

不特定多数による遠隔操作の実現に向けた接客ロボットと客とのインタラクションの状態遷移モデル化

池田 瑞¹ 岩崎 雅矢¹ 河村 竜幸² 中西 英之¹

¹大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻

¹ Department of Adaptive Machine Systems, Osaka University

² 京都イノベーション株式会社

² Kyoto Innovation, Inc.

Abstract: 接客販売ロボットを遠隔操作する場合、操作者に依らず販売促進の効果が得られることが望ましい。本研究では、実際の店舗においてロボットがサービスを提供する実験を行い、ロボットと訪問客のインタラクションを有限状態機械としてモデル化することで、不特定多数ユーザー向けのロボット操作システムを構築した。そして、それが実環境において有効であるかを検証した結果、本システムがロボットのサービス提供能力向上に効果的であることが分かった。

1. はじめに

対話ロボットの普及に伴い、店や駅で人の対応を行う接客ロボットが急速に配備されているが、現状の自律的な接客ロボットの場合はあらかじめ決められた行動のみしか行えず、想定外の状況には適切に対応できないという問題がある。一方で人による遠隔操作ロボットの場合は、操作者が必要であることから人件費の削減などのロボットの利点を活かさない可能性がある。そこで、オンライン上で不特定多数がエンターテインメントとしてロボットの遠隔操作をすることで様々な状況にも臨機応変に対応しながら客の購買活動を促進することを考える。そこで、本研究では実店舗に設置された接客ロボットを遠隔操作するための不特定多数向けのシステムを開発することを目的とする。そのため、まず実店舗での実験において販売に有効なロボットの行動を調査し、接客のフローチャートを作成する。そして、それに基づく接客ロボット操作システムが実店舗において有効であるかを検証した。最後に、ロボットの操作経験の無い操作者でもロボットが高いサービス提供能力を発揮することができるか、ゲーミフィケーションを用いたロボット操作によって操作者のモチベーションが向上するかどうかについて調査する。

2. 関連研究

2.1. 接客ロボット

接客ロボットが訪問客と会話を始めようとする

とき、ロボットが長い発言をするのではなく短く答えやすい発言をすることでインタラクティブな会話を生み出すことができるということや[1]、相手の状態を理解していることを示すことによってロボットのプレゼンスが強化されるといったことが示されている[2]。これらに基づき、ロボットが訪問客に対して接客を行うときの一連の行動としてどのようなものが有用であるかを調査する。また、久保らは自動応答と遠隔操作を組み合わせた接客ロボットの対話システムを開発している[3]。この研究ではロボットが対応できなくなった場合に遠隔にいるオペレータが対話を引き継ぎ、遠隔操作を行う。このシステムはロボットが得意なところはロボットが対応し、人が得意なところは人が対応するということが実現可能であるが、遠隔操作の際にはオペレータがその店舗に関しての専門的な知識を有していることが条件となってしまう。そこで本研究では、操作未経験のユーザーでも容易に操作ができるシステムを開発する。

2.2. ゲーミフィケーション

ゲーミフィケーションは非ゲームコンテンツにゲーム要素を取り入れることであり[4]、ユーザーの行動喚起のための手法の一つとして注目度されている[5]。ゲーミフィケーションは、教育[6]、クラウドソーシング[7]、健康[8]、および環境保護[9]といった様々な分野において活用されているが、ロボット操作のためのインタフェースに活用された例は少ない。したがって本研究では、ゲーミフィケーションが接客ロボット操作においても有用であるかを調べる。

3. 接客状態遷移モデル

不特定多数のユーザによる接客ロボット操作を可能とするためには、ユーザがあらかじめ決められた規則に沿って操作するだけのシステムが望ましい。本章では、接客フローチャートを作成するため、実際の店舗においてロボットが訪問客に接客を行う実験を行い、得られたインタラクションデータについて、その言語情報だけでなく非言語情報も含めたマルチモーダル会話分析を行うことで、販売に有効なロボットの行動を調査する。そしてそれを基に、客とロボットとのインタラクションを状態遷移モデル化する。

3.1. 実験

3.1.1. 実験方法

実験は2017年11月～2019年4月の間に合計20日間実施し、330組の訪問客に対して接客を行った。実験は京都の商店街にある七味専門店「ぢんとら」において行った。店内の様子を図1に示す。実験中、訪問客が顔を見えないようにピントをずらしたカメラをロボットの正面、背後、そして店舗の全体の様子を確認可能な側面の位置に配置し、継続して撮影を行った。また、訪問客の顔を認識可能な映像を取得できるカメラを側面に設置し、同意が与えられた場合のみ、そのカメラを用いて映像を取得した。さらに、実験の情報を記載したハンドアウトをロボットの体に設置した。この実験は、本大学の研究倫理委員会の承認を得て行われている。

3.1.2. 遠隔操作システム

本実験では接客ロボットとしてPepperを採用した。Pepperは、2014年にソフトバンクグループが発表した人型パーソナルロボットである。PepperのOSはNAOqi OSと呼ばれており、Pepperに装備されている各種デバイスやメモリの状態の取得や制御用のAPIモジュールが含まれている。それらのNAOqi OSのAPIモジュール使用のために、ソフトバンクロボティクスが提供しているLibQi JavaScript SDKライブラリを用いて記述したJavaScriptをhtmlで呼び出すことで、ブラウザでPepperを操作することができる。実験中、Pepperを操作する際にすべての動作や発話内容を入力すると、時間がかかってしまい会話をスムーズに行うことができない。そこで実店舗での接客に使用する可能性のある一連の言動をPepperのアプリケーションを作成できるソフトウェアであるChoregrapheを用いて開発し、あらかじめPepperにインストールすることでそれらがボタンを押すだけで実行できるようなインタフェースを開発した。



図1 実験の様子

本実験では、ロボットに接客を行わせるための操作ボタンを1画面にまとめて配置し操作者が自由にそれらの選択を行えるようなインタフェースを用いた。これにより訪問客の行動に対して柔軟にロボットが行動できるようになり、訪問客がどのような状態のときにロボットがどのように接客を行うのが効果的であるかを調査することができると考えた。映像としてはロボットの一人称視点映像とロボットと訪問客の両方の姿が確認可能な第三者視点映像の取得を行う。

3.1.3. 結果と考察

(1) 訪問客との会話の開始

ロボットが訪問客に対してサービスを提供するためには、まず訪問客と対話を始める必要がある。本研究では訪問客からの反応を得るために、訪問客がロボットの発言に返答する確率であるエンゲージメントを推定し、その値が大きければロボットが訪問客に挨拶をするという自動挨拶機能(Automatic greeting mode) [2]をロボットに実装した。しかし、訪問客の中にはロボットに関心がない客も含まれており、ロボットが挨拶をするほどエンゲージメントの値が大きくなる客も存在する。そこで、そのような客に対して、ロボットは注意を引くような行動をとる必要がある。そこで、リズムカルな発話音声には新奇性や面白みがあると考えられ、インタラクションの継続欲求、モチベーションを向上させるという知見に基づき[12]、ロボットがラップ歌唱を行う。ここでどのようなタイミングでラップ歌唱を行うべきなのかを調査する必要がある。そこで、自動挨拶機能を使用した際の訪問客の反応を調査した。入店後60秒間自動挨拶機能を使用した訪問客73組を、ロボットが挨拶した組とロボットが挨拶する前に店を退出した組の2つに分類し、それらの時間的推移を図2に示す。図2から入店から21~30秒が経過した時以降で、ロボットが挨拶した組よりロボットが挨拶する前に店を退出した組の方が多くなることがわかった。したがって、ラップ歌唱を行うべき

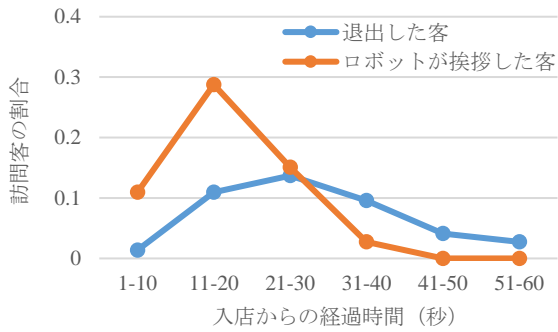


図2 退出客とロボットが挨拶した客の割合の時間的推移

タイミングは 21~30 秒の間である 25 秒と考えられ、25 秒経過してもエンゲージメントが一定値を超えない場合にラップ歌唱を行う。

(2) 訪問客との会話を継続するための振る舞い

本実験では、ロボットと会話を始めた訪問客に対して様々な会話を試みた。例えば、出身を訪ねる、一緒に写真を撮ろうと勧誘する、「How are you?」などの質問をするなどである。訪問客との対話を継続させるためにこのような答えやすい質問を投げかけることは有用であると考えられるが、この場合、ロボットの操作者はまず訪問客の返答を正確に聞き取る必要がある。さらにその返答に対して適切な次のロボットの言動を選択する必要がある、このような操作は困難であると考えられる。したがって、訪問客の反応が想定でき、容易に読み取れるものであるようなロボットの行動が訪問客との対話を継続させるための振る舞いとして適切であると考えられる。そのような行動として握手の要求があった。ロボットと会話を開始した訪問客の組に対して握手の要求を行ったとき、握手に応じたのは 128 組中 117 組であり約 91%であった。またロボットの握手要求に対する訪問客の反応についてはすべての組を応じるか応じないという 2 つに分類することができた。したがって、握手は訪問客との会話を継続するための行動として有用であると考えられる。

(3) 訪問客を試食に誘導するロボットの振る舞い

これまでは訪問客の注意をロボットに向ける方法を考えてきたが、販売を促進するためには、そのロボットに集めた訪問客の注意を商品に向ける必要がある。そこで、本実験ではロボットが試食提案を行う。試食販売は販売促進の効果があるということが示されている[10]。また、ロボットが人間と同等以上に訪問客に対して試食を宣伝する能力をもつことも示されている[11]。しかし、ロボットが試食提案をしても訪問客がその要求に応じてくれるとは限らない。そこで訪問客に試食をさせるため、ロボットが

表1 協力要請時の訪問客の挙動

	協力要請時	
	サンプルを見ていた組	サンプルを見ていなかった組
試食した組	7	1
試食しなかった組	0	8

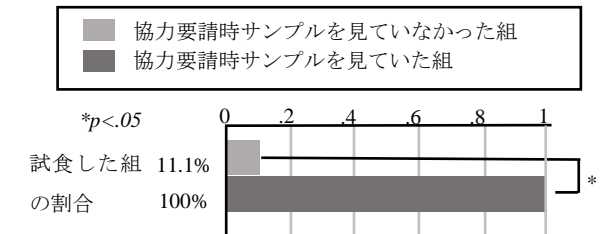


図3 協力要請時に試食した訪問客の割合

他の店員を呼び、客に試食用のサンプルを手渡すように要請を行うという機能を実装した。

この実験中に接客を行った訪問客 330 組のうち、ロボットが店員に協力要請を行った訪問客が試食したのは 17 組中 7 組であった。これらの組についてロボットの協力要請時の視線について調べたところ表 1 に示すように、協力要請時サンプルを見ていた 7 組の訪問客は試食をし、試食用サンプルを見ていなかった 9 組のうち試食をしたのは 1 組であった。この結果に対し Fisher の正確確率検定を行ったところ図 3 に示すように、協力要請時にサンプルを見ている客のほうが試食をする割合が有意に高いことが分かった($p < .05$)。したがって、訪問客がサンプルを見ているときにロボットが店員に協力を要請しサンプルを渡してもらうことで訪問客に試食をさせることができるということがわかる。

次に訪問客にサンプルを見てもらうのに適切な試食提案のタイミングを考える。本実験中に試食の提案を行った 96 組について、ロボットの試食提案時の訪問客の視線に注目すると、表 2 のような結果であった。試食提案時、ロボットを見ていた 42 組中 39 組がその後サンプルを見ており、ロボットを見ていなかった 54 組中 8 組が試食提案後にサンプルを見ていた。この結果に対しカイ二乗検定を用いると、図 4 のように試食提案前にロボットを見ていた客のほうがロボットを見ていなかった客よりその後サンプルを見る割合が有意に高いことが分かった($\chi^2 = 54.5, p < .01$)。したがって、訪問客がロボットを見ている時に試食提案をし、それによってサンプルを見た時に店員への協力要請をすることによって高い確率で訪問客に試食をしてもらうことができると考えられる。

表2 試食提案時の訪問客の挙動

		試食提案前	
		ロボットを見ていた組	ロボットを見ていなかった組
試食提案後	サンプルを見た組	39	8
	サンプルを見なかった組	3	46

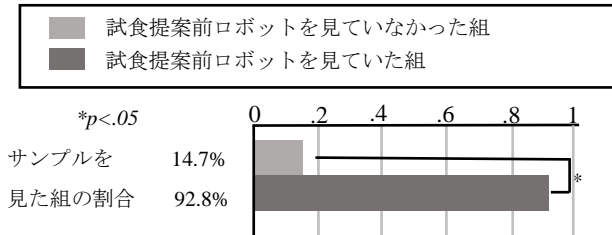


図4 試食提案後にサンプルを見た訪問客の割合

3.2. 接客フローチャートの作成

実験結果から訪問客と接客ロボットとのインタラクションの状態遷移モデルは、大きく分けて挨拶パート、握手パート、商品説明パートによって構成でき、訪問客の反応を条件としてインタラクションの状態が遷移する。まず、訪問客のエンゲージメント推定を行い、その訪問客のロボットへの注意の度合いが高くなった時に挨拶を行う。また、訪問客のエンゲージメントがロボットが挨拶を行うのに十分な値を超えないまま、訪問客の入店から25秒以上経過した場合、ラップを行うことで客の注意を引き付ける。次に、挨拶をした訪問客に対して握手の要求を

することによって会話を継続させる。ここで訪問客が握手をしない場合にもラップ歌唱を行い、注意を引きつける。そして、訪問客がロボットに注目し続けている場合、試食の提案を行うことで商品へ注意を誘導する。その後、訪問客が試食用サンプルに注目している場合はさらに店員に協力要請をすることで訪問客の試食を促す。ここで訪問客がロボットに注目している場合はロボットへの興味があると考えられるため商品の説明を行い、訪問客の注意が試食用サンプルに移ったところで店員への協力要請を行う。また、訪問客がそれ以外を向いている場合はラップ歌唱を行い、訪問客の注意をロボットへと戻すことを考える。

実店舗における、そのような訪問客とロボットのインタラクションの状態遷移の一部分を図5に示す。図5のような状態遷移に基づき、操作者が画面に記された条件に従ってあるボタンを押下したときに次に行うべき操作が自動的に提示されるようなインタフェースを作成した。

4. 状態遷移モデルの有効性検証

前章にて開発した客-ロボット間インタラクションの状態遷移モデルに基づく接客ロボット操作システムを実験者が使用し、実店舗におけるインタラクション状態遷移モデルの有効性を検証する。

4.1. 実験方法

実験は2019年10、11月に10日間行った。実験環境は前章と同様で、実験者が遠隔から前章の状態遷移モデルに基づく操作システムを用いて接客を行った。

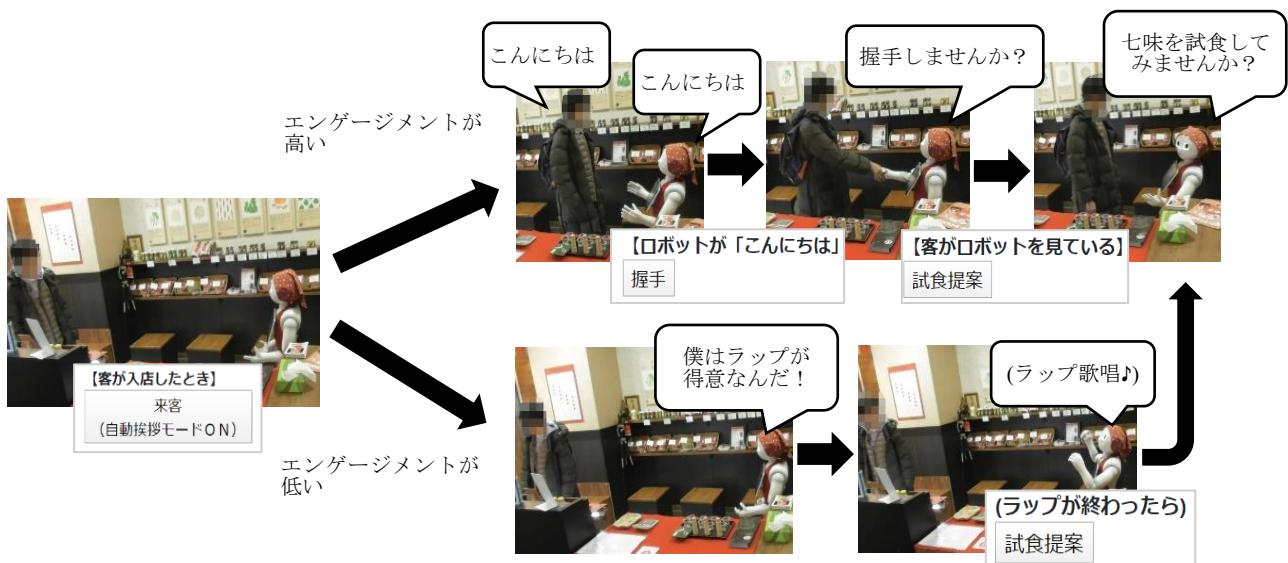


図5 客とロボットのインタラクションの状態遷移

4.2. 実験結果

本システムによる接客がロボットの訪問客に対するサービス提供能力を高めるかを確認するため、本実験のデータ（状態遷移モデルあり）と前章のデータのうち本システムに搭載されている全ての機能を使用した2018年12月～2019年4月のデータ（状態遷移モデルなし）において、訪問客がロボットの試食提案に応じたかどうかを調べ、比較する。

その結果、状態遷移モデルを用いた場合に試食提案に応じた組は177組中18組で10.1%であった。一方、状態遷移モデルを用いない場合に試食提案に応じた組は172組中5組で2.9%であった。これらに対してカイ二乗検定を行った結果、状態遷移モデルを用いた場合の方が状態遷移モデルを用いない場合に比べて訪問客の試食率が有意に高いことが分かった（図6, $\chi^2=54.5, p=.006<.05$ ）。したがって、本実験で使用した状態遷移モデルは実環境においても有効である。

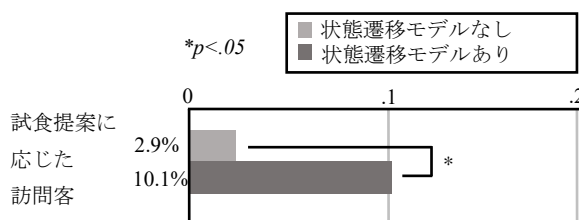


図6 試食した訪問客の割合

5. ロボット操作への娯楽性付与

本章では、ロボットの操作経験の無いユーザによる操作でもロボットが高いサービス提供能力を発揮することができるかどうか、また、ゲーミフィケーションを用いたロボット操作へのエンターテインメント性の付与によって操作者のモチベーションが向上するかどうかについて調査する。

5.1. 仮説

不特定多数のユーザが接客ロボットを遠隔操作するとき、その操作インターフェースが単にロボットを操作するだけのものであった場合、操作にモチベーションが見出せず、操作に飽きることや注意が散漫になることで、結果として接客ロボットのサービス提供能力が低下してしまうことが考えられる。そこで、ゲーミフィケーションを利用することでユーザがエンターテインメントとして、ロボットを操作することを考える。以下の仮説を立てた。

仮説：接客ロボット遠隔操作へのゲーム性の付与によってユーザの操作に対するモチベーションが向上する。



図7 操作時の被験者の様子



図8 ロボット操作インターフェース

5.2. 実験条件

前節の仮説を実証するため、次のような要因と実験条件を設定した。

要因：操作する接客ロボットのパフォーマンスに応じて獲得できるポイントの提示

ポイントなし条件：被験者は単に接客ロボットを操作する。

ポイントあり条件：被験者は「ポイントなし条件」と同様の操作を行うが、接客ロボットのパフォーマンスに応じて被験者にその時点での獲得ポイントが提示される。

ポイントあり条件では、獲得ポイントが操作に応じ提示されることで、被験者の操作に対するモチベーションが向上すると考えられる。

5.3. 実験環境

図7に被験者がロボットの遠隔操作を行う部屋の実験環境を示す。ポイントが付与される条件では、操作画面表示用ディスプレイのすぐ隣に現在の獲得ポイント数とそれに応じたランク（Beginner,

Advanced, Expert, Professional) を表示するためのディスプレイを配置した。被験者に提示するロボット操作画面およびポイントの表示画面を図 8 に示す。図 8 左側の映像については平滑化処理を行い、ぼかして表示することで訪問客のプライバシーに配慮した。「ポイントなし条件」ではポイント表示画面を被験者に提示しなかった。接客ロボットを設置する店舗については 3 章, 4 章と同様の設定である。

5.4. タスク

被験者は操作前に 10 分間の操作説明を聞いた後、60 分間ロボットの操作を行った。操作説明の内容は、京都に実在する店舗に設置されたロボットを操作して接客を行うということ、操作方法として現地の映像をもとに画面に表示された条件を判断してそれに当てはまるボタンをマウスでクリックするだけでロボットの操作が行えるということを説明した。また、ポイントあり条件ではそれに加えて、ロボットのパフォーマンスに応じてポイントが獲得でき、そのポイント数およびランクが表示されるということを説明した。その後、操作に対する印象に関するアンケートを記述し、そのスコアをつけた理由、実験中取った行動の根拠を尋ねるインタビューに答えた。

5.5. 参加者

関西圏在住の 18 歳から 24 歳の大学学部生 8 名（男性 6 名, 女性 2 名）に対して 2 条件の実験を被験者間実験として行った。

5.6. 評価方法

(1) アンケート評価

操作システムに対する印象を尋ねるために、アンケートを採用した。実験後、被験者に対して 7 段階のリッカート尺度を用いたアンケートを取った。全尺度をそれぞれ 1: 全くあてはまらない, 4: どちらともいえない, 7: 非常によくあてはまる, に対応させた。アンケートに加えて、自由記述欄を設け、アンケート記述後にスコアをつけた理由、実験中取った行動の根拠を尋ねるインタビューを行った。

(2) 行動評価

被験者の操作に対するモチベーションの変化を評価するため、上記のアンケートに加えて行動評価を行った。被験者は接客ロボットの操作にマウスのみを用いるが、被験者の操作に対するモチベーションが低下することによって、マウスからより頻繁に手を離すという行動が見られると考えられる。したがって、本実験では、被験者が操作時間中にマウスから手を離す回数をカウントし、条件間の違いについて調査した。

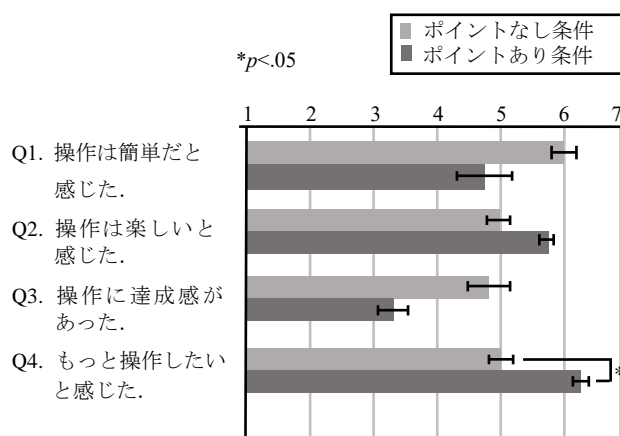


図 9 アンケート結果

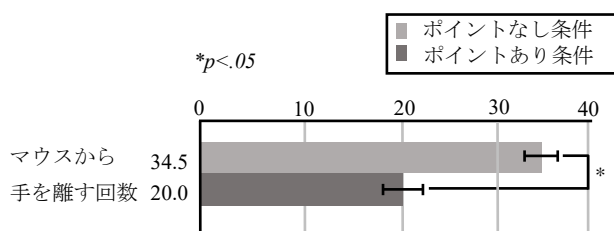


図 10 行動評価結果

(3) ロボットのサービス提供能力の評価

ロボットの操作経験のない操作者による操作であってもロボットが効果的なサービス提供能力を発揮できるかどうかを調べるため、本研究で開発した状態遷移モデルを用いた場合の被験者による操作、実験者による操作、そして状態遷移モデルに基づかない実験者の自由な操作において、訪問客がロボットの試食提案に応じた割合を調べ、比較する。

5.7. 結果

アンケートの結果を図 9 に示す。図の箱は各項目のスコアの平均値を表し、棒は標準誤差を表す。分析には対応のない t 検定を用いた。

まず、Q1 の操作の簡単さを問う項目では、各条件間で有意な差は見られなかったため、操作の難易度がその他の結果には影響していないと考えられる。

また、Q4 のもっと操作したいかという項目でポイントあり条件の方がポイントなし条件より有意にスコアが高くなった ($t(6)=2.61, p<.05$)。したがって、仮説は支持された。アンケートのその他の項目に関しては、条件間で有意な差は見られなかった。

被験者の行動について、被験者が操作中にマウスから手を離した回数について、図 10 のようにポイントあり条件の方がその回数が有意に少ないということが分かった ($t(6)=2.71, p<.05$)。

次に、本ロボット操作システムを初めて利用した被験者による操作でもロボットが適切にサービス提

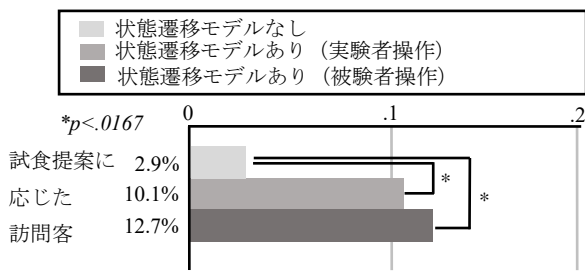


図 11 試食した訪問客の割合

供を行えたかどうかを調べるため、本実験における訪問客がロボットの試食提案に応じた割合（55 組中 7 組）を 4 章および 5 章における実験のそれと比較する。Fisher の正確確率検定によってこれらの 3 群に有意差があることが分かったため ($p < .05$)、それら 3 群に対して多重比較を行う。比較ペア数が 3 つであることからボンフェローニ補正によって有意水準を 0.0167 としたところ、図 11 のように状態遷移モデルあり(実験者操作)と状態遷移モデルなしの条件間、状態遷移モデルあり(被験者操作)と状態遷移モデルなしの条件間で有意差が見られた ($p < .0167$)。

5.8. 考察

まずは図 9 のアンケート評価について考える。Q4 のもっと操作したいかという項目でポイントあり条件の方がポイントなし条件より有意にスコアが高くなる結果となった。これは、操作にポイントを設定したことによって被験者がより多くのポイントを獲得したいと考えたためではないかと考えられる。実験後のアンケートにおいても、「もっと操作すればポイントが稼げた」というような意見が得られていた。このことから、操作にポイントを設定、それをリアルタイムで提示することによって操作へのモチベーションが向上し、ユーザにもっと操作したいと感じさせることができると考えられる。また、図 10 の行動評価においても、ポイントあり条件の方がポイントなし条件より被験者がマウスから手を離す回数が有意に少なかったという結果についても、被験者がより「操作したい」と感じていたことが原因であったと考えられる。

Q2 の操作が楽しいと感じたという項目において本実験では条件間で差が見られなかった。実験後のインタビューにおいて操作が楽しかった理由として「ロボットを操作できたから」、「ロボットに指示を出せたから」というポイントとは関係のない意見が多かった。これは、実店舗に設置されたロボットをリアルタイムで操作するという、目新しさや新鮮さによってポイントの有無がスコアにあまり影響しなかったことが原因であると考えられる。次に、Q3 の

操作に達成感があったに関して、有意差はないものの、ポイントあり条件の平均スコアがポイントなし条件の平均スコアより低くなった。実験後のインタビューにおいて「お店にあまり貢献できなかったから」という意見や、「あまり試食させられなかった」という意見があった。自分の成果がポイントによって数字として表されていたため、その成果が自分の想定と比べて芳しくない場合に負の印象が大きくなってしまい達成感が減少したのではないかと考えられる。また、ロボットが行った接客に関して、図 11 の結果から接客ロボットの操作を経験したことのない被験者であっても、実験者による自由な操作による接客よりもロボットに適切に接客を行わせることができたことが分かった。

したがって、本研究で開発した接客ロボット操作システムは、操作経験のない操作者であってもロボットが訪問客に対して高いサービス提供能力を発揮できることが分かった。

この理由として、図 9 のアンケート項目 Q1 の操作は簡単だと感じたにおいて多くの被験者が高いスコアをつけていることから、システムの経験の有無があまり操作内容に影響しなかったためであると考えられる。また、訪問客とロボットのインタラクションの状態遷移モデルに基づく操作によって訪問客がロボットの試食提案に応じた割合が増加した理由について、モデルがなく操作者が自由にロボットの行動を選べる場合、ボタンの選択に時間がかかるため、ロボットの会話中に非自然な間ができてしまうことや、選択肢が多い分ボタンの押し間違えが起きやすいことが考えられ、そのせいで接客の機会が失われてしまう可能性がある。モデルに基づいた接客では、操作者があらかじめ決められたルールに沿って行動を選択するだけでよいことから、次に押すべきボタンを判断し、そのボタンを探すという作業が省略され、結果としてロボットのサービス提供能力が向上したのではないかと考えられる。

6. おわりに

本研究は、実店舗に設置された接客ロボットの不特定多数ユーザ向け遠隔操作システムを開発するため、実店舗における訪問客とロボットのインタラクションを状態遷移モデル化し、それに基づいた接客ロボット遠隔操作システムを用いた被験者実験を行うことで、不特定多数のユーザでも接客ロボットを適切に操作可能であるか、またそのシステムにゲーミフィケーションを活用することで積極的に利用してもらうことができるかを調査した。その結果、本モデルを用いたロボット遠隔操作システムが、操作経験のない初心者による操作でも接客ロボットのサ

サービス提供能力を向上させることが分かった。また、その操作システムにゲーム性を付与することによって、ユーザのシステム利用へのモチベーションを高めることができると分かった。本研究から得られた重要な知見は、実際の店舗における客とロボットとのインタラクションを状態遷移モデル化することによって、未経験の操作者でも接客ロボットの訪問客に対するサービス提供能力を向上させることができるということである。しかし、本研究で用いたロボットの接客方法の他にもより効果的な接客方法が存在する可能性がある。また、本研究のようなあらかじめ決められたフローに沿った操作だけでなくより自由度を持たせた操作の場合、ユーザのシステムに対する印象や操作へのモチベーションが本研究とは異なったものになると考えられる。これらの調査は今後の課題である。

謝辞

JSPS 科研費 JP19H00605, JP19K21718, JP18KK0053, 中山隼雄科学技術文化財団, 大川情報通信基金, 国立情報学研究所 公募型共同研究 19FC01 からの支援を受けた。また、本研究を遂行するにあたり、京七味専門店ちんとの皆様には実験場所の提供および実験における多大な協力を頂きました。心より厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] M. Iwasaki, J. Zhou, M. Ikeda, T. Kawamura, H. Nakanishi, 2018. A Customer's Attitude to a Robotic Salesperson Depends on Their Initial Interaction. In *Proceedings of the 27th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication. IEEE*.
- [2] Iwasaki, M., Zhou, J., Ikeda, M., Onishi, Y., Kawamura, T., & Nakanishi, H. Acting as if Being Aware of Visitors' Attention Strengthens a Robotic Salesperson's Social Presence. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Human-Agent Interaction*. 2019. p. 19-27.
- [3] 久保隆宏, 中山光樹. 自動応答と遠隔操作を組み合わせた接客業務の効率化. *SIG-SLUD*, 2016, 5.02: 47-48.
- [4] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled and L. Nacke, From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, Tampere, Finland, (2011), ACM, 9-15.
- [5] M. Sailer, J.U. Hense, S.K. Mayr and H. Mandl (2017). How Gamification Motivates: An Experimental Study of

the Effects of Specific Game Design Elements on Psychological Need Satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69. 371-380.

- [6] Landers, R. N., & Landers, A. K. (2014). An Empirical Test of the Theory of Gamified Learning: The Effect of Leaderboards on Time-on-Task and Academic Performance. *Simulation & Gaming*, 45(6), 769-785.
- [7] Mekler E. D., Brühlmann, F., Tuch, A. N., & Opwis, K. (2015). Towards understanding the effects of individual gamification elements on intrinsic motivation and performance. *Computers in Human Behavior*.
- [8] Jones, B. A., Madden, G. J., & Wengreen, H. J. (2014). The FIT game: Preliminary evaluation of a gamification approach to increasing fruit and vegetable consumption in school. *Preventive medicine*, 68, 76-79.
- [9] Gastafsson, A., Katzeff, C., & Bang, M. (2009). Evaluation of a pervasive game for domestic energy engagement among teenagers. *Computers in Entertainment(CIE)*, 7(4), 54.
- [1 0] Carrie Heilman, Kyril Lakishyk, Sonja Radas: An empirical investigation of instore sampling promotions. *British Food Journal*, Vol. 113 Issue: 10, pp.1252-1266. (2011)
- [1 1] Meg Tonkin, Jonathan Vitale, Suman Ojha, Mary-Anne Williams, Paul Fuller, William Judge and Xun Wang: Would You Like to Sample? Robot Engagement in a Shopping Centre. 2017 26th *IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pp. 42-49, (2017)
- [1 2] 宮澤幸希, 常世徹, 榎井祐介, 松尾智信, 菊池英明: 音声対話システムにおける継続欲求の高いインタラクションの要因, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J95-A, No.1, pp.27-36, (2012)