: In fork-less shaped queuing systems, it is important for stable operation to reduce the variation of queue length. This paper discusses function of wearing store uniform and facemask and store shopping baskets, as virtual reduction “Shikake”.

1 はじめに

我々は何らかのサービスを受ける際、客として「待ち行列」に並ぶ。客の待つ列数に着目すると、コンビニエンスストアのように一列に並び空いたレジ（窓口）に移動する「フォーク型待ち行列」と、スーパーマーケットのように客が自由に窓口を選択する「**フォーク並びなし待ち行列 (fork-less shaped queuing system)**」に大別することができる。本研究では「フォーク並びなし待ち行列」において**各列の行列長を平滑化する仕掛けの要素**について数理モデル（待ち行列モデル）を利用して考察する。

多くのスーパーマーケットのレジでは「フォーク並びなし待ち行列」を採用している。この待ち行列では、各客は各々の何らかの判断基準に従い、複数のレジの中から自由に一つのレジを選択し、各レジごとの行列の最後尾に並んでいく。各レジの行列長に着目すると、**特定のレジだけに客が集中し特定のレジの行列長が長くなり、できるだけ行列長が平滑化されている方が、各レジ担当者にとっても、客にとっても望ましい。**

ここでレジ担当者の見た目（外見）について考えてみる。我が国のスーパーマーケットでは、レジ担当者は**ユニフォーム（制服）**を着用している。ユニフォームを着用することで客に対して、ほぼ同じ外見を示すとともに、同じレベルのサービス処理能力があることを示している。一方で、レジ担当者の顔の表情を隠すことになる**マスク**の着用は、毎年のように議論になっている。客との円滑なコミュニケーションの妨げになるため着用禁止としている店舗 [1] がある。一方で新型コロナウイルス流行の影響で新たに着用を義務づける店舗

[2] もある。

本稿では、レジ担当者のユニフォーム・マスク着用や**店舗内カゴ・カート**は、本来は別の目的として着用・導入されたものが、「結果としての仕掛け [3]」として、特定のレジだけに客が集中しないように機能しているのではないかと、ということ考察する。

以下、第2節では行列を減らすための基本原理について待ち行列理論を利用してまとめる。次に第3節では、フォークなし待ち行列システムの特徴についてまとめ、インタビュー結果を利用して行列長を平滑化するための要素を整理する。第4節では、スーパーマーケットのレジにおいて行列を平滑化する（結果としての）仕掛けの役割をしている可能性のあるレジ担当者のユニフォームやマスク、店舗内カゴ・カートの意義について考察する。最後に第5節で本稿をまとめる。

2 行列を減らすための基本原理

混雑現象は、共有するリソースに人やもの (Object) が集まりすぎるから生じる [4]。例えば、共有リソースの道路に自動車が集まり道路渋滞が生じる。共有回線や共有ルーターにパケットが集まり輻輳が生じる。このような混雑現象を減らしたいのであれば、**人やものが集まらないようにすれば良い**。しかし、人やものが集まらないように制限したとすると、共有リソースを設置した目的が達成できなくなってしまう恐れもある。**混雑現象が生じないように人やものを集めることが重要になる。**

このような混雑現象を解明するための理論として待ち行列理論 (Queuing theory) がある [4][5]。待ち行列理論では、人やものを、サービスを受ける客として扱う。図1に示すように客の到着、客の待ち行列（待ち室

*連絡先：愛知県立大学情報科学部
〒480-1198 愛知県長久手市茨ヶ廻間 1522-3
E-mail: okuda@ist.aichi-pu.ac.jp

のサイズ), サービス窓口, 客の退去, に着目し, 混雑現象を抽象化された数理モデルとして表現する [6]. 抽象化することにより電話交換機, 情報通信, 工場の生産ライン, 空港, 病院など, **有限のリソースを複数の利用者で共有し待ち行列が生じるシステム**を統一的に扱うことができる. 例えばコンピュータ・ネットワークのノードにおいては, パケットやトランザクションを「客」, パケットが通過する通信回線やトランザクションを処理するCPUを「窓口」とみなすことになる. また待ち行列理論を利用すると, 各システムの**平均待ち時間や平均待ち行列長**などの性能を数学的に評価することができる.

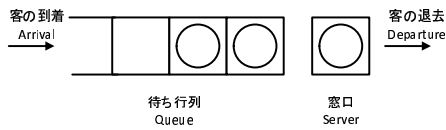


図 1: 単一待ち行列モデル.

汎用性の高い待ち行列モデルの一つに, Kendall の表記法で $M/G/1$ と表される基本的なモデルがある. このモデルの平均待ち時間 (待ち時間の期待値) $E[W]$ は, **ポラチェックー ヒンチンの平均値公式 (Pollaczek-Khintchine mean value formula)** :

$$\begin{aligned} E[W] &= \frac{\lambda E[\sigma^2]}{2(1 - \lambda E[\sigma])} \\ &= \frac{\rho E[\sigma]}{2(1 - \rho)} \left(1 + \frac{\text{Var}[\sigma]}{E[\sigma]^2} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

で与えられる. ここで λ は到着率 (単位時間あたりの平均到着客数), ρ は利用率, $E[\sigma]$ は客のサービス時間の期待値, $E[\sigma^2]$ は同 2 乗の期待値, $\text{Var}[\sigma]$ は同分散を意味する [5].

式 (1) の物理的意味を解釈すると, **待ち行列を減らす仕掛けに有用な視点や方針, 道筋がわかりやすくなる**. 具体的には「**客の到着率 λ を減らす**」, 「**処理時間・方法を改善し利用率 ρ やサービス時間のランダムネスを少なくする**」ということが明確になる. 到着, サービス窓口, その他において行列長を短くするために有効な要素を整理すると次のようになる [4].

1. 到着における要素

- (1) サービス対象者の限定. サービスを必要としない客が紛れ込まないようにする.
- (2) 予約制の導入. 到着ができるだけ一定間隔になるように予約をとる.
- (3) オフピークの導入. 個々の客のコントロールができないときでも, 一時的な集中を避ける努力をする.

- (4) 客の呼び込みと排除. 待ち行列長に応じて, 適切なインフォメーションを提供し, 客の到着を奨励したり, 排除したりする.

2. サービス窓口における要素

- (1) 平均サービス時間を減らす. 余分な仕事をしないようにするとともに, 適切なテクノロジーを活用し, サービス時間を短くする.
- (2) サービス時間の変動を減らす. 仕事を標準化する. 例えば, 高速道路料金所における ETC ゲートやレジでのカード決済は, 金額によらずサービス時間を均一にしている.
- (3) 混雑時のサービスの簡略化. 「忙しいときには手を抜く」ことも含めてサービス時間を減らす.
- (4) サービス窓口数の増設. 適切な窓口増設は, 劇的に待ち時間を減らす効果がある.
- (5) 臨時窓口の開設. 混雑時には一時的に窓口を増やし混雑を緩和する.
- (6) 待ち行列の共通化. できるだけ複数窓口単一行列 (後述) 方式でサービスを提供する.

3. その他の要素

- (1) サービス時間の短い客や重要客に優先権を与える. ただし優先権のない客の救済方法も準備する必要がある.
- (2) 待ち行列の平滑化. 特定の窓口に客が集中しないようにする.
- (3) 適度な「ゆとり」の確保. システムの効率化だけに注力し「ゆとり」を削ると, システムは融通の利かないものになり, アクシデントに弱い脆弱なものになる [7].

3 フォーク並びなし待ち行列モデル

複数の窓口を有する待ち行列システムは, 行列の並び方に着目すると, **複数窓口待ち行列モデル** (図 2) と **フォーク並びなし待ち行列モデル** (図 3) に大別できる [4]. 前者はハンバーガーショップ型モデルと, 後者は並列待ち行列モデル (複数単一待ち行列モデル) とも呼ばれる [5].

複数窓口待ち行列モデルを利用すると, 大手ハンバーガーショップなどのファーストフード店舗, 銀行の現金自動支払機 (ATM) コーナーの混雑現象を検討することができる. 店舗やコーナーには複数窓口 (カウンター, ATM) がある. その窓口を利用するための共通の行列が1列できる. この並び方は, 個々の窓口前に行列を作る **フォーク並びなし待ち行列モデル**に比べ公平であるという特徴がある. 先に到着した客が, 必ず先に窓口を利用することができるからである.

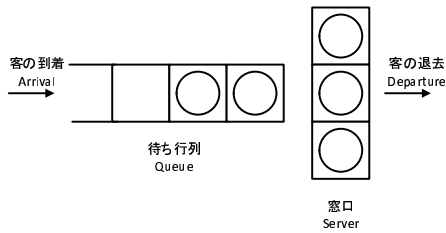


図 2: 複数窓口待ち行列モデル.

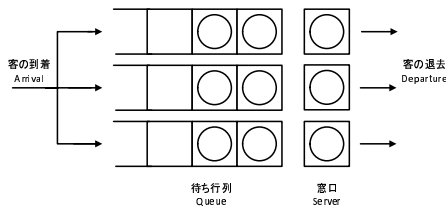


図 3: フォーク並びなし待ち行列モデル.

他方、フォーク並びなし待ち行列モデルでは、不公平が生じることがある。例えば、スーパーのレジでは、並んだレジによっては、他のレジに並んだ客の方が、サービスを受けるようなことがある。つまり、客にとり、フォーク並びなし待ち行列モデルでは、どの列を選んで並ぶかが重要になる。レジ担当者にとっては、負荷分散の観点から、自分だけのレジに客が集中しないことを望むであろう。

このような背景から「スーパーのレジにおけるフォーク並びなし待ち行列モデルではどの列に並ぶか」ということをインタビュー調査した（2020年1月中旬実施）。インタビュー対象は20代大学生・大学院生（15名）である。以下にインタビュー内容を整理する。なお並び方に関する検討は文献 [4, 8, 9, 10, 11] にもある。

- レジ選択前に各レジ行列長を調べ、行列長の短そうなレジの行列に並ぶ。
- 急いでいないときはできるだけ魅力的なレジ担当者の列を選ぶ。レジ担当者はユニフォームを着用している。しかし、これまではマスクを着用していないため表情などを確認することができる。
- 基本的に行列長の短そうなレジの行列に並ぶ。しかし、並んでいる人の買い物カゴやカートに入っている商品量が多そうな場合は並ぶ列を変更する。
- 良く利用するスーパーでは、これまでの経験に基づき、テキパキとしたレジを探し並ぶようにしている。
- 隣のレジの進みが早い場合は、並び直す。
- その他：レジによっては新人、見習い中というバッジをつけている店員もいる。これは見習い中だから大目に見てというメッセージを客に対して与えていると思っていた。しかし実際は客に対して、

この店員を育ててやろうという意向が働くせい
か、かえってクレームが多かった経験がある。

- その他：自分が新人のレジ・アルバイトの時、できるだけテキパキと処理をしていた。しかし“あの新人レジは雑”だとクレームがあった。以後は少しゆっくと処理するようにしている。新人バッジをつけなくなったその日からクレームはなくなった。

以上の意見から、レジの行列を平滑化するには、(1) 行列長の見せ方、(2) ユニフォーム、マスク、買い物カゴ・カートなどを工夫する余地があることが推察できる。

4 平滑化の仕掛け

本節では仕掛けの3要件—公平性 (Fairness, 誰も不利益を被らない)、誘引性 (Attractiveness, 行動が誘われる)、目的二重性 (Duality of purpose, 目的が異なる) [3]—を視座にユニフォーム、マスク、買い物カゴ・カートの役割を考察する。

ユニフォーム[12, 13, 14]

ユニフォーム (制服) は「ある一定の団体に所属する者が統一性を持った物を着用するという目的で作られた服」のことである。サービスにおいて担当者がユニフォームを着用することで、客に対して安心感を与える効果がある。例えば、病院で注射をする時に私服の看護師と白衣着用の看護師を比較すると、大多数の客は白衣着用の看護師の方が安心する。またユニフォームを着用することにより、着る側にとっては「仕事の機能性を上げる」、「気持を仕事モードに切り替える」、「チームや会社への帰属意識」、「連帯感や一体感の助長」、「粗悪行為の抑制」などの効果がある。さらにユニフォームを着用している店員は全てサービスに関する技量が同質であることも示すという効果もある。つまりユニフォーム着用はレジ行列平滑化にプラスに働くことが予想される。

マスク[1, 2]

一般的に中高年はマスク姿での接客を失礼と感じる人たちが多い。他方、若い世代は予防目的だけでなく、自分の表情を隠すためにも日常的にマスクをつける人が増えている。そのためマスクは表情を隠して店員の印象を悪くするのか (個の魅力を消す可能性もある)、それとも風邪の予防のためにも認められるべきか。毎年のように議論がなされている。

経営側は「マスク着用は客との円滑なコミュニケーションの妨げになる」という理由で禁止しようとする。具体的な理由として、マスク着用により店員の表情がわかりにくく、声も聞こえにくくなり、体調不良の印象を与えて不安を感じさせてしまうことがあげられて

いる。ただし、例外として体調不良者（せきやくしゃみがひどい時、花粉アレルギー）、食品加工従事者は着用が認められている。

しかし2020年1月下旬以降、新型コロナウイルス肺炎の影響もあり、マスクに関しての認識が変わってきている。マスク着用を認めるのみならず、マスク着用を義務づける店舗も出てきている。さらに一部の宿泊施設では、“平時と異なりスタッフのマスク着用を実施している。しかし、マスク上からでも分かる明るい笑顔で皆さまをお出迎えいたします”といったマスク着用に関するアナウンスがなされるようになってきた。

マスクを着用しなければ口の動きや表情で、円滑にコミュニケーションができるであろう。結果として**個の表情という魅力もアピールしやすくなる**。一方で、**個の表情という魅力はアピールしにくくなるが**、マスク着用によりウイルスの広がりや未然に抑えることこそが、**客に安心を与えるというメリット**もある。今の状況では、担当者全員がマスク着用をするような場合は、レジ行列平滑化にプラスに働くことが予想される。

買い物カゴ・カート

スーパーマーケットでは、客は備え付けの**無数の穴が空いた買い物カゴやカート**を利用する。穴の空いたカゴやカートは軽量というだけでなく、店員や他の客が中身を認識しやすさという効果がある。店員にとっては万引きなどを予防するという意味もあるだろう。他の客にとっては、**当該客の買い物量（＝レジでの所要時間仕事量）**がわかるというメリットもある。つまり行列に並ぶ際、人数だけでなく、当該列の**買い物量も**参考にすることが可能になる。つまり穴あきカゴ・カートはレジ行列平滑化にプラスに働くことが予想される。ただし現時点では、人数だけで並ぶ列を決める客が多いため、**買い物量も勘案して並ぶ列を決めることを推奨**することが必要になる。

5 まとめ

スーパーマーケットのように客が自由に窓口を選択する**フォーク並びなし待ち行列**において各列の行列長を平滑化することは、サービス満足度を向上させる意味でも、レジ担当者の負荷分散の意味でも重要である。そこで本稿では、**レジ担当者のユニフォーム・マスク着用や店舗内カゴ・カート**が、本来は別の目的として着用・導入されたものが、「**結果としての仕掛け**」として、特定のレジだけに客が集中しないように機能してきたのではないかと考えた。

今後は、マルチエージェントシミュレーション実験により、仕掛けをデザインするうえで有用なことを明らかにしていきたい。また、大学における新入生窓口などで、ユニフォーム・マスク着用効果に関する実証実験を実施する計画である。

参考文献

- [1] 佐藤恵子：“イオン「マスク禁止」に波紋 突然の通達、接客妨げる？”，朝日新聞デジタル（2019年12月28日）。<https://digital.asahi.com/articles/ASMDW4GR2MDWUTIL024.html> .
- [2] 佐藤恵子：“マスク、百貨店の販売員に解禁 義務付け売り場も”，朝日新聞デジタル（2020年1月30日）。<https://digital.asahi.com/articles/ASN1Z5CXBN1ZULFA00J.html> .
- [3] 松村真宏：『仕掛学一人を動かすアイデアのつくり方』，東洋経済新報社（2016） .
- [4] 高橋幸雄，森村英典：『混雑と待ち』，朝倉書店（2001） .
- [5] 塩田茂雄，河西憲一，豊泉洋，会田雅樹，川島幸之助：『待ち行列理論の基礎と応用』，共立出版（2014） .
- [6] 佐藤健一（編著），奥田隆史：『新インターネット：情報ネットワーク』，オーム社（2011） .
- [7] アンドリュー・ゾリ，アン・マリー・ヒーリー：『レジリエンス 復活力：あらゆるシステムの破綻と回復を分けるものは何か』，ダイヤモンド社（2013） .
- [8] 枝廣淳子，小田理一郎：『なぜあの人の解決策はいつもうまくいくのか？—小さな力で大きく動かす！システム思考の上手な使い方』，東洋経済新報社（2007） .
- [9] 内藤誼人：『レジ待ちの行列，進むのが早いのはどちらか—するどく見抜き，ストレスがなくなる心理術』，幻冬舎（2009） .
- [10] 北川邦弘：“なぜ行列に並ぶ人は、お金持ちになれないのか？”，President Online, <https://president.jp/articles/-/6724> Accessed Jan. 24. 2020.
- [11] 奥田隆史：“AでなくてBを選択してもらうソフト戦略の思案：待ち行列理論と行動経済学の力で説得するための第一歩”，共生の文化研究（Journal of cultural symbiosis research），Vol.10, pp.131-133（2016） .
- [12] 西川正之：“制服についての社会心理学的考察”，繊維製品消費科学，Vol.40, No.7, pp.429-435（1999） .
- [13] 山口晶子：“若者文化としての学校制服—女子高校生の制服おしゃれに着目して”，子ども社会研究，Vol.13, pp.62-71（2007） .
- [14] “ユニフォーム・制服って本当に必要なの？着用する意義と効果について解説”，ユニフォームの豆知識（ユニフォームタウン），公開日 2018年8月14日，<https://www.1-m.co.jp/blog/?p=3208> Accessed Jan. 24. 2020.