

# PRINTEPSに基づくマルチロボット喫茶店の実践とサービス品質の評価

Practice of Multi-Robot Teahouse based on PRINTEPS and Evaluation of Service Quality

森田 武史\*<sup>1</sup> 柏木 菜帆\*<sup>1</sup> 萬 礼心\*<sup>2</sup> 鈴木 秀男\*<sup>1</sup> 山口 高平\*<sup>1</sup>  
Takeshi Morita Naho Kashiwagi Ayanori Yorozu Hideo Suzuki Takahira Yamaguchi

\*<sup>1</sup>慶應義塾大学 理工学部 Faculty of Science and Technology, Keio University  
\*<sup>2</sup>慶應義塾大学大学院 理工学研究科 Graduate School of Science and Technology, Keio University

In order to develop services utilizing robots, various AI element technologies and multiple robots and sensors must be integrated. However, at present, it takes a lot of cost to develop such integrated intelligent applications. Currently, we have been developing PRINTEPS (PRactical INTElligent aPplicationS), which is a user-centric platform to develop integrated intelligent applications only by combining four types of modules such as knowledge-based reasoning, speech dialog, image sensing and motion management. In this paper, we report on a multi-robot teahouse at a university campus festival as a practical application of PRINTEPS. We also report the evaluation of the robot teahouse from the viewpoint of the service quality based on the questionnaires of the customers who experienced the robot teahouse.

## 1. はじめに

近年、AIは人事領域でも導入されるなど、社会的注目を浴びている。近い将来、ロボットやロボットを活用したサービスが、インフラとして社会に新たな価値や生活の豊かさを創出していくことは容易に予測される。ロボットを活用したサービスを開発するためには、様々なAI要素技術や複数のロボット・センサーを統合しなければならない。しかし、現状では、そのような統合知能アプリケーションの開発には、多大なコストを要しており、エンドユーザの要求をサービスに反映することは容易ではない。

以上の背景より、現在、知識推論、音声対話、画像センシング、動作計画、機械学習を統合して、開発者ではなく、エンドユーザが容易に、統合知能アプリケーションをデザイン・開発できるプラットフォームPRINTEPS (PRactical INTElligent aPplicationS)の研究開発を進めている [山口 17]。本稿では、PRINTEPSの応用事例として、大学の学園祭にて行ったマルチロボット喫茶店の実践について報告する。

一方、ロボットサービスの魅力や価値について、顧客にどのように認識されているのか、満足度にどのように関連しているのかが明らかではない。そのため、ロボットが提供するサービスの品質を評価し、顧客満足度の向上のための重要要因を明らかにすることが重要となっている。

本研究では、マルチロボット喫茶店の実践を通してPRINTEPSの有用性を確認すると共に、マルチロボット喫茶店のサービス品質を評価し、顧客満足度を向上させる上で有効となる知見を得ることで、実効・継続可能なロボットサービスの実現に貢献することを目的とする。

## 2. マルチロボット喫茶店の実践

### 2.1 マルチロボット喫茶店の設定環境

慶應義塾大学第18回矢上祭において、慶應義塾大学矢上キャンパス34棟の学生ラウンジにて、マルチロボット喫茶店

の実践を行った。図1に、マルチロボット喫茶店の設定環境を示す。学生ラウンジにおいて、入口、カウンター、四人掛けのテーブル2セット、二人掛けのテーブル2セット、ペットボトルディスプレイ、カップディスプレイ、ペットボトル棚、カート、アーム型ロボットJaco2、接客用ロボットPepper、配膳用ロボットHSRを図1のように配置した。

入口前方には1台、Kinect v2を配置し、主に入店人数の把握や入店検知に用いた。カウンターにはマイクを設置し、注文時の音声認識に用いた。カウンターには、3台のペットボトルディスプレイとカップディスプレイも配置し、オレンジジュース、アップルジュース、アイスティー、ミックスジュースを用意できるようにした。各テーブルには、全方位カメラを設置し、座席に座っている人を検知することにより、空席状況を把握できるようにした。また、各テーブルには押しボタンを用意し、ボタンが押された際に、HSRがテーブルまで移動し、顧客が手渡して空のペットボトルをHSRに渡すことにより、ペットボトルを片づけられるようにした。ペットボトル棚には、ドクターペッパー、カルピス、お茶をSサイズとMサイズに分けて図1に示すように配置した。

Pepperは、注文時の対話や座席案内に用いた。Pepperには、測域センサを搭載し、走行時に自己位置を推定できるようにした。HSRは、注文内容に応じて、ペットボトル棚からペットボトルを掴み、複数の注文があった場合には、カートを利用し、そうでない場合には、直接、テーブルにペットボトルを運搬した。Jaco2は、注文内容に応じて、カップディスプレイから紙コップを取り出し、対応するペットボトルディスプレイに紙コップをセットし、注文されたサイズに応じた時間レバーを引いて、顧客に飲み物を提供した。ミックスジュースが注文された場合には、オレンジジュースとアップルジュースを半分ずつ注いだ。

Kinect v2, 全方位カメラ, 各種ロボットには、制御用のノートPCが有線(図1の実線)または無線(図1の点線)で接続されている。各テーブルに設置した押しボタンはラズベリーパイに接続されている。さらに、PRINTEPSワークフローエディタで作成したワークフローの実行と知識推論のために知識処理用ノートPCを1台、音声対話システム用にノートPCを1台、利用した。

連絡先: 山口 高平, 慶應義塾大学理工学部管理工学科,  
〒223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1, 045-566-1614,  
yamaguti@ae.keio.ac.jp

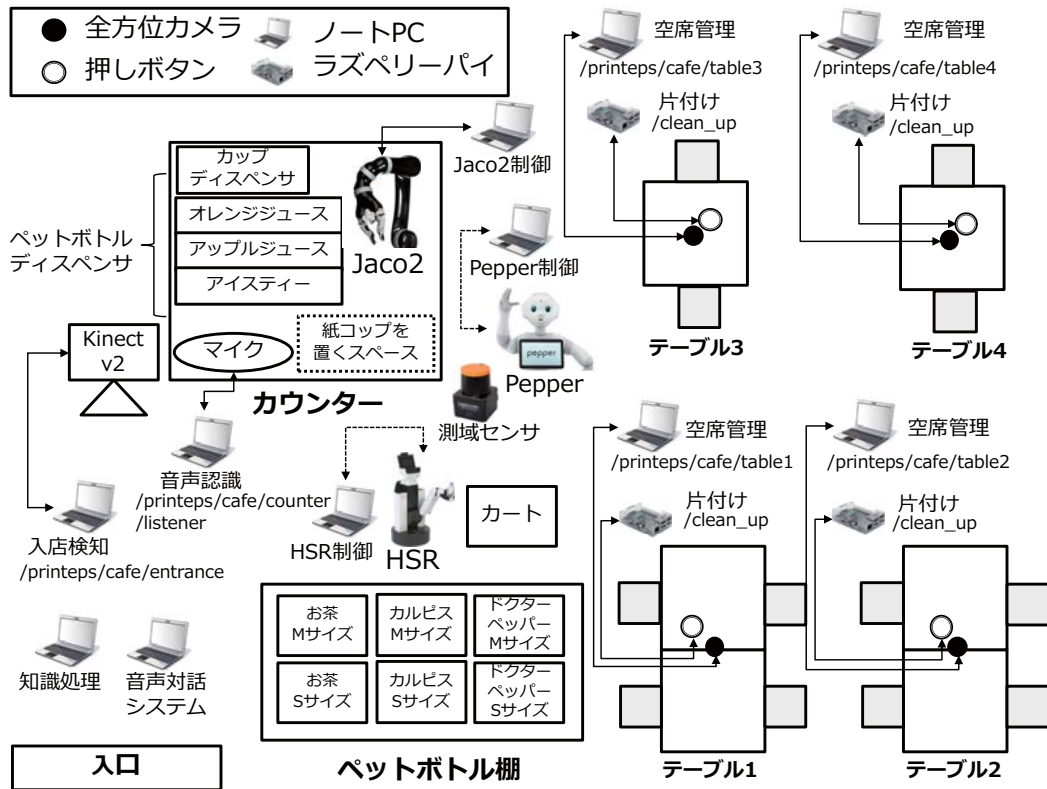


図 1: マルチロボット喫茶店の設定環境

表 1: マルチロボット喫茶店における主な ROS トピック

ROS トピック名	出力型	説明
printeps/caffe/visiting_customers_sensor	std_msgs/Bool	入店検知に関するトピック
printeps/caffe/entrance	printeps_cafe_msgs/Entrance	入口にいるお客に関するトピック
printeps/caffe/table1	std_msgs/Bool	テーブル 1 の空席状況
printeps/caffe/counter/listener	std_msgs/String	入口のマイクによる音声認識結果に関するトピック
pepper01/talker	std_msgs/String	Pepper の発話に関するトピック
clean_up	std_msgs/String	HSR によるペットボトルの片付けに関するトピック

図 1 において、各ノート PC の下部に記載した「/」から始まる文字列は、ROS (Robot Operating System)\*<sup>1</sup>におけるトピック名を示している。マルチロボット喫茶店における主な ROS トピックを表 1 に示す。音声対話や画像センシングモジュールにより認識した音声や空席状況などは、表 1 に示す出力型を持つトピックとしてパブリッシュされ、ワークフローから参照される。

以上のようなマルチロボット喫茶店を PRINTEPS ワークフローエディタを用いて設計・実装した。PRINTEPS のアーキテクチャや各要素モジュールの詳細については、[山口 17]を参照いただきたい。

## 2.2 PRINTEPS における開発者支援ツール

PRINTEPS に基づいてマルチロボット喫茶店を実装するためには、全方位カメラやマイクなど、様々なセンサーやデバイスからのデータを ROS トピックとしてパブリッシュする必要がある。しかしながら、複数台の PC に ROS の開発環境を用

意して、ROS のライブラリを用いてトピックをパブリッシュするプログラムを作成するコストは高い。そこで、本実践では、図 2 に示す PRINTEPS における開発者支援ツールを実装した。本ツールは、rosjava\*<sup>2</sup>を用いて実装されているため、Java 仮想マシンが動作する OS 上で実行可能である。本ツールは、ROS のメッセージに準拠した yaml 形式のファイルから、ROS トピックをパブリッシュすることが可能である。そのため、開発者は ROS についての知識や開発スキルがなくとも、画像センシングなどの処理結果を yaml 形式に出力する部分のみ実装すれば、ROS トピックをパブリッシュできる。例えば、テーブル 1 の空席状況に関する ROS トピックであれば、「data: true」または「data: false」をファイルに出力するプログラムを作成するのみで、本ツールにより「/printeps/caffe/table1」トピックがパブリッシュできる。本実践では、テーブルの空席状況、音声認識、入店検知に関する ROS トピックをパブリッシュするために本ツールを用いた。

\*1 <http://www.ros.org>\*2 <https://github.com/rosjava>

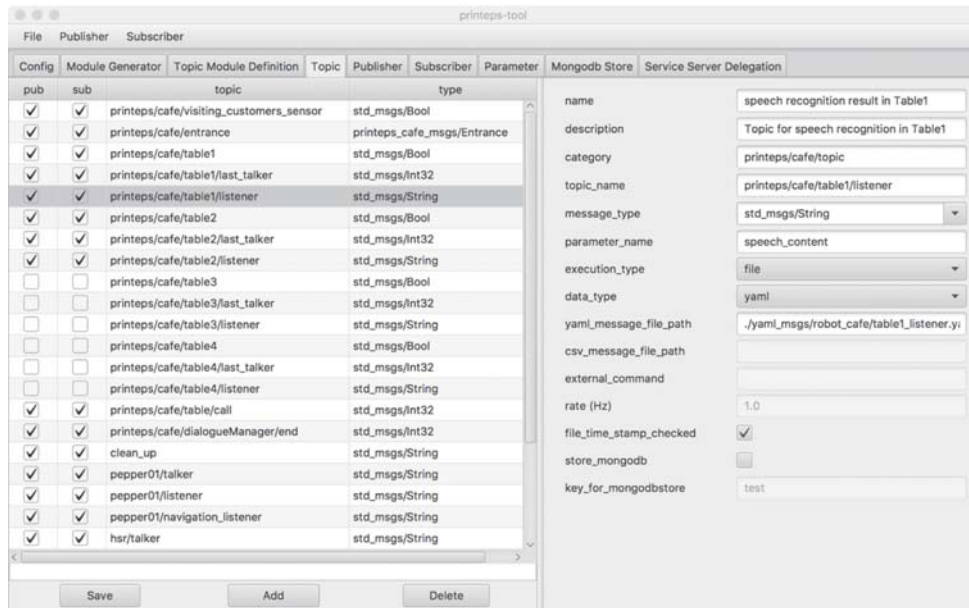


図 2: PRINTEPS における開発者支援ツール

### 3. マルチロボット喫茶店のサービス品質評価と顧客満足度との関係分析

アンケート調査を実施し、得られたデータから Bayesian Network によりサービス品質と顧客満足度との関係をモデル化することで、顧客満足度の向上に影響を与える要因を抽出する。

#### 3.1 SERVQUAL に基づくサービス品質評価

本研究で設計したアンケート項目は、主に、マルチロボット喫茶店のサービス品質を評価する項目、顧客満足度を評価する項目、再利用意向・他社推奨意向の項目から成る。

マルチロボット喫茶店のサービス品質評価項目については、Prasuraman ら [Parasuraman 84] によって開発されたサービス品質測定法の SERVQUAL を用いる。SERVQUAL は、次の 5 つの次元（信頼性、反応性、確実性、共感性、有形性）から成る。「信頼性」は約束したサービスについて正確に実行する能力、「反応性」はサービスを実施する上での従業員のやる気と迅速性、「確実性」は従業員の知識や礼儀正しさ、信頼感と安心感を生む能力を表す。さらに、「共感性」は企業が示す顧客への個人的な配慮と世話を表し、「有形性」はサービス提供側の施設、設備、従業員の服装などを表す。これらの 5 つの次元の観点から、マルチロボット喫茶店のサービス品質評価項目を作成した。さらに、ロボットとの対話やロボットの動きを見て楽しむ人が多いことから、新たに「ロボットのインタラクティブ（対話）性」、「ロボットのエンターテインメント性」を評価する項目を設けた。SERVQUAL に基づくサービス品質評価項目（11 項目）、インタラクティブ性項目（2 項目）、エンターテインメント性項目（8 項目）を設定した。表 2 (a) (b) にこれらの評価項目の一部を示す。顧客満足度の測定法としては、マルチロボット喫茶店に対する総合的な満足度を問う項目（2 項目）を設けた（表 2 (c) を参照）。しかしながら、継続可能なロボットサービスを実現するためには、単に顧客満足度の向上を目指すだけでなく、リピーターや新規顧客を獲得しなければならない。本研究では、「再利用意向」、「他社推奨意向」を評価する項目も設定した（表 2 (c) を参照）。

表 2: 評価項目（一部）

(a) SERVQUAL に基づくサービス品質評価項目（一部）	
項目（評価尺度：7段階《1：全くそう思わない～7：非常にそう思う》）	種類
ロボット喫茶店は、安心して利用できる。	確実性
ロボットの行動は、あなたに対して信頼感を与えている。	確実性

(b) ロボットのエンターテインメント性に関する評価項目	
項目（評価尺度：7段階《1：全くそう思わない～7：非常にそう思う》）	種類
ロボットに、愛着がもてる。	エンターテインメント性
ロボットとの対話は、楽しい。	エンターテインメント性
ロボットの動きを見るのは、おもしろい。	エンターテインメント性
ロボット喫茶店は、居心地が良い。	エンターテインメント性
ロボットサービスは、斬新である。	エンターテインメント性

(c) ロボット喫茶店の総合評価項目	
項目（評価尺度：7段階《1：全くそう思わない～7：非常にそう思う》）	種類
ロボット喫茶店のサービスに、総合的に満足している。	顧客満足度
ロボット喫茶店のサービスは、あなたの期待に近い。	顧客満足度
今後も、ロボット喫茶店を利用したい。	再利用意向
ロボット喫茶店を、家族・友人・知人に紹介したい。	他社推奨意向

#### 3.2 調査方法および回答者属性

アンケート調査は、慶應義塾大学第 18 回矢上祭において出店したマルチロボット喫茶店の来店者に対して行われた。実施日は、2017 年 10 月 7、8 日である。各来店者に対して、サービス終了後、アンケート用紙を配布し、回答依頼を行い、その場で回収を行った。有効回答数は 95 部であった。回答者属性については、性別（男性 49.5%、女性 50.5%）、年齢（10 歳未満 11.7%、10 代 14.9%、20 代 17%、30 代 14.9%、40 代 24.5%、50 代 17%）、同行者（1 人 2.1%、友人 22.3%、家族 75.5%）であった。すなわち、家族で来店している回答者の割合が高い。

表 3: マルチロボット喫茶店のサービス品質評価

評価項目	種類	平均値	標準偏差
ロボットの動きを見るのはおもしろい	エンターテインメント性	6.35	1.029
ロボットは、注文通りのものをきちんと提供する	信頼性	6.32	1.265
ロボットサービスは、斬新である	エンターテインメント性	6.20	1.258
ロボットの中に、あなた個人に注意を払っているものがある	共感性	3.88	1.703
ロボットがサービスに費やす時間は、適切である	反応性	3.50	1.664

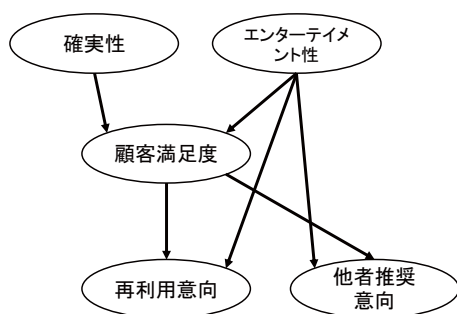


図 3: マルチロボット喫茶店における顧客満足度指数化モデル

## 4. 分析結果

### 4.1 分析データ

表 2 のアンケート項目の評価は、《 1: 全くそう思わない ~ 7: 非常にそう思う 》の 7 段階とした。モデル化するにあたり、サービス品質に関する各項目の評価結果を「SERVQUAL の 5 つの次元」、「インタラクティブ性」、「エンターテインメント性」の計 7 つの次元（種類）ごとで平均化し、それを各変数とした。その上で、評価尺度 1 以上 4 未満を評価「1: 低」、4 以上 6 未満を評価「2: 中」、6 以上を評価「3: 高」とし、3 値データとして扱った。

### 4.2 分析方法

Bayesian Network を用いてモデル構築を行った。Bayesian Network とは、対象とする確率変数のノードと変数間の依存関係を確率的なネットワークとしてモデル化したものである。サービス品質に関する 7 変数は、それぞれ互いに独立であるという仮定を置き、これら 7 変数を「総合満足度」、「再利用意向」、「他者推奨意向」の親ノード候補に指定してモデルを構築した。解析ソフトウェアには BayoNet を使用した。

### 4.3 サービス品質評価とモデル構築

表 3 は、サービス品質評価の集計結果の一部を示したものである。表 3 をみると、エンターテインメント性やサービスの信頼性の評価が高くなっており、サービスの共感性や反応性の評価は低くなっていることがわかる。

続いて、分析の結果得られた顧客満足度指数化モデルを図 3 に示す。図 3 をみると、サービスの確実性とエンターテインメント性が顧客満足度に大きな影響を与えていること、また、エンターテインメント性が再利用意向および他者推奨意向にとって重要な要因であることがわかる。そこで、親ノードにあたる変数が当該変数にどれだけ影響を与えているかを調べるため、感度分析を行った。表 4 にその結果を示す。表中の事前確率は、当該変数以外の変数を周辺化したときに当該変数が 3 とする確率を、事後確率は、操作変数のみにエビデンスを与えたとき

表 4: 「顧客満足度」と「再利用意向」の感度分析

「顧客満足度」=3 の事前確率				0.4207		
操作変数	「顧客満足度」=3 の事後確率					
	1 に固定した場合	2 に固定した場合	3 に固定した場合			
確実性	0.3197	0.3783	0.5796			
エンターテインメント性	0.2585	0.2865	0.5824			

「再利用意向」=3 の事前確率				0.3979		
操作変数	「再利用意向」=3 の事後確率					
	1 に固定した場合	2 に固定した場合	3 に固定した場合			
エンターテインメント性	0.3047	0.2771	0.5532			
顧客満足度	0.3124	0.2452	0.6153			

の当該変数の確率を表している。事前確率と事後確率を比較すると、確実性やエンターテインメント性を高く評価することが高い満足度に繋がり、再利用意向を促進していることを示唆している。

## 5. まとめ

本稿では、PRINTEPS の応用事例として、マルチロボット喫茶店の実践と顧客のアンケートより、サービス品質の観点から行ったマルチロボット喫茶店の評価について報告した。今後、PRINTEPS は「みんなの AI」プラットフォームを目指し、様々な適用分野での「AI 利用知」が蓄積されていくようエンドユーザー向けの機能を充実させていく予定である。また、ロボットサービスを含む統合知能アプリケーションにおけるサービス品質の評価方法や顧客満足度向上のための重要要因を明らかにする手法についても検討する予定である。

## 謝辞

本研究は、科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業 (CREST) 「実践知能アプリケーション構築フレームワーク PRINTEPS の開発と社会実践」(JPMJCR14E3) の支援によって実施した。

## 参考文献

- [Parasuraman 84] Parasuraman, A., Zeithaml, V., and Berry, L.: SERVQUAL: a multi-item scale for measuring consumer perceptions of the service quality, *Journal of Retailing*, Vol. 64, No. 1, pp. 12-40 (1984)
- [山口 17] 山口 高平, 森田 武史, 統合知能アプリケーション開発プラットフォーム PRINTEPS, *人工知能*, Vol. 32, No. 5, pp. 721-729 (2017)