

## 共有リソースの運用における共有情報と利用者の協調行動の関係

宇都宮 陽一<sup>†</sup>奥田 隆史<sup>†</sup>愛知県立大学大学院 情報科学研究科<sup>†</sup>

## 1 はじめに

大学、企業をはじめ、社会では備品や施設など多くのリソースを利用者同士で共有している。それらの共有リソースを運用する際、利用者の満足度を単純に上げようとする中で、備品や施設を質的・量的に整備することによって実現することがある。しかし、利用者同士の繋がりを前提とする施設でその仕組みがない場合、全く利用されないこともある [1]。また、利用されているケースにおいても、利用者に対してうまく運用するよう声高に働きかけてるだけではうまくいかず、何かしらのルールを強制することでようやく一定の成果に至ることがある [2]。一方、利用者が関心を抱けば、Wikipedia のような自主的かつ協調的な仕組みの辞書作りが行われる [3] など、自律的で協調的な行動を起こすこともある。

モラルや社会的思想が進化したことで、それがエージェントに対して協調行動をするような力を与え、協調社会が出現してきたという研究がある [4]。また、人々が協調行動を取る理由の1つに、相互協調的な振る舞いが他者から好意的な評価を得るだろうと予測するためであるという研究がある [5]。そういった理由であったとしても、リソースを共有している各利用者が利用者同士のことを考えて行動することは重要である。しかし、真に自身の QoE(Quality of Experience) の向上だけを考えると行動が他者の QoE をも向上させるようなケースも存在する。本研究では、このような形態の協調行動に着目しており、利用者の自律的行動が結果的に協調行動となりシステム全体に良い意味での貢献をすることを示してきた [6]。著者らは、繰り返し利用する施設において利用者がとる自律的行動が、そこで発生する待ち行列の待ち時間を短くすることに寄与することを示した [7]。

本稿では、繰り返し利用をする利用者の中に、初めて利用する利用者が混在する場合についての関係を明らかにする。その際、初めて利用する利用者は、既に利用している利用者が発信する待ち時間に関する情報を共有しており、なるべく待ち時間の少ない時間に到着する前提とする。

以降、第2節で利用者の自律的行動による協調行動について述べる。第3節で検証方法およびシミュレーション条件について述べ、第4節で結果および考察について述べる。最後に第5節でまとめおよび今後の課題について述べる。

## 2 利用者の自律的行動による協調行動

本稿では、待ち行列が生じても繰り返し利用する施設(例: 昼食時の食堂、ファストフード店)の利用者の協調行動を検証モデルとして考える(図1)。

ここでは、施設の利用者の待ち行列モデルを、M/D/1 システムとする。利用者にサービス(例: 食事)が提供されるまでのサービス時間  $t_s$  は、一定時間  $\mu^{-1}$  とする。これは、提供されるサービス(例: 食事)が異なっても、その提供時間の違いは小さいと想定しているためである。なお、混雑時を想定し、 $\lambda = \mu$ (利用率=1)とする。売り切れが心配されるような場合は、並んでも買おうとする可能性があるため、到着時刻に関わらず、希望するものを購入できるものとする。利用者の行動は、到着1回目は平均到着率  $\lambda$  のポアソン分布に従

い(行動1)、到着2回目以降は、繰り返し利用する施設であることから前回経験した待ち時間に応じて次の行動2~4をとるものとする。行動2: 前回経験時の待ち時間がなかった場合は到着時刻を早める、行動3: 許容範囲内の場合は次回も同じ時刻に到着する、行動4: 許容範囲を超えた場合は次回の到着時刻を遅らせる。

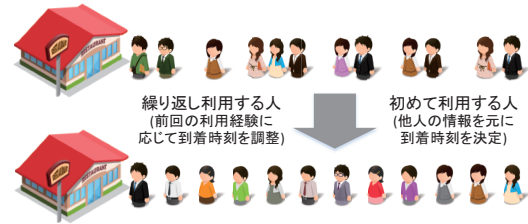


図1 Example of User Cooperation

## 3 検証方法およびシミュレーション条件

検証は、前節のモデルイメージをエージェントシミュレータ Swarm [8] を使って実施する。実際にかかったサービス時間を  $t_{sn}$ 、許容サービス時間を  $t_{as}$  とすると、利用者の行動は次のようになる。行動1(if 1st time)、行動2(if  $t_{sn} = t_s$ )、行動3(if  $t_s < t_{sn} \leq t_{as}$ )、行動4(if  $t_{as} < t_{sn}$ )。なお、到着時刻の調整をする(早める、遅める)際は一様分布  $U(t_s, t_s * 2)$  で時間を決める。到着時刻の調整を待ち時間に対する関数にしていないのは、待ち時間そのものを厳密に計って、適応的に行動をとるという前提ではなく、感覚的に待ち時間を長いと感じたら、少しずつしてみようという程度の弱い関係性の中で評価を行うためである。また、繰り返し利用する利用者の到着時刻とサービス時間を共有情報として保持するようにする。初めて利用する利用者は、共有情報を参照し、到着時刻を決める。シミュレーションにおける具体的数値例を以下に示す。

```
Queueing System: M/D/1
people:100
arrival_interval( $t_a = 1/\lambda$ ): exponential(30.0)
service_time( $t_s = 1/\mu$ ): constant(30.0)
acceptable_service_time( $t_{as}$ ):  $t_s * 3$ 
```

全利用者が100人となるようにし、 $\lambda = \mu = 1/30$  とする(総計3000秒で、全員にサービス可能)。許容サービス時間  $t_{as}$  は、サービス時間  $t_s$  に対する倍率(ratio)をかけた値であるが、本稿では  $ratio = 3$  とする [7]。シミュレーション開始から60回までは全利用者を繰り返し利用する利用者とし、共有情報を蓄積できるようにする。60回以降は、一部の利用者を初めての利用者としての振る舞い(共有情報を参照して到着時刻を決める)に変え、180回の到着行動を行う。

共有情報の参照範囲を、サービス時間の短いものから上位10%~90%(10%刻み)で変化させる。また、繰り返し利用者と初めての利用者の人数割合を、10人対90人~90人対10人(10人刻み)の9パターン行う。

## 4 結果および考察

繰り返し利用者と初めての利用者の人数割合を10人対90人、50人対50人、90人対10人にし、共有情報の参照範囲を変えた場合の結果を図2に示す。

Relation between the share information in operation of common resources and user cooperation

<sup>†</sup>Yoichi UTSUNOMIYA, Takashi OKUDA

<sup>†</sup>Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

自律的協調行動の効果があるため、利用者の割合が変化する60回あたりでサービス時間が増えるものの到着行動が繰り返される中でサービス時間は短くなり収束している。ただ、共有情報の参照範囲を変えてもサービス時間はほとんど変化していない。これは、共有情報として参照する範囲が変わったとしても、初めての利用者の到着時刻が重なることは避けられないためと考えられる。

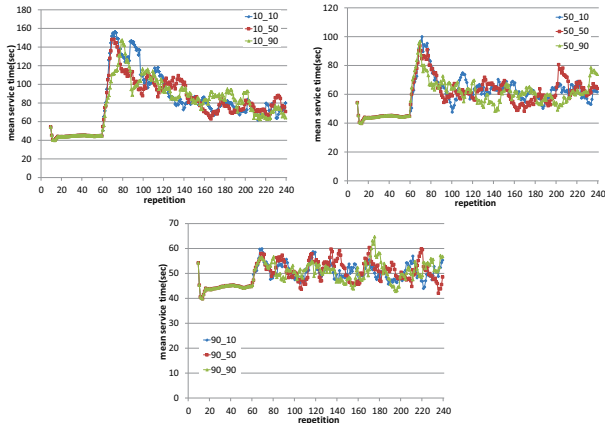


図2 Simulation result(share information)

次に、繰り返し利用者と初めての利用者の人数割合を、10人対90人～90人対10人(10人刻み)に変化させた場合の結果を図3(サービス時間)、図4(到着時刻の最大値)に示す。

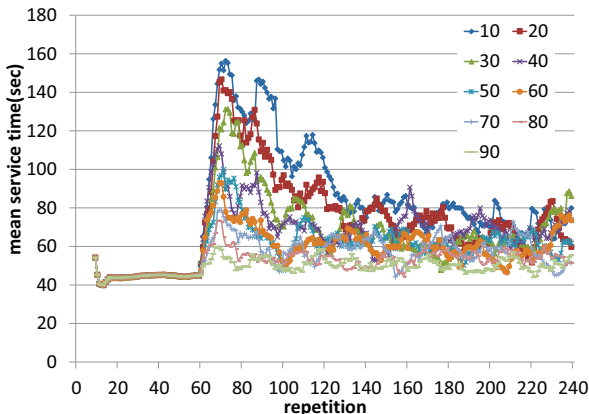


図3 Simulation result(service time)

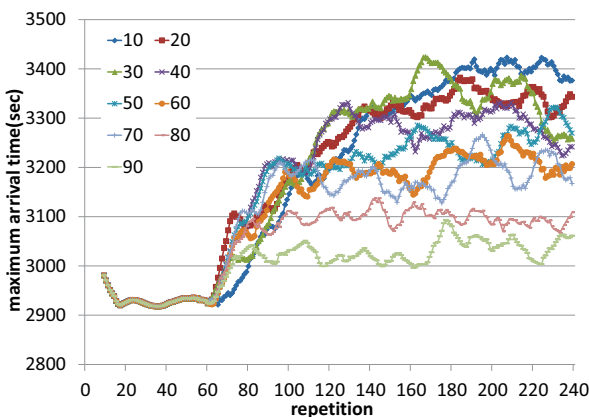


図4 Simulation result(arrival time)

サービス時間は、繰り返し利用者が少なくなるほど大きくなっていく。これは、初めての利用者が共有情報を元に到着することで近接した時間に到着しているためと考えられる。この時の到着時刻の最大値を見ると、繰り返し利用者のみが利用する場合の結果 [7] とは異なったものとなっている。到着時刻の最大値が大きくなると、到着はより分散する傾向となるために待ち行列が生じにくくなることからサービス時間は短くなる傾向にあった。しかし、初めての利用者を考慮した本稿の条件においてはその傾向が見られず、むしろ到着時刻の最大値が小さい場合ほどサービス時間が短くなっている。

これは、初めての利用者が共有情報を元に到着する行動が待ち行列を生じやすくしており、その状況での繰り返し利用者は、より到着時刻を遅らせることで対処しようとしているためと考えられる。特に初めての利用者が混在して60回を経過したあたりからは、サービス時間はほぼ収束した状態にあるものの、到着時刻の最大値が収束するまでにはさらに60回程度を経過している。これは、繰り返し利用者が待ち行列緩和のために到着を遅らせたタイミングも共有情報の中に含まれていくため、初めての利用者の参照が生じているためと考えられる。

## 5 まとめおよび今後の課題

共有情報によって到着する利用者が増えることで、到着タイミングの集中が生じ、全体としての疎密が生じていることを示した。そのような状態の中でも、自律的協調行動をとる利用者がいることで待ち時間が長くなることの改善は行われている。しかし、自律的協調行動をとる利用者の割合が少なくなると、到着タイミングの集中に適応できず、到着時刻を遅らせることで改善しようとするのがわかった。

初めての利用者が混在する場合においても自律的協調行動をとる利用者がいることで、ランダム到着時の結果 [7] よりサービス時間が短くなっている。しかし、到着時刻の最大値は明らかに大きくなっており、必ずしもよい運用ができていたとは言えない。本稿では、利用者が1人ずつで到着する条件としているが、実際には複数人でくることもあり、初めての利用者がグループとしてまとまって到着する場合の評価も行う必要がある。

今後の課題として、初めての利用者も協調行動となるような共有情報の提供および参照方法の検討が挙げられる。本稿のシミュレーションにおいては、繰り返し利用者からの到着時刻、サービス時間に関する情報をそのまま参照していたが、統計的な処理などを行うと共に、初めての利用者の参照頻度などに応じて返す情報を変えるなどが考えられる。また、繰り返し利用者が行う自律的協調行動を、自身の体験(情報)のみに基づいているものとして扱ってきたが、実際には、他人の行動によって生じる待ち行列を介して間接的に情報を得ていることから、利用者をA)ランダム到着:情報参照も協調行動も無い、B)他人の情報を元に到着:情報(基本的には他人)参照のみ有り、C)自身の体験で協調行動をして到着:情報(自身+他人)に基づく協調行動という3種に分けて、これらの割合などを変えた評価を行う予定である。その際、利用者の行動だけでなく共有情報の提供についても3種が混在する場合を評価する予定である。

### 参考文献

- [1] はくむ HILLS「ウェリス稲毛」プロジェクト, “ポスト“絆”, 理想の形は「ほどよいつながり」大規模マンションに見る人付き合いの現実”, <http://www.nttud.co.jp/news/detail/636.pdf>.
- [2] 芦田宏直, 『努力する人間になってはいけない - 学校と仕事と社会の新人論』, ロゼッタストーン (2013).
- [3] ヨハイ・ベンクラ, 『協力がつくる社会 - ペンギンとリヴァイアサン』, エヌティティ出版 (2013).
- [4] 山内敦, 星野力, “囚人のディレンマゲームにおける社会的行動の進化”, 情報処理学会研究報告.ICS, [知能と複雑系98(24), 7-13(1998)].
- [5] 橋本博文, “相互協調性の自己維持メカニズム”, 実験社会心理学研究, Vol.50 NO.2, pp.182-193(2011).
- [6] 木村龍明, 奥田隆史, 井手口哲夫, 田学軍, “公衆無線 LAN によるデータダウンロードサービスにおけるユーザの協調行動の有効性に関する研究”, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J96-B No.7, pp.662-669(2013).
- [7] 宇都宮陽一, 奥田隆史, “利用者の協調行動を利用した共有リソースの運用方法”, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会予稿集, M4-6(2014).
- [8] Hitoshi Iba, 『Agent-Based Modeling and Simulation with Swarm』, CRC Press(2013).