

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} 加藤 由花^{*3} 村川 賀彦^{*4}

Masahiko Narita¹, Nobuto Matsuhira², Yosuke Tsuchiya¹, Yuka Kato³, and Yoshihiko Murakawa⁴

^{*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. Since this proposal was proposed in June 2013, we proceeded with the development and utilization of this integration infrastructure. This project was judged as "graduation", after passing the examination of the last fiscal year, and this year is fifth years in the final year. In this presentation, we review the project and propose the results obtained as a concept for future development.

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月に提案以来、本統合基盤の整備と活用を進め、昨年度の審査を経てめでたく「卒業」となり、今回で最終年の5年完了となる。本発表では、本プロジェクトを振り返り、得られた成果を、今後の展開のためにコンセプトとして提案する。

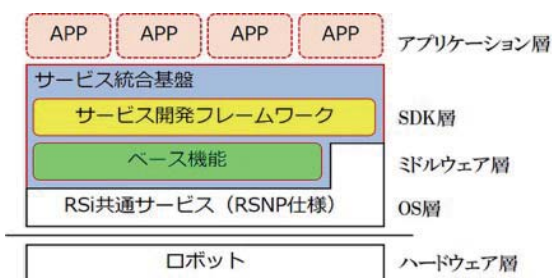


図1 CRSP の構成

2. 1～4 年目の成果

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 に統合し、移動ロボットを中心として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 を組み込む試作を行った。また、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、これに基づくサービスロボットをマーケティングへ展開しうるコンセプトとして「ロボットによるアクティブセンシングモデル」を考案し、アンケートサービスとサインエジロボを CRSP の上に構築した。4 年目は、ロボットによるアクティブセン

シングのためにデータ収集の高度化を狙って、ロボットサービスと連続性のあるスマホロボット、アンケートの動的生成、センサーとの連携を試作した。また、RSNP コンテスト 2013-2016、国際ロボット展 2015、JAPAN ROBOT WEEK 2016 や学会・商店街など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、普及活動を行った。以下に概要を述べる。

2.1 音声通信やプラットフォーム連携モジュールの統合

ロボットサービス構築に必要な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、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[大澤 15]。

2.2 移動ロボット向け統合環境

社会知能発生学シミュレータ SIGVerse を使い、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。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 モジュールと統合し、移動ロボットの操作・モニターするトレースサービス[成田 15]を実現した。また、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。さらに、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し、観測と制御のずれを考慮した制御モデルを提案した。[加藤 17-1] [加藤 17-2] [加藤 17-3]

2.3 ロボットによるアクティブセンシングとマーケティングへ展開

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で利用者の趣向情報を収集(センシング)し活用するサービス

ロボットのモデルを提案した(図 2)。これは展示会場や観光地でサービスロボットを用いてマーケティングへ展開する際のモデルとなる。この実現のため、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を開発した。さらに、人工知能研究者を含む「ペイエリアおもてなしロボット研究会」と連携して、国際ロボット展 2015、産業交流展 2015 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て効果を検証した[成田 17-1][成田 17-2]。

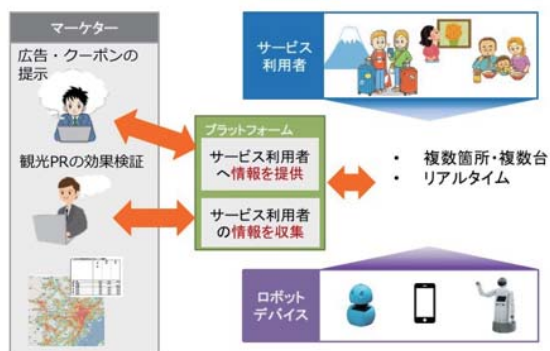


図 2: ロボットによるアクティブセンシングコンセプト

このコンセプトは、サービスを直接の利用者だけでなく得られた利用を別のステークホルダーが利用でき、ここに様々なデータ分析の手法を適用できるので、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。このシステムを容易に構築できるように、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低費用のサイネージロボットや、ロボットでの回答の代わりに、アプリインストール無しでスマートフォンから回答できるスマホロボ、アンケートサービスの多国化[青木 16]などの機能強化により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。

3. 最終年の活動と成果

3.1 研究開発

最終年の 5 年目は、前年に引き続き CRSP を高度化し、適用範囲を広めることに務めた。多岐にわたる高度化の要件を適用箇所をもとに以下の a~d にデータの収集・分析・フィードバック・適用範囲の拡大に分類し体系化した[成田 17-3]。

- ロボットによるデータ収集の高度化：ロボット利用者に対するロボットによる人間的データの取得・センシング手法を高度化し、データ集積を促進する。
- 分析手法の高度化：集積したデータを分析し、フィードバックを生成する。各種クラウドサービスや人工知能技術と連携し高度化する。
- フィードバックループの高度化：取得した情報を解析し、さらにサービス提供プロセスへフィードバックするループ形成を高度化する。
- 適用範囲の拡大：イベント・観光地での適用の深化、他領域への試み。

これに基づき(1)~(4)に述べるロボット、サービスを開発した。

(1) アンケートの動的生成

ロボットアンケートシステムは、観光地や展示会場で声かけして、その場でアンケートに回答してもらう特性上、

アンケートの設問を少なくする必要がある。一方で、たくさんの種類の設問の回答を得たいという主催者側の要望もある。このアンケートの動的生成は、すでに得られた回答状況をもとに数の少ない設問を重点的に質問するなど、柔軟なアンケート設問の設定や、多くの設問に答えてもらうため仕組みである。

この実装のために以下の 2 つの手法を検討した。

- 複数の設問からなるアンケート群を、出題の優先度を付与して用意し、回答者やアンケートの回答結果にもとづき、アンケートをアンケート群から選択する方式。
- 複数のアンケート設問群を用意し、回答者やアンケートの回答結果にもとづき、設問を設問群から選択し、柔軟にアンケートを生成する。

前者は前年に実施したので本年は後者を実装した。

実装では、アンケートの要素・生成をアンケート XML、アンケートテンプレート XML として定式化した。具体的には、複数のアンケート設問からなるテンプレートからなるアンケートデータファイル、初期メッセージファイル、ロボットがユーザーに出力するアンケートを選択する方法を記述したマッチングファイルを用意する。マッチングファイルの中では、アンケートの結果データベースの集計結果や、回答者のアンケート結果を参照でき、これらにもとづき条件分岐の記載ができる。アンケートサービスシステムは、回答者が回答者 id を入力すると、回答者情報（個人を特定する情報は含まれていない）を抽出後、マッチングファイルを読み込み、出力するアンケートを生成する。この予備実験は、2017 年 7 月に浜松で開催された国際会議 IIAI2017 にて、主催者と連携し主催者の案内サービスの一部として行い、実証実験は後述の国際ロボット展 2017 で実施した。本機能の高度化の箇所は上記の a,b,c である。

(2) 身体性のあるロボットの試作と導入

デザイン性のある”子育て支援ロボット”(図 3 左)、浄瑠璃人形を参考にした身体性のある”かしらロボ”[成田 17-4](図 3 右)を開発し、集客・データ収集効果の向上を検証した。前者は家電のようなデザインで家庭へ違和感の内容配慮し、後者は集客効果を狙い、品質の高いデザインのかしらを用意に設計できる特徴を持つ。今後、腕・手を付加し大型化する。本機能の高度化箇所は上記の a, c, d である[内山 17-1][内山 17-2]。

(3) 調理用音声アシスタントロボット

家庭空間のアクティブセンシングを試行した。高度化箇所は d である。詳細は 3.3 コミュニティ活動を参照されたい[熊谷 17][佐藤 17]。

(4) 複数種のロボットの連携運用向けモニタリングシステム

サービスロボットの低価格化が進みつつあるが、異なるプロトコルを持つ異種サービスロボットが大量に配置された場合を想定し、ロボット間情報共有の実現可能性や効率的な管理・運用の行うことである。本システムでは、収集したデータは分析・整理し、各ブースにあるディスプレイへ表示される。データは、収集されるたびにポップアップで表示され、さらに時間ごとやそれぞれのロボットにふさわしい方法で詳細をモニターできる。同時に、後の分析のために使用者の感想などをアンケートすることもできる。アンケート内容は蓄積データを利用して動的に生成することで、手短かに使用者に応じた適切な項目を質問することが特徴である。また、ロボットと会話しながらのモニタリングを実現した。基礎実験は、2017 国際ロボット展中に 6 つブースに、子育て支援ロボット、調理用音声アシスタントロボット、かしらロボなど、

複数種のロボットや人数推移システム(センサ)を配置し、ロボットサービス、センサのリアルタイム監視・集計データの収集、結果をフィードバックした[成田 17-5]。この実験は、RRI, RSi, ベイエリアおもてなしロボット研究会との連携により実現した。また、RRI の検討をもとにより広い範囲での適用を試みる。

3.2 コンセプトの提案



図 3: ディスプレイに装着した「かしらロボ」と子育て支援ロボット

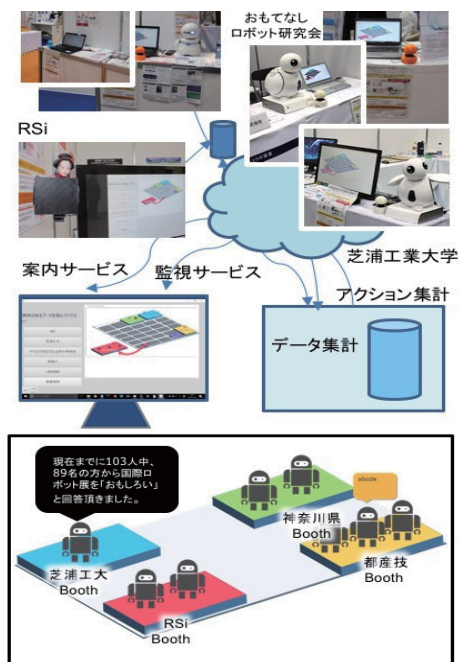


図 4: モニタリングシステムの実験

本プロジェクトの結果として説明済みのものを含めて以下のコンセプトを提案する。

(1) ロボットによるアクティブセンシング

サービスロボットの活用の方向性を示すもので、2.3 で説明した。本プロジェクトでも既に幾つかの成果が得られた。

(2) CRSP を高度化

CRSP の機能強化の体系化を提案するもので、3.1 で説明した。

(3) RUI と業務システムとの分離

3.1 で述べたように本プラットフォームを用いてアンケートサービスをベースにアクティブセンシングを行うロボットサービスを幾つか構築した。これらを注意深く見ると、アンケートに直接依存しない、回答者の普遍的な属性を用いてフィードバックを作成している部分と、アンケート結果の分析に業務知識を使っている部分に分けられる。実際、旅行向けと学会向けアンケートサービスでは、業務知識へのアクセス部分が異なっている。回答者の普遍的な属性を用いてフィードバックをロボットユーザインタ

フェース(RUI: Robot User Interface)と呼ぶとすれば、ロボットサービスは、RUI と業務知識から成り立っていると言える。結果、業務に依存しないロボットサービス、ロボットからなるロボットユーザインタフェースを用いることで、任意の業務を共通な仕組みでアクティブセンシングに組み込める構造が実現できると思われる。ここで言う RUI 機能としては、例えば、アンケートサービス機能、会話蓄積、会話生成であり、ロボットは 3.1(2)(3)で述べた様々ものが利用できる。業務サービスは、3.1(3)で述べた調理用音声アシスタントロボット向け料理レシピサービス、3.1(4)のロボットモニタリングが当たる。特に、モニタリングシステムの実証では、ロボット無しのシステムとアクティブセンシングに組み込んだものの 2 つを実装して比較した。ソフトウェアでは、GUI/HCI と言われて人へのインタフェースが分離され有効性を認識されているが、ロボット分野でもそうしたコンセプトが成り立ち、よりサービスロボットの適用を容易にできると期待される。

3.3 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 (2017)

「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 2017 年度 人工知能学会全国大会にて、第 4 回目のサバイバルセッションを行った。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。
- SDK 層への取り組みでは、「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手法」(発表: 加藤由花(東京女子大学))を紹介した。今後、移動ロボット向けの統合環境フレームワークに組み込んでいく。一方、「共起・共助マッチングに基づく対話支援ロボットの開発に向けた人同士の会話解析」(山口亨(首都大学東京))の発表があり興味深い内容であった。
- 今後の可能性としては、「固定型遠隔訪問ロボットの開発」(発表: 辰野恭市(名城大学))、「IoT デバイスによる洪水検知システム」(発表: 土屋陽介(産業技術大学院大学))、アンケートロボットを用いて回答の信頼性を回答時間から推測する試みである「RSNP を利用したロボットアンケート評価システム」(発表: 池田貴政(芝浦工業大学))の発表があり大変有用であった。本プラットフォームを用いた研究計画として「コンベンション情報システムのための期待分析と実証実験に関する研究」(発表: 松尾徳朗(産業技術大学院大学))が紹介された。
- パネルディスカッションでは、発表者が各自の発表を元に、介護・福祉・イベント・観光などの適用分野、ロボットの共通知能や管理システムなど今後増える複数ロボットの取り扱い、脈拍センサー・赤外線カメラ・人数推移システムなどセンサーとの連携の期待について議論した。会場からも多くの発言があり、パネルでのディスカッションが良かったとの評価を受けた。

(2) RSNP コンテスト 2017

2017 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。

- 最優秀賞(RSi 賞): 調理用音声アシスタントロボット(産業技術大学院大学 佐藤ほか)。約 300 レシピを用意した。
- 優秀賞: Falcon を用いたマスタスレーブシステム(芝浦工業大学 内藤ほか)。RSNP を用いてマスタスレーブ制御で遠隔操作を行うためのシステムを構築した。マスタ側の Falcon に、スレーブ側が物に触れた際の反力を出力する。
- 優秀賞: Raspberry Pi を用いた RSNP 人検出データ収集システム(芝浦工業大学 瀬沼ほか)。焦電人感センサーを

用いて人検出のためのセンサユニットを開発し、RSNPで人検出データの送受信を行う「人検出データ収集システム」を提案する。LRFを用いた従来のものに比べて低コストに構築できる。

- コンセプト部門賞:「笑顔溢れる子育て環境を実現するロボット-人と共生するパートナーロボットのコンセプト提案-(産業技術大学院大学 竹島, 内山ほか)。乳児感情と連携する子育て支援ロボットのコンセプト提案。プロトタイプ提示を行った。

技術的な観点では、ロボットによるアクティブセンシングモデルは商店街・観光地での利用を想定しているが、調理用音声アシスタントロボットのサービスにより個別のデータの収集とフィードバックにも適用できることを示唆しており興味深いシステムである。人と共生するパートナーロボットでは、顔の表現のLEDパネル柔軟性が高く様々な表現が期待でき、空気アクチュエータは無音なので従来とは違った展開が期待できる。

(3) 「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」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し、EAIS2017にて予備実験を行った。

(4) RSiとRRI

RSNPコンテストの実施に加え、RRIに「多種多様なロボットが活躍するためのネットワークアーキテクチャ-100台のロボットと100のアプリ:継続する連携研究-」を提案し採択された[松日楽17]。また、RRI(ロボット革命イニシアティブ)WG3新規プロジェクト等企画立案WGでは、上記にもとづきRSiと協力し検討をしている。

4. まとめと今後の展開

本プロジェクトは2013年6月に提案以来、本統合基盤の整備と活用を進め、昨年度の審査を経てめでたく「卒業」となり、今回で最終年の5年完了となる。最終年度は本プラットフォームを高度化して効果を検証するとともに、今後の展開のためにコンセプトとして提案した。引き続きご協力を賜りたい。

謝辞

本研究の一部はJSPS科研費17K00366の助成を受けたものです。また、本活動の一部は、JST CREST JPMJCR15E1の助成、RRI WG3新規プロジェクト等企画立案WG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
 [大澤 15] 大澤秀也, 朝倉健介, 小原範子, 藤田尚宏, 佐藤健, 中川幸子, 成田雅彦, RSNP 拡張によるロボット制御と音声通信の統合のためのロボットサービスプラットフォーム, 日本ロ

ボット学会誌, Vol.33 No.2, 2015(3).

- [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ァイル機能の実装, 産業技術大学院大学紀要 Vol. 10, pp.67-72, 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 17-1] 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術誌, 2017.
 [成田 17-2] 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, 2017.
 [成田 17-3] 成田 雅彦 (産技大) 中川幸子 (産技大) 土屋陽介 (産技大) 加藤由花 (東京女子大), 松日楽信人 (芝浦工大), 非専門家向けロボットサービスプラットフォームの高度化, 2B2-03, 日本ロボット学会学術講演会, 2017(9)
 [成田 17-4] 成田雅彦, サイネージロボットの身体性を実現する一提案 浄瑠璃人形の比較を参考にした「かしら」のモデリング, 産業技術大学大学紀要, No.11, pp.91-96
 [成田 17-5] 成田 雅彦, 松日楽 信人, RSi(ロボットサービスイニシアチブ)の活動と今後の展望, p1111-1115, 1D6_01, SI2017, 仙台, 2017 (12)
 [熊谷 17] Seiichi Kumagai, Tomoko Sato, Hiroki Sano, Hiroshi Tauchi, Norio Maeda, Yuki Horiguchi, Sachiko Nakagawa, and Masahiko Narita, Cooking assistant service utilizing an interactive robot, ThA3.3, SII2017, Taipei, Taiwan, 2017/12
 [加藤 17-1] Y. Kato and M. Tanaka, A Delay-conscious Communication Model for Mobile Robot Navigation, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2017), Poster-PM-21, 2017(5).
 [加藤 17-2] Y. Kato, Y. Nagano and H. Yokoyama, A Pedestrian Model in Human-Robot Coexisting Environment for Mobile Robot Navigation, Proc. 2017 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2017), 2017(12).
 [加藤 17-3] 加藤由花, 池田貴政, 岡野憲, 松日楽信人, インタフェースロボット応答制御のための歩行者分岐方向の予測, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会, DPS-174, pp.1-7, 2018(3).
 [佐藤 17] 佐藤 智子, 前田 紀夫, 堀口 裕記, 田内 博史, 熊谷 誠一, 佐野 博紀, 成田 雅彦, 調理用音声アシスタントロボット, 2B1-04, 日本ロボット学会学術講演会, 2017(9)
 [内山 17-1] 内山 純, 近藤 嘉男, 「パートナーロボット」の開発研究ー表情と仕草に着目したコンセプト構築の試みー, 産業技術大学院大学紀要, No.11, pp.175-180
 [内山 17-2] 内山純, 竹島大智, 関田理花, 張進男, 平社和也, 近藤嘉男, 「笑顔溢れる子育て環境を実現するロボット」コンセプト, 2B1-032, 日本ロボット学会学術講演会, 2017/9
 [松日楽信人 17] 松日楽信人, 長瀬雅之, 成田雅彦, 多種多様なロボットが活躍するためのネットワークアーキテクチャ-100台のロボットと100のアプリ:継続する連携研 RSi, 2017(8)