

ロボットを用いたアクティブセンシングシステムと 「クラウドベースのロボットサービスの統合基盤」

Robot based Active Sensing System and “Integrated Platform for Cloud-based Robot Services Project”

成田 雅彦^{*1} 松日楽信人^{*2} 土屋 陽介^{*1} 中川 幸子^{*1} 加藤 由花^{*3} 村川 賀彦^{*4}

Masahiko Narita¹, Yosuke Tsuchiya¹, Sachiko Nakagawa¹, Yuka Kato², and Yoshihiko Murakawa³

^{*1} 公立大学法人首都大学東京産業技術大学院大学 ^{*2} 芝浦工業大学 ^{*3} 東京女子大学

^{*4} 株式会社富士通研究所

Advanced Institute of Industrial Technology Shibaura Institute of Technology Tokyo Woman's Christian University
FUJITSU LABORATORIES LTD

The purpose of this challenge is to build CRSP (the Cloud based Robot Service Platform), designed for non-specialist who will use the robots, particularly, AI researchers. A robot service integration foundation consists of the base function as the middleware layer built on the RSi technology, and service development framework as a SDK layer. Four years have passed since this project has been started in June 2013, and we continue developing and promoting utilization of CRSP. In this article, we report our achievement of 4th year, including an active sensing system by robots using CRSP and demonstration experiments at JAPAN ROBOT WEEK 2016 and a shopping mall. Finally, we Look for sophistication of CRSP.

1. チャレンジの目的

本テーマの目的は、ロボットサービスイニシアチブ(RSi)[RSi]のロボットサービス仕様である RSNP(Robot Service Network Protocol)[RSi 10]を発展させ、AI 系の研究者等ロボットの非専門家がロボットサービスの開発・利用に参入できるクラウドベースの統合基盤であるCRSP(Cloud-based Robot Service Platform)(図1)の構築推進である。本プロジェクトは2013年6月に提案してから4年目を経過し、本統合基盤の整備と活用を進めている。本発表では、JAPAN ROBOT WEEK 2016などで実証実験を実施したロボットによるアクティブセンシングシステムを中心にこれまでの成果について述べ、本基盤の高度化について展望する。

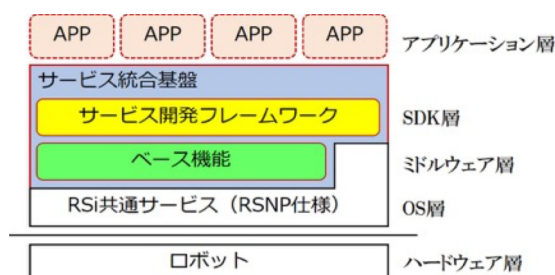


図1 CRSP の構成

2. 1～3年目の成果

1年目は、ロボットサービスに必要なリアルタイム音声通話機能などの機能モジュールをCRSPと統合し、2年目は、ロボットシミュレーション環境とSLAMをCRSPへ統合し、実環境へもCRSPを組み込む試作実装を行った。さらに、コミュニティで要求されたCRSPフレームワークの自己拡張構造について仕様を提案し試作した。3年目は、サービスロボットをマーケティングへ展開するモデルを考案し、CRSPの機能強化を行った。また、RSNP コンテスト 2014,2015, 及び、

2013,2015 国際ロボット展へのデモ展示を実施し、本チャレンジとの相乗効果による研究者間や産業との相互作用の促進、研究コミュニティや研究領域の拡大、成果の普及活動を行った。具体的に以下に述べる。

2.1 機能モジュールの連携と統合

機能モジュールの連携と統合として、a. 汎用的な RSNP/RTM gateway の設計開発を行い、これを用いて、iRobot 社の Roomba と Microsoft 社の Kinect を組み合わせたロボットと、MRPTを用いた環境地図作成用 RT コンポーネントを、インターネット上のサービスとして公開する仕組みの試作を行った。また、b. 音声通信の RSNP ベースの本プラットフォームへの統合を実現した。これにより、インターネット上でリアルタイム音声通信を容易に扱え、サービスロボット分野で有望とされている遠隔地からの見守りサービスや接客サービスなど、生活空間でのサービスへの適用できる。

2.2 ロボットシミュレーション環境と SLAM の統合

社会知能発生学シミュレータ SIGVerse を用い、RSNP と接続してロボットシミュレータ環境を実現した。ロボットだけではなく、ロボットのサービス対象や設置環境のシミュレーションができることに特徴がある[成田 15]。これを用いて、RSNP/RTM gateway により、大域地図生成 RTC を接続することで SLAM モジュールとの統合を実現した。さらに、実用化の近いロボットへ本プラットフォームを展開する試みを都立産業技術研究センターの協力を得て行った。

2.3 マーケティングへ展開

サービスロボットをマーケティングへ展開するモデル[中川 16]を考案・提案し、これを実現するために、CRSP フレームワークの自己拡張機能[土屋 17]・アンケートプロフィール[成田 17-2]など上位レベルの機能モジュール、スタンプラリーサービスなどの CRSP のアプリケーション、CRSP を組み込んだサイネージロボット(図2 左)を開発した。さらに、人工知能研究者を含む「ベイエリアおもてなしロボット研究会」(3.3(3)で述べる)と連携して、国際ロボット展 2015、産業交流展 2015[成田 17-3]など大規模イベントで CRSP を用いたアンケートの収集の実証実験を行った。

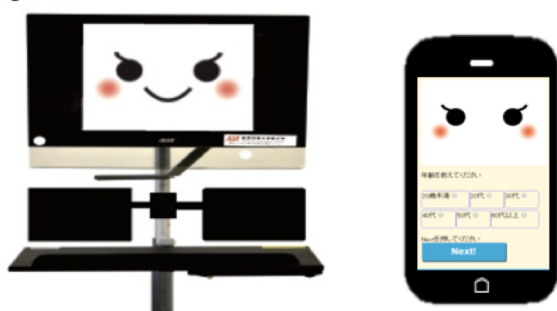


図 2: サイネージロボット (左) とスマホロボ (右)

た。これらを通して、マーケティングへの展開など活用の可能性が見え始めた。

3. 4年目の成果

マーケティングでのロボットサービスを一般化し、アクティブセンシングとしてのロボットサービスを提案し、多国化機能、呼び込みサービス、スマホロボを開発、デザイナーと協力したサインエージロボットの強化、アンケートの動的切り替え機能、センサーデバイスとの連携により、訪問者の趣向情報を効率的に収集できるようになった。結果は、国際学会、商店街、大規模展示会、自治体イベントの4箇所で見証実験を行い確認した。本システムは、プラットフォームとして個々の機能、アンケートプロフィールAPIを提供するだけでなく、ロボット・サービスシステムとしてまとまった単位で提供できるように、汎用化した。

一方, 2.2 で述べた, ロボットシミュレーション環境と SLAM の統合については, CRSP ではインターネットを前提のシステムであることから, さらに発展させ, 時間遅れ通信モデルの構築により, クラウド環境を利用した移動ロボット遠隔ナビゲーションを実現する手法を提案する. 本章では, こうした成果及びコミュニティ活動を含めた 4 年目の成果について述べる.

3.1 ロボットによるアクティブセンシング

ロボットによるアクティブセンシングのコンセプト(図 3)とは、ロボットを用いて直接の利用者にサービスを提供すると同時に、ロボットからアクティブに話しかけやアンケートを提示することにより利用者の趣向情報を収集(センシング)し活用することである。さらに IT システムやセンサーデバイスと組み合わせ、周辺情報も収集することにより一層精密な分析が可能になる。解析結果はロボットの対応へもフィードバックし、直接利用者の満足度を向上させるだけでなく、マクケッター等の間接利用者也活用できる。この際、利用者がロボットに興味を持って接してくるのが大きな特徴である。このコンセプトは、従来のサービスロボットのエコシステムを改善する可能性を秘めている。システムは CRSP を用いて構築でき、イベントや観光地でマーケティングでの適用の期待がある。既に 2015 年に実証実験を行い、好評を得たが、2016 年はデータ収集手法を高度化し、システムとして完成度を上げ汎用化した。以下にその概要を説明する。

(1) ロボットによるアクティブセンシングシステム

ロボットによるアクティブセンシングシステムは、サイネージロボットなどのロボットとアンケートサービスなどのクラウド上のロボットサービスから構成され、必要に応じてセンサーと連携する(図4)。サイネージロボットは、タッチパネル式ディスプレイやタブレットPCベースで等身大にスタンドで固定したものである。顔

の動きを全画面につけたものである。このロボットは低費用で構築できる特徴がある。本基盤を統合することで、音声合成、リアルタイム音声通信、画像通信、アンケート収集機能を利用できる。アンケートはボタンとして画面に提示し、タッチパネルより来場者は容易に入力できる。ロボットから利用者への問いかけは、アンケートサービスによって行う。アンケートの設問は XML ファイルで構成され、クラウド上の保持されている。アンケートの回答はサーバに蓄積される。これによりクラウド上のアンケート XML ファイルを変更するだけで、容易にアンケートの変更できる。集中したアンケートの集計が実現できる。回答者の近接、アンケートの読み込み、結果の返信は CRSP のアンケートプロフィール API で規定しており、異機種 of ロボットでもネットワーク経由の連携を容易に実装できる。一方、ロボットがアンケートの流れの制御を行っており、早い反応が得られている。センサー情報も同様にクラウドに蓄積される。アンケート結果などは、ビッグデータ解析や、人工知能システムにて分析し、必要によりリアルタイムに結果を表示することもできる。この時、複数の同種のロボットを各地に配置することでより効果が得られる。

(2) データ収集手法の高度化

実証実験のフィードバックをもとにより効果的にデータ収集を行うために以下のような手法を検討し開発した[青木 16]。この内、幾つかは既に実証実験で確認をしている。

- 呼び込みサービス:来場者にアンケート回答を促す、遠くから認知され易くする、観光案内、イベント主催者の情報などのコンテンツを発信する。
- 多国語化機能:外国人来場者が多いイベントでは、外国人来場者にも対応できるよう、日本語だけでなく、アンケートの表示、発話について、英語、中国語、韓国語に対応した。
- スマホロボ:ロボットでの回答の代わりにスマートフォンで回答したいとの要望は強い。しかしながら、展示会当日に、一時的にしか使わないアプリのインストールを促すのは困難である。

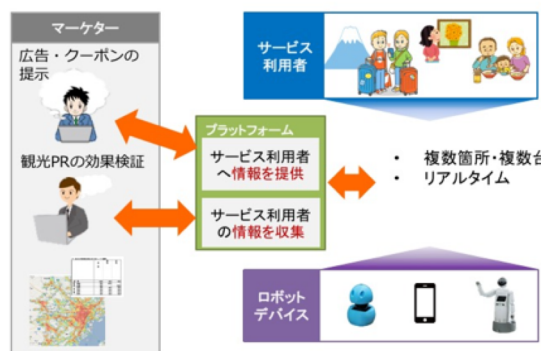


図 3: ロボットによるアクティブセンシングコンセプト

これを解決するために、来場者がロボットに取り付けられている QR コードに来場者のスマートフォンでタッチするとスマートフォンのブラウザが直接起動する仕組みを試みている。この方式では自由回答を行うこともでき、ロボット前が混雑している、または座って回答したい場合などに有用である(図 2 右)。

- サイネージロボットの顔の入替：一般的な顔を使わず、キャラクタに容易に入れ替えられる仕組みを開発した。キャラクタはデザイナーと協力し作成した。これにより、より来訪者の興味を引き、アンケート回答への敷居を下げることができる。

- アンケートの動的切り替え機能:ラウド上でアンケート XML ファイルを生成することロボットのアンケートが変更できる。これにより、当日のアンケート内容の変更が困難という問題、スタンプラリーサービスで何度もプロフィールを要求されるという問題などを柔軟に解決できる。また、アンケートの集計結果によりアンケートを動的に変更することもできるので柔軟なシステムを構築できる。

● センサーデバイスとの連携

センサーとアンケートサービスとの連携は複数の方法がある。例えば、アンケートプロフィールも用いてクラウドに一旦イベントを蓄え、各ロボットに配信する、センサーデータをセンサーサーバが蓄積、web で公開しそれをアンケートサービスが読み出す、センサーをロボットに接続してロボットのプログラムに直接送るなどがある。連携の結果、センサーが検出した混雑度をもとに、ロボットサービスが利用者向けメッセージを動的に変更することもできる。また、ロボットに人の近接を検知して、ロボットのサービス呼び込みサービスから、アンケートサービスに移行することもできる。

3.2 大規模展示会や商店街などでの実証

大小様々の国際学会、自治体イベント、大規模展示会、商店街にて実証実験を行い、上で述べたシステムの効果を確認した。

- 2016 年 6 月に熊本市で開催された、国際会議である EAIS2016(International Conference on Enterprise Architecture and Information Systems)にて実施した。ロボットを 2 台をコーヒープレイク会場角に設置した。学会参加者は日本、アジア、欧米人であったので、英語で呼びかけサービスを使い集客し、アンケートを行った。回答者は平均年代 30 歳代、採取時間は合計 7 時間で、当日参加者の 8%程度の回答を得た。実証実験中、呼びかけサービス客集めに有効であった。サイネージロボットは著名キャラとオリジナルキャラを切り替えて検証したが、好みは拮抗している。年齢により結果が異なるようだ。
- 2016 年 7 月に高齢者を対象とした自治体イベント(品川区生涯学習特別講演会)にてロボット3台を用いて実施した。参加者は平均66歳で、データ採取は、講演前後 40 分程度間行なった。高齢者には、席で記入できる馴染みのある紙アンケートが有効であり、アンケートロボットはこの年齢層に対する回答率向上対策が必要である。



図 4: JAPAN ROBOT WEEK での実証実験システム

- 2016 年 10 月に東京ビッグサイトで開催された JAPAN ROBOT WEEK で、芝浦工大と共同で実施した。ベイエリアおもてなしロボット研究会、芝浦工大、RSi、首都大学東京、東京都立産業技術研究センター、神奈川県の 6 箇所のブースを連携し、6 台のアンケートプロフィールを実装したタケロボット、サイネージロボット、スマホロボによりアンケートサービスを実施した。人数推移センサーも各ブースに設置し、ブース前の人数を計測すると同時に、アンケートサービスに連携して混雑状況に応じたりコメンドを行なった(図 4)。アンケートサー

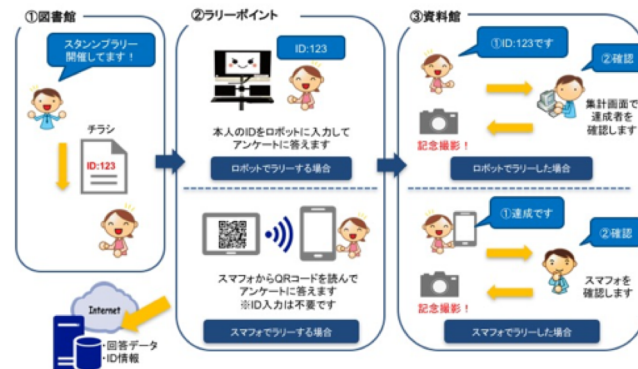


図 5: 深川資料館商店街での実証実験で用いたアンケートラリーシステム

ビスとセンサーと協調することにより、アンケートの回答者数、ブース人通り、Japan Robot Week2016 来場者数(主催者HP)により、例えば、RSi ブースでは、全体の来場者の 13%が通りかかり、その内、およそ 3%の人がアンケートに回答していることがわかる。このように、今まではっきりわかっていなかったアンケートの回答率について、より正確に取得することができたのは意義が大きい。

- 2016 年 12 月に商店街・観光地を想定した東京都深川資料館商店街にて、実証を芝浦工大と産技大で実施した(図 5)。使用ロボットは、サイネージロボット1台、ロボコット 6 台、スマホステーション(スマホロボ起動のための QR コード)5台、記念撮影ロボ1台の合計 13 台を6箇所(商店や博物館内)に配置して連携し、アンケートラリーを実施した。訪問者はロボットだけでなく自分のスマートフォンをつかってもアンケートに回答できる。アンケートについてはアンケート結果に基づく動的切り替え機能を実装した。結果、1日で 55 件のアンケート回答が得られた。このうちスマホロボによる回答者が予想以上に多かった。また、ロボットによる呼び込み機能の効果は大きいことが確認でき、動的アンケート切り替え機能も正常に動作した。

3.3 移動ロボット遠隔ナビゲーション

クラウド環境を利用した移動ロボット遠隔ナビゲーションを対象に、ネットワーク遅延がロボット制御に与える影響について考察する。ここでは、擬似的にネットワーク遅延を挿入した移動ロボット遠隔ナビゲーション実験を行い、通信遅延の影響度合いを評価する。その結果から、ネットワーク遅延を考慮した制御モデルの必要性を導き、観測と制御のずれを考慮した新たな制御モデルを提案した。今後、2.2 で述べた CRSP のロボットシミュレーション環境と SLAM の統合に組み込んでいく。

3.4 コミュニティ活動

(1) 近未来チャレンジ「クラウドベースのロボットサービスの統合基盤」セッション (2016)

「クラウドベースのロボットサービスの統合基盤」セッションとして 2016 年度 人工知能学会全国大会にて、第 3 回目のサバイバルセッションを行った。前回(2014 年に比べ 5 件)に比べて 2 件増えて計 10 件の発表があった。これらを以下に列記する。

- 産技大から「クラウドベースのロボットサービスの統合基盤」として概要説明を行った。
- 本プロジェクトにおける SDK 層、ミドルウェア層への取り組みでは、「通信時間遅れ支援機能を有するロボットアームの

RSNP 遠隔操作システムの開発」,「テレプレゼンスロボットののための遠隔ナビゲーション手法」を紹介した。一方, SDK 層に対応する技術として「信頼関係構築を目的とした雑談ロボット」,「コミュニケーションロボットののためのクラウドを用いた対話生成とユーザログ獲得」の発表があった。

- アプリケーション層への取組みの取組みでは,「ロボットサービスののための RSNP による気象情報サービスの実現」の発表があった。これらは, ロボットが利用者と会話を行なう際に, 利用者の心理的バリアを下げ, 会話から効果的に情報を引き出す技術であり, 本プラットフォームとの連携を検討していく。
- 今後の可能性を検討するインプットとして,「遠隔訪問ロボットのシナリオ」,「複数の海底通信ノードと一つの移動する水中ロボットからなる水中通信ネットワーク」,「R-env:連舞」クラウド対応型インタラクション制御技術」があり, 大変有用であった。

(2) RSNP コンテスト 2016

2016 年 9 月に RSi 主催, ロボット学会共催の RSNP を利用したロボットサービスコンテストを開催した。関係者による審査を行った結果, 以下の作品を表彰した。

- a. 最優秀賞(RSi 賞 サービス/API 部門):スマートデバイスとサービスロボットの連携による マーケティングプラットフォーム構築の拡張 青木大起ほか
- b. 最優秀賞(RSi 賞 コンセプト部門):「気象コントロールロボット」コンセプト 内山純ほか
- c. 優秀賞(RT システムインテグレーション賞 (計測自動制御学会 SI 部門): RSNP を用いた遠隔診断アドバイスシステムの開発 安田 福啓ほか
- d. 日本ロボット学会 ネットワークを利用したロボットサービス研究専門委員会賞: RSNP を活用した歩行車のインテリジェント機能の提案 益田 湧麻ほか

これらのうち, a. は前章までの説明に含まれるが, b, c, d は本プラットフォームの要素や試作・実証実験と言える。コンセプトレベルの気象コントロールロボットは, 昨年度のコンテストの受賞作品である気象サービスと連携する。今後, アクティブセンシングのためのロボットとしてデザインを重視した小型ロボットの適用を検討していく。

(3) バイエリアおもてなしロボット研究会

サービスロボットの研究開発, 実用化を促進するために発足した, 東京湾岸の研究機関(芝浦工大, 産技大, 首都大, 海洋大, 産総研, 都技研)が集まり組織した研究者グループである。本年度も, 本統合システムを活用したサービスロボットの検証を通して, 人工知能研究者との連携を試みた。

(4) 「エージェント技術に基づく大規模合意形成支援システムの創成」グループ

イベントの参加者情報の取得・利用・働きかけについて, 類似の問題意識を持つ, JST CREST「エージェント技術に基づく大規模合意形成支援システムの創成」(代表研究者:名古屋工業大学 伊藤孝行)の松尾共同研究グループが開発しているセンサーデバイスと IoT システムと CRSP と本ロボットサービスによるアンケートシステムの連携を開始した [成田 17]。実証実験は, 5 年目(2017 年度)に行う予定である。

4. 今後の展開

5 年間のチャレンジも残す所 1 年である。4 年目は, 3 年目で得

られたサービスロボットをマーケティングへ展開するモデルをもとに上位サービスとして, アクティブセンシングとしてのロボットサービスとして一般化し, 多国化機能, 呼び込みサービス, スマホロボを開発, アンケートの動的切り替え機能, センサーデバイスとの連携など, 具体的な活用に必要な機能を充実させた。また, 大規模展示会や商店街を含む 4 箇所では実証実験を行いこれらの効果を確認した。同時に, 人工知能研究者グループとの検討を行い, 5 年目に本格的な実用として, 本システムと彼らの研究と連携した実証実験を行う予定である。さらに, 第三者による実証実験のために, リニューアルした RSi ホームページを通して, アンケートシステムのモジュール提供を行っていく。さらに異機種/複数ロボットの連携を生かしつつ, データ収集手法の高度化, 蓄積データの活用等新技术を取り入れていく。引き続きご協力を賜りたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26330299 の助成を受けたものです。

参考文献

- [RSi] RSi-Robot Service initiative: <http://robotsservices.org/> [Online]
- [RSi 10] ロボットサービスイニシアチブ, Robot Service Network Protocol 2.3 仕様書 1.0 版, 2010.
- [青木 16] 青木大起, 前佛達也, 中村隆宏, 宮内真紀江, 井上直己, 増田均, 泉井透, 成田雅彦, “スマートデバイスとサービスロボットの連携によるマーケティングプラットフォーム構築の拡張”, 日本ロボット学会学術講演会 2016, 1R2-01, (2016). RSNP コンテスト最優秀賞.
- [土屋 17] 土屋陽介, 成田雅彦, 泉井透, RSNP 仕様拡張のためのカスタムプロフィール機能の実装, 産業技術大学院大学紀要 Vol. 10, pp.67-72, (2016).
- [中川 16] Sachiko Nakagawa, Hiroshi Akutsu, Yosuke Tsuchiya, Masahiko Narita, Nobuto Matsuhira, “Demonstration experiments of a robot service of stamp-rally and questionnaires for tourism destination marketing, 1st International Conference on Enterprise Architecture and Information Systems”, EAIS 2016, (2016).
- [成田 15] 成田雅彦, 泉井透, 中川幸子, 土屋陽介, 松日楽信人, 加藤由花, “ネットワークを活用したロボットサービスのための非専門家向け開発フレームワークの提案”, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.10, pp.807-817, (2015).
- [成田 17] 成田雅彦, “観光地や展示会場などのマーケティング分野への適用を目指したクラウドベースのロボットサービス”, 共創知と応用知能情報学シンポジウム, (2017).
- [成田 17-2] 成田雅彦, 土屋陽介, 泉井透, 阿久津裕, 安田福啓, 中川幸子, 松日楽信人, “サービスロボットによる分散アンケートサービスの提案”~非専門家向け開発フレームワークの応用~, 日本ロボット学会学会誌 (掲載予定) (2017).
- [成田 17-3] 成田 雅彦, 土屋陽介, 中川幸子, 阿久津裕, 泉井透, 野見山大基, 松日楽信人, 本村陽一, “マーケティング分野への適用を目指したスタンプラリーとアンケートサービスの CRSP を用いた構築 ~クラウドベースのロボットサービス統合基盤の進展~, 人工知能学会論文誌 32-1 号 (掲載予定) (2017).