

インターネットを利用したロボットサービスと RSiの取り組み2016

2016年6月8日
産業技術大学院大学

成田雅彦

本日の内容

- ◆ ロボットソフトウェアプラットフォームの動向を概観
- ◆ RSiの活動とRSNP
- ◆ RSNPにより実現されているロボットサービス/成果の紹介

ロボットと周辺の動向

- ◆ **ロボット向けソフトウェア基盤の活発化**
 - RTM, RSi (2004～ 日本) , ROS(2008～ アメリカ)
- ◆ **ロボット要素技術のオープン化**
- ◆ **ネットワーク/インターネットとの連携(2010～ アメリカ)**
- ◆ **ロボットの低価格化・小型化が加速(2012～)**
 - **サイネージロボット(2015～)**
- ◆ **ロボットへの新規参入 (2012～)**
 - **テレプレゼンスロボット、IoT(2010～)**
- ◆ **流行語になった「クラウド」「ビッグデータ」「IoT」(2014)**
- ◆ **ロボット革命実現会議(2014 日本)**
- ◆ **流行語になった「人工知能」(2015～)**
- ➔ **ソフトウェアとネットワークが重要に**
 - ソフト/システムインテグレータ/統合プラットフォームが必要
 - サービスロボットの多様化と相互接続性を重視しよう
- ➔ **ロボットを使ったアクティブセンシングとIoT**

ロボット関連ソフトウェア基盤の動向

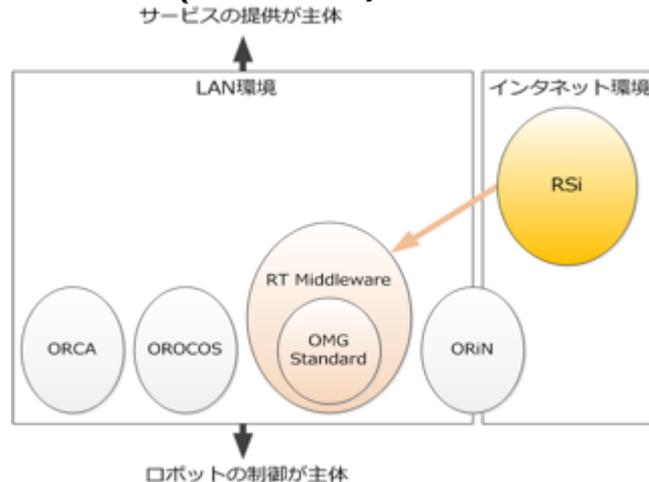
◆ 日本：ロボットの共通プラットフォームの研究開発(2004～)

- RTミドルウェア(RT-Middleware: RTM)と智能化プロジェクト
 - ネットワークの視点では、ロボット間やロボット部品間を対象
- RSi (Robot Service Initiative)
 - インターネット経由でロボットサービスを利用・共有する基盤整備
 - 標準化. ネットワークや上位のサービス、アプリケーションを対象
- 標準：OMG Robotics DTF
 - Robotic Technology Component Specification(2007) ロボット部品間の仕様のフレームワーク
 - Robotic Interaction Service (RoIS) Framework (2010～)

◆ 米国

- ROS (OSRF) /ROS2, PCLなど活発化
- 連携の促進：ROSとGoogle, ROSとIBM
- GE：Predix, IIC
- DARPAロボティクスチャレンジ

◆ ドイツ：Industrie4.0



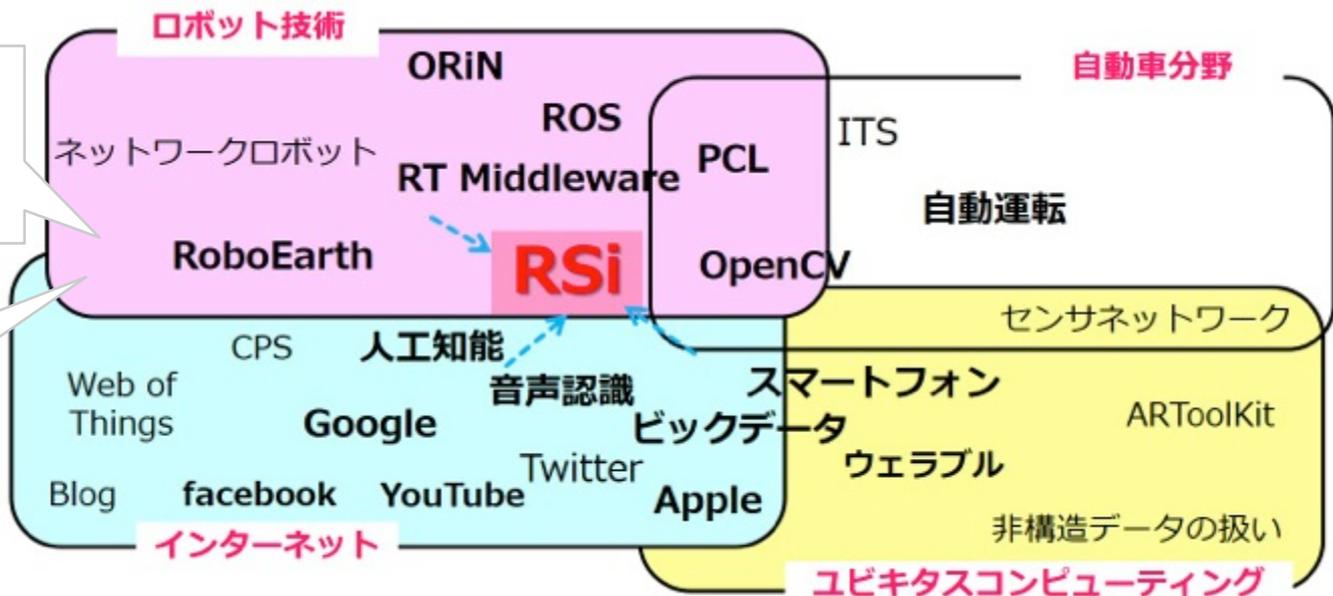
ロボット向けソフトウェア基盤の動向

◆ ロボットサービス基盤と隣接分野

- ロボット分野**
 - RSiによるインターネットを利用したロボットサービスとプロトコル (RSNP) の標準化
 - Googleのクラウドシステムとの連携の試み, クラウドロボティクス
- ネットワーク分野**
 - 大量データの蓄積. 多種データを利用した多様なサービス
 - Web of Things、Pachube、Cyber-Physical Systems (CPS) : 物理世界とサイバー世界の融合
- 実世界データ**
 - ICタグやGPS、センサ、ロボットなどを通して収集したデータを利用したサービスに期待, 人工知能/ビックデータ

ロボットとインターネットを組み合わせた領域に注目が集まっている

新しいサービス創出への期待感!



◆ ROS : 米国のロボットソフトウェア基盤開発の事例として

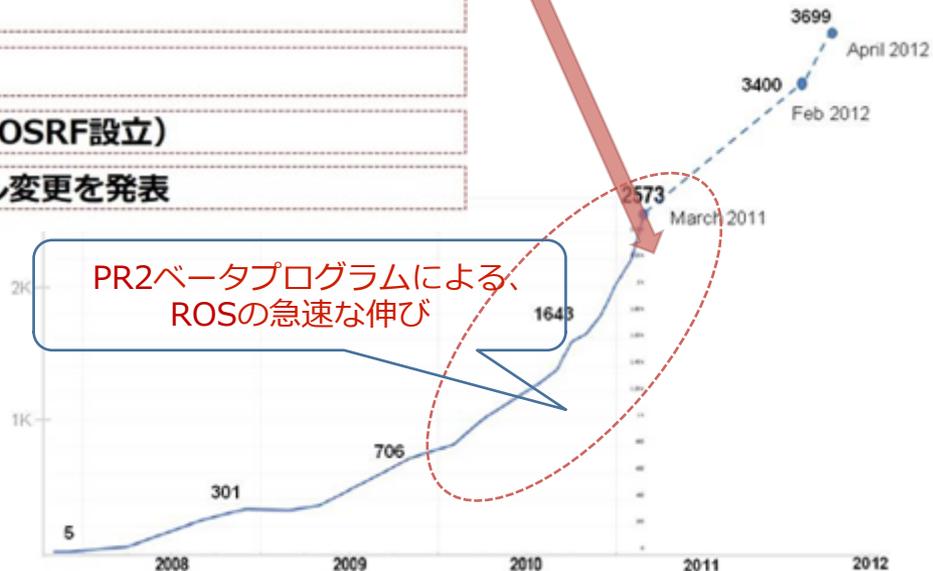
- Willow Garage社が、開発・保守してきたオープンソースのロボット用基盤ソフトウェア
- ROSのアーキテクチャ
 - 分散システム指向, ネットワークとの親和性が高い.
 - 通信ライブラリ+ツール群+基盤 (機能群) + コミュニティ

◆ ROSのプラットフォーム普及活動

- **2006年にWillowGarage社を米国シリコンバレーに設立**
非軍事用ロボットの、ハードウェアとソフトウェアの研究開発を目的とする
- **研究開発のためのハードウェア提供により、多分野のアプリ開発者層を取込み**
PR2 : 学術用パーソナルロボット
TurtleBot : KinectとRoombaを組み合わせた低価格ロボット
- **ROS-Wikiのサポートと、定期的なディストリビューションのリリース**
ROS-Wikiは、ロボットソフトウェア開発のためのライブラリ群、開発環境をWikiで提供. 1ファイルレベルのプログラム部品から、共同体レベルのソフトウェアパッケージのシェアまでをサポート
WillowGarage社は、ROSディストリビューションのリリースを牽引
- **学術機関との連携を強化**
PR2を提供することにより、他の研究機関とのコラボレーション研究やイベントを開催. ROSの普及とアプリケーションの充実を促進 (PR2ベータプログラム、Moveit! 等), 国内外研究者のインターンシップ受入れ
- **米国内起業・オープンソース団体設立 (スピンアウト) の積極支援**

◆ ROSの経緯

- 2009年02月 ● **ROS (Robot Operation System) 0.4版リリース**
M. Quigley et.al."ROS: an open-source Robot Operating System" IROS2009論文発表, 2009年9月
- 2010年01月 ● **PR2ベータプログラム始動**
ロボットサービス提案の募集開始, ROS 1.0版リリース(3月)
- 2010年05月 ● **PR2コミュニティ発足 (参加機関11) ROSコミュニティの大躍進**
Google I/O 2011:ROS on Android, クラウド連携の発表
- 2011年05月 ● **PR2ベータプログラム参加各機関の成果発表**
- 2011年09月 ● **IROS2011 WorksShop**
- 2012年02月 ● **ROS産業プロジェクトを発表**
- 2012年04月 ● **ROSとGAZEBOをスピナウト (OSRF設立)**
- 2013年02月 ● **Willow Garage社 ビジネスモデル変更を発表**



ROSパッケージ数の推移

(R. Hickman et. al. Google I/O 2011発表資料より加工)



◆ 組織

OSRF	Open Source Robotics Foundation, Inc. 米国カリフォルニア州, 独立非営利団. Willow Garage社からのスピンアウト. 2012年4月16日にWillow Garage社が発表 (2012年3月設立扱い)
ボードメンバー	CEOは、元Willow Garage社のDr. Brian Garkey. 他, ドイツ・フライブルグ大学教授のWolfram Burgard、韓国Yujin Robot社のSam Park、iRobot社のHelen Greiner、Clearpath Robotics社のRyan Gariepy
スポンサー	BOSCH, DARPA, Google ATAP, MathWorks, NASA, NISSAN, Qualcomm, Rethink Robotics社, ROS-Industrial Consortium, Sandia National Laboratories, SICK, Willow Garage社, Yujin Robot社 (2015年11月時点)
ミッション	ロボットの研究・教育・製品開発で使用するオープンソースソフトウェアの「開発」「配布」「導入」を, サポート

◆ 活動

- **GAZEBO (ROSシミュレーター) 開発 : DARPAロボティクスチャレンジで政府調達. 併せて, WebサービスとしてAmazonWebServiceから利用可能なクラウド版「CloudSim」をリリース**
- **ROSサポート (ディストリビューションのリリース, ROSコンサルティングネットワークの展開)**
- **Google SummerCode参加**
- **Robonaut ROS/Gazebo TopCoder challengeをNASAと共催**
- **ROSコンテストの開催 (2012年5月より)**



◆ ROS 2 : ROSの最近の動向として

- 組み込み向けのロボットOSへの取り組み
 - 分散オブジェクトのワイヤプロトコルの標準化
 - 組み込みやセンサー向けのリアルタイムプロセスをもつ
 - 現時点では, 32bit MCU (ARM Cortex-M7) に対応

◆ ROS1 (従来) とROS2 (最近) の違い

(Morgan Quigley, "ROS 2 on "small" embedded systems," ROSCon 2015 in Hamburg Germany, October 3rd-4th, 2015 発表資料より)

ROS1	ROS2
<ul style="list-style-type: none">• Startup sequencing• XML-RPC• TCP通信 (UDPROSは未完成)	<ul style="list-style-type: none">• no master• マルチキャスト UDP• RTPS/DDSの適用, UDP通信• UDP上でのQoS (ある特定の通信を優先して伝送する等)への取り組み

□ **RTPS** : Real-Time Publish-Subscribeプロトコル

□ **DDS** (Data Distribution Service) Wireプロトコル (OMG標準)

<http://www.omg.org/spec/DDS/2.1/>

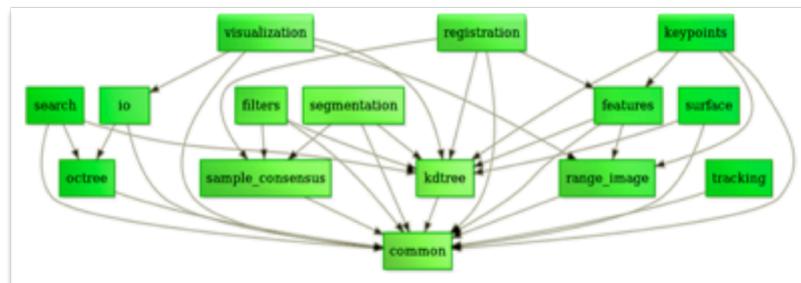
◆ ロボット要素技術の充実とオープン化

- 様々なロボット要素技術がオープン化されている
 - 組み合わせて利用することにより，ロボットシステムを構築できる
 - 統合に向けた動き
-
- **PCL** : 大規模な3D点群処理，物体や空間情報のライブラリ群
 - **OctMap** : ロボット移動のための3次元SLAM
 - **OpenCV** : コンピュータビジョンライブラリ（画像処理，認識など）
 - **OpenNI** : Kinect，深度センサー，開発フレームワーク（公開終了）
 - **OpenRAVE** : アームとハンドの軌道計画，逆運動学計算，シミュレーション
 - **KnowRob** : 推論エンジン，タスク計画
 - **MoveIt!** : 行動計画フレームワーク（ROS）
-
- **RTM/RTC** : RTミドルウェア，知能化モジュール

要素技術のオープン化：各事例

PCL (Point Cloud Library)

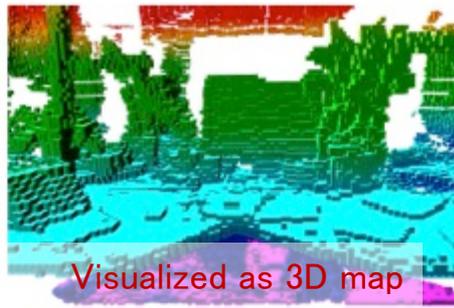
- 大規模な3D点群処理，物体の3次元形状処理や空間情報を取り扱うためのライブラリ群
- フィルタリング，特微量処理，キーポイント抽出，サーフェス処理，レジストレーション（位置合わせ），モデルフィッティング，セグメンテーション，探索，距離画像の生成など，ロボットの知覚認識機能に対応したアルゴリズムをモジュールとして提供



<http://pointclouds.org/>

OctMap

- ロボット移動のための3次元SLAM

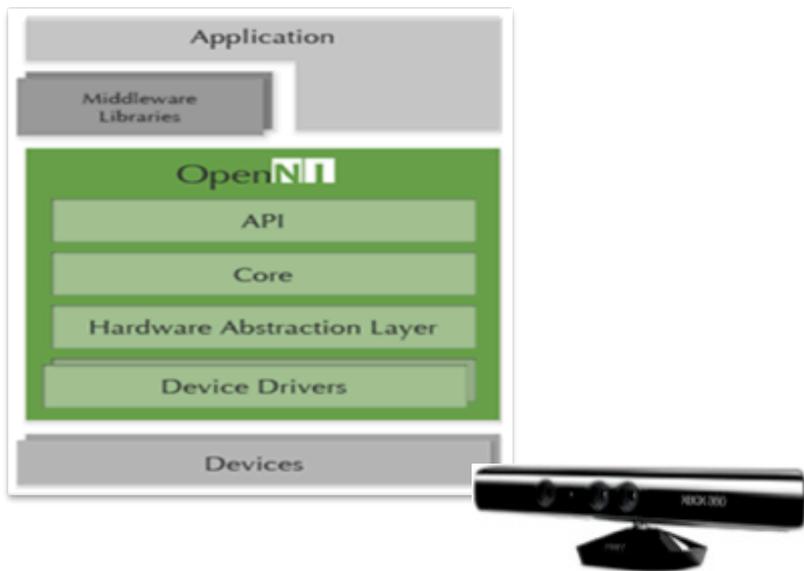


<https://octomap.github.io/>

要素技術のオープン化：各事例

OpenNI

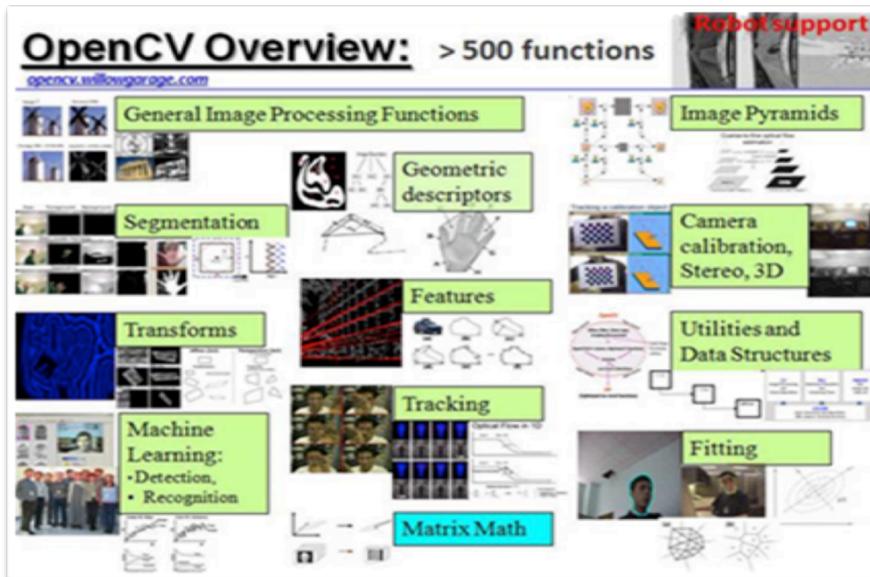
- KinectをはじめとするNI (Natural Interaction) デバイスの、深度センサや3Dセンシングのためのソフトウェア開発フレームワーク



※ただし、Kinectの開発に携わった
PrimeSense社をAppleが買収したことにより、公開終了

OpenCV

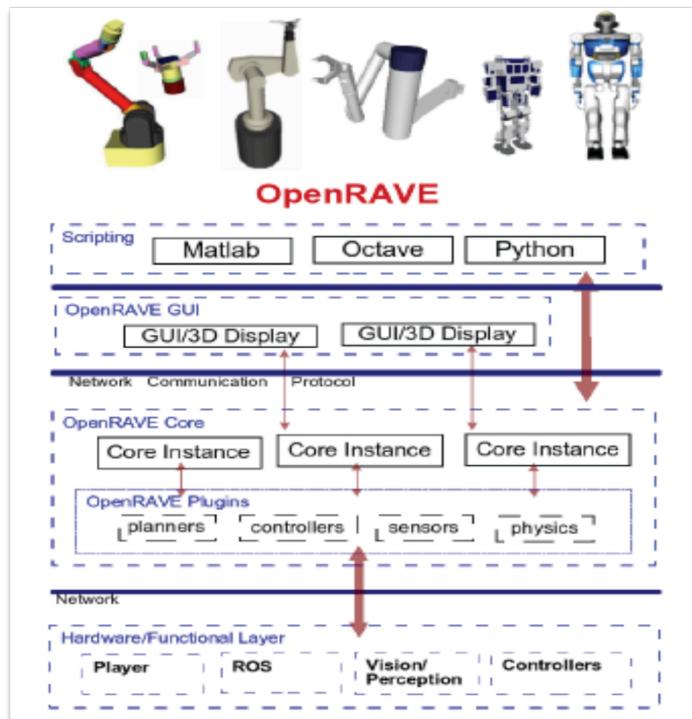
- コンピュータビジョンライブラリ；画像処理，物体認識，顔認識，ジェスチャー認識，モーション解析と追跡，パターン認識，構造解析，カメラキャリブレーション，機械学習



<http://opencv.org/>

OpenRAVE

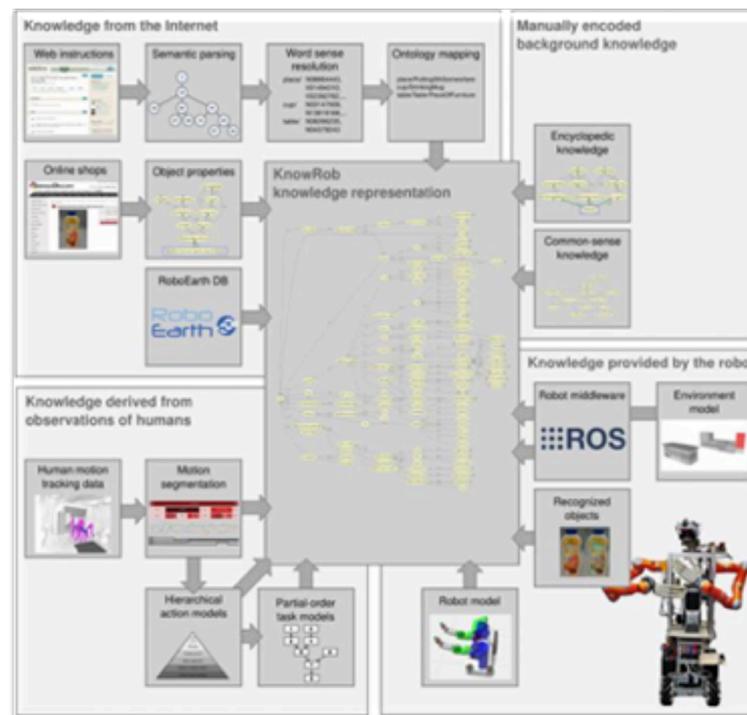
- 3Dシミュレーションによる自律行動・軌道計画アーキテクチャ。逆運動学計算 (ikfast) , アームとハンドの軌道計画モジュールなどをもつ, MUJIN



出杏光 魯仙, “動作計画”, 東京大学大学院情報理工学研究科
平成23 年度夏学期大学院講義エージェントシステム第4 回,
2011 年5月18 日

KnowRob

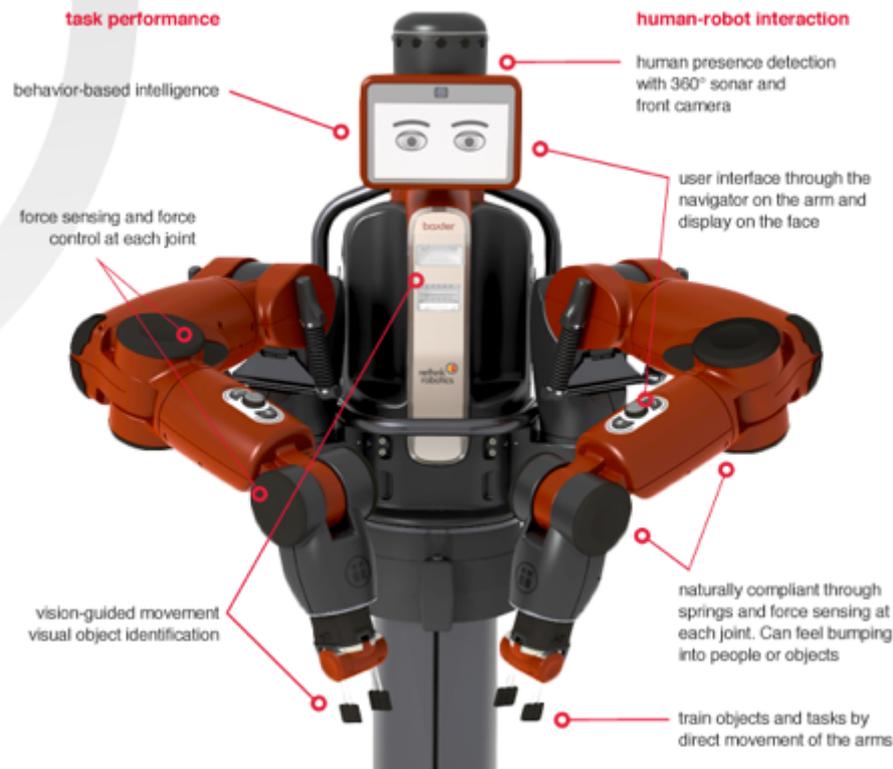
- 推論エンジン, タスクプラン選択, オントロジーを利用 (ミュンヘン工科大学の研究成果, RoboEarthとも連携)



<https://ias.in.tum.de/research/knowledge>

ロボットの低価格化・小型化

◆ BAXTER : RethinkRobotics社 R.Brooks氏が2012年10月に発表



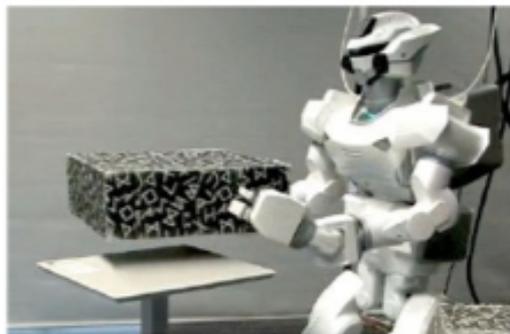
- 非構造環境下における活動、人間のいる空間での稼働を主眼としたヒューマンスケールの**協働型ロボット**
- **ソフトウェア基盤としてROSを使用**
- **低価格**：価格は22,000米ドル（JPN176万円）
- **簡単なプログラミング**。タッチパネルにより（プログラミングに拠らず）ユーザ自身でロボットに作業を教えることができる
- 安いハード部品の組み合わせで構成（例：ギアは従来の1/5価格）
- 部品の75%をアメリカ国内で調達
- アカデミック版SDKリリース：ソフトウェアの多層化

Erico Guizzo "The Rise of the ROBOT WORKER" IEEE Spectrum 2012.10 pp28-35

ネットワークサービスの展開

◆ ロボット+クラウド

- クラウドコンピューティングのロボットへの適用研究
 - What's next: Cloud enabled humanoids?" [J. Kuffner, Humanoids 2010 Workshop, 2010.]



HRP3 (AIST/Kawada)



Google DataCenter

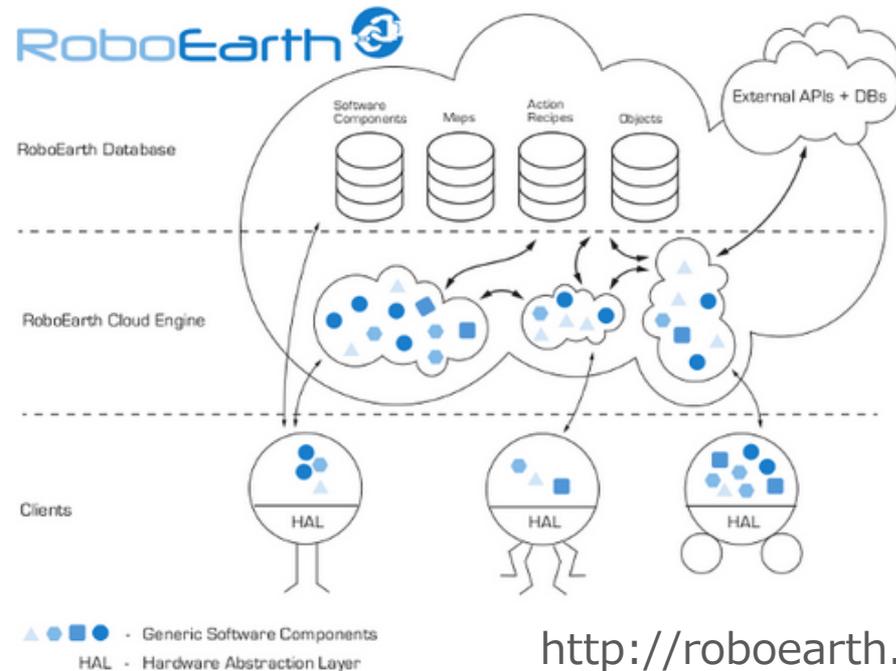
データセンター
(クラウド環境)

- Recent proposals:
 - “DAvinCi: A cloud computing framework for service robots” [Arumugam, et. Al. , ICRA 2010]
 - Hadoop cluster with ROS communication infrastructure
 - FastSLAM map/reduce

◆ ロボット+クラウド

– RoboEarthクラウドエンジン：ラピユタ

- クラウドロボティクスのための、PaaS型のフレームワーク
- ロボットのローカル環境では高負荷な複雑なタスク計算をクラウド側で実行。クローンベースモデルに基づいて構築。複数ロボットのクラウドへの相互接続
- Rapyuta: The RoboEarth Cloud Engine [D. Hunziker, et. al. ICRA2013]



<http://roboearth.org/> より

◆ ロボット+クラウド

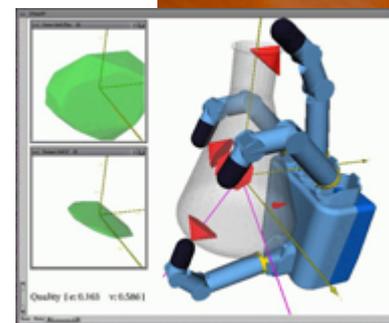
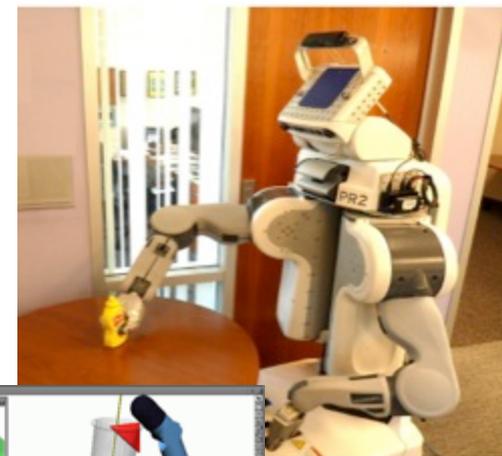
- Googleの認識エンジンを利用したクラウドベースのロボット把持
 - Googleゴグル（オブジェクト認識エンジン）をクラウドに搭載したロボットサービス
 - コロンビア大学のハンド開発のオープンソース“GraspIt!”を利用

Offline
フェーズ

対象物体のラベルマッピングを認識エンジンによりクラウドに蓄積。同時にPCLとKinectを利用して、対象物体の3D-CADモデルの参照データ作成する。

Online
フェーズ

対象が検出されるとカメライメージをクラウドへ送付。あらかじめ蓄積したデータを参照する。同時に3Dセンサによる点群処理により、姿勢推定を行い、把持のモーションプランニングを実現。



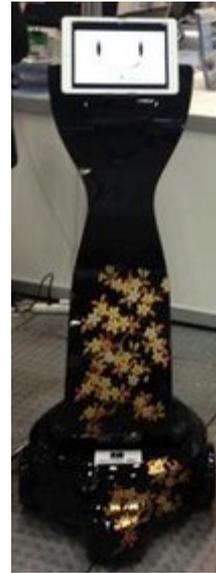
ネットワークサービスの展開

◆ ロボット+ネットワーク

- モバイル・テレプレゼンス (Mobile Robotic Telepresence)
 - 遠隔操作を前提としたロボットシステム



Beam, Suitable Technologies社,
遠隔プレゼンスシステム



Mannequin, VECTOR社,
遠隔操作ロボット

- ネットワーク環境を前提としたロボットサービス への取組みは活発化
- ロボットも、デバイス端末の一つとしてプラットフォーム展開が模索されている

ネットワークサービスの展開

◆ センサーデバイス + クラウド

- 実世界データを収集し利用する，ネットワークベースのサービスが進行
- センサーを介して，モノとモノがネットワークでつながる
- 2010年頃から，モノのインターネットの適用が模索

- **Web of Things:** <http://www.webofthings.com/>

- **Cyber Physical System:** <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20101210/355115/>

- **IoT : Internet of Things:**
<http://www.iot2010.org/>



◆ トリリオンセンサー社会

- 2020年前後には，年間1兆個のセンサーが生産される時代

IoTの展開

◆ IoT : Internet of things

- 実世界に大量のセンサーを配備し，実世界の情報を**収集**
- その情報を，クラウド上へデータとして**蓄積**（実世界の写し）．蓄積されたデータを**分析**することで，実世界へフィードバック
- 個別の状況に応じた（カスタム）サービスや，予測による事前ケアを提供



IoTの展開：標準化の取組み

【ドイツ】 Industrie4.0 （2013年4月～）

SAP, シーメンス, BOSCH, フォルクスワーゲン, BMW等

- CPS (Cyber-Physical Systems) を活用：ネットワーク化された考える工場。労働の高度化, 省エネルギー, 高効率化, マスカスタマイゼーション (個別大量生産) の実現を目指す；ドイツの国家プロジェクト
- つながる工場：ドイツ国内の中小製造企業を含めたつながり, 標準化
- IoT, IoS (Internet of Service)

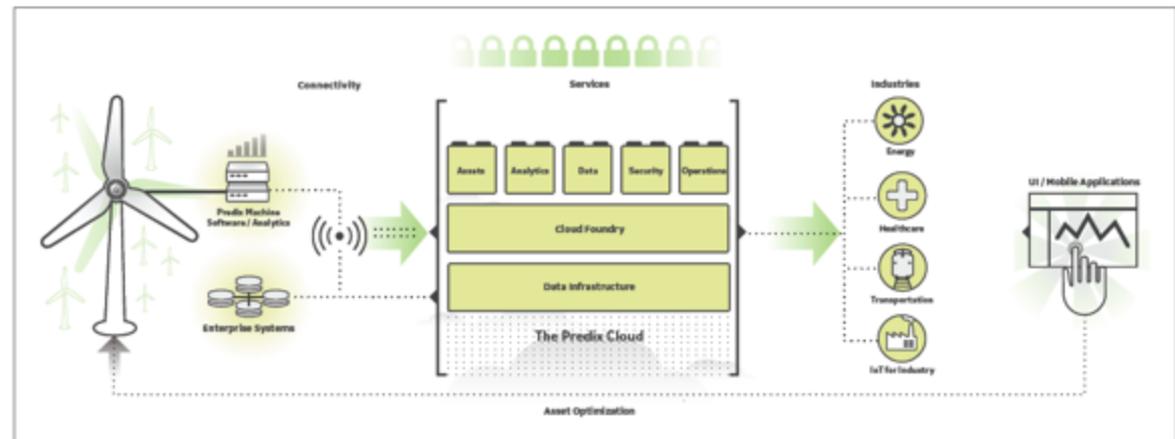
【米国】 IIC (インダストリアル・インターネット・コンソーシアム) (2014年3月～)

GE, IBM, インテル, CiscoSystems, AT&T Fujitsu等 (63社) ※米国政府も参画 (年100万ドル投資)

- 航空, 鉄道, 石油ガスの探査, 電力, 医療など幅広い産業分野での, 相互運用可能なシステムやソフトウェアの規格づくりを目指す
 - 各種端末や送電網, 交通網, 自動車などに関するデータの収集・保存・分析の仕組みづくり
 - インターネットを活用したサービス提供に取り組むことを表明
- ※2015年から, Industrie4.0のメンバ (SAP, シーメンス, BOSCH等) も参画を開始

◆ 米GE : Predix

- Industrial Internetの実現をめざす。データ分析により、人と産業機械をつなぐことを目的としたIoTの為のクラウド基盤（PaaS）
 - GE Technical Whitepaper, “Predix Architecture and Services” September 2015 ;にて発表
 - Predix Machine SDK, サンプルアプリケーション等の公開を開始 ; <https://www.predix.io/>



◆ 米Google : 人工知能

- TensorFlow : 音声検索や写真認識, 翻訳のためのディープラーニング. オープンソース・ソフトウェアライブラリ
 - <https://www.tensorflow.org/>

◆ 米IBM : 人工知能「ワトソン」

- ロボットとの連携

ロボットへの新規参入

◆ ネット企業によるロボット企業の買収

– Google

- ロボット研究開発部門へ多額の資金投入
(シャフトを含めた7社を買収)
- 歩行ロボットのボストン・ダイナミックスを
買収：四脚BigDog やヒト型Atlas の開発元
(2013/12/14 NYTimes,IEEE発表)

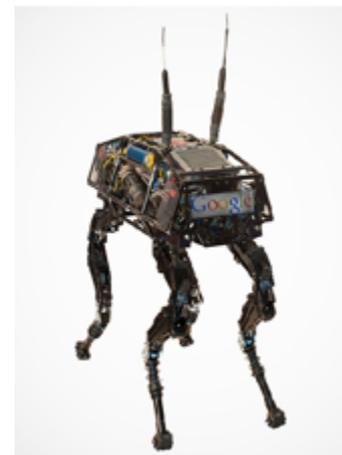


Image:IEEE Specturm

– Amazon

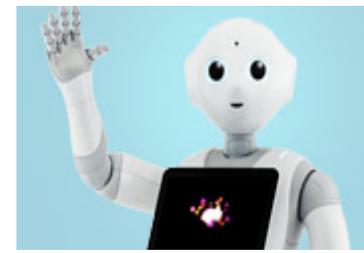
- ドローン（無人航空機）による即日配送のデモ
(2013/12/2 IEEE Specturm発表)
- Kiva Systems買収：物流センターでの商品ピック
アップ、梱包、発送のプロセスの効率化 (2012/3)



Image: NYTimesBits

◆ 新規参入

- Intel
- 日本の通信会社 (NTT, AU, Softbank)
- タケロボ
- 富士通 ロボピン(2016)



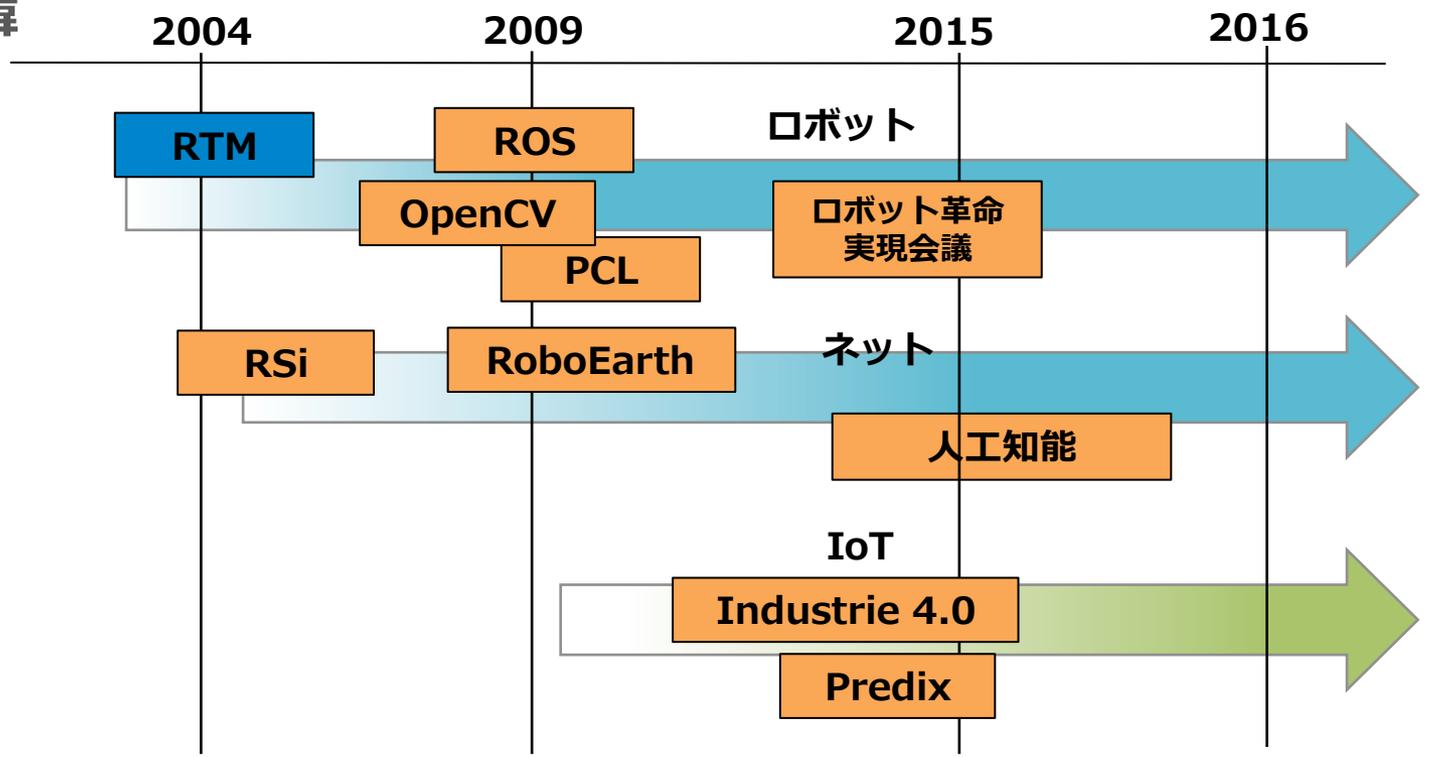
- ◆ 2014年9月より始まり、2015年1月23日に第6回を開催
- ◆ ロボット革命イニシアティブ協議会を設置（2015.01.23）
 - ロボットイノベーションの拠点として、現場における革命実現のための産学官を分厚く巻き込んだ推進母体とする
- ◆ ロボット新戦略を公表（2015.01.23）
 - 革命実現のための三本柱
 - 日本を世界のロボットイノベーション拠点とする（協議会の設置：ニーズとシーズのマッチング、ベストプラクティスの共有・普及、国際標準、セキュリティ、国際連携）
 - 世界一のロボット利活用社会のショーケース、ロボットのある日常の実現（ものづくり、サービス、介護・医療、インフラ・災害対応・建設、農林水産業・食品産業）
 - IoT（Internet of Things）時代のロボットで世界をリード（ITと融合し、ビッグデータ、ネットワーク、人工知能を使いこなせるロボットへ）
 - **RSi**も、プラットフォームに関する項目でとりあげられている

基盤技術の動向まとめ

◆ まとめ

- ロボット関連ソフトウェア基盤の動向
- ネットワークサービスの展開
- IoTの展開

◆ 時間的経緯



基盤技術の動向まとめ

◆ 展開の方向

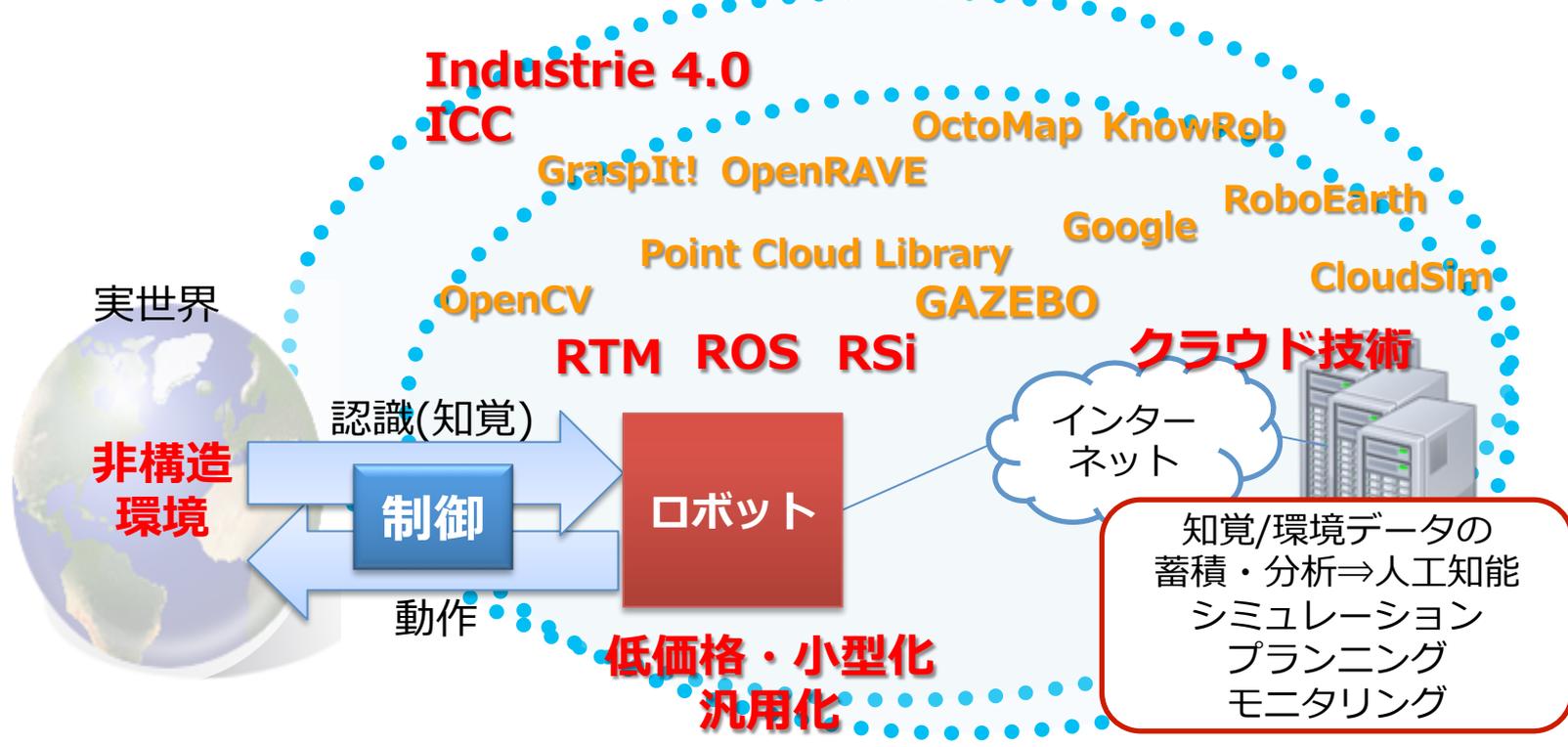
汎用ロボットハードウェアの低価格化

+ 要素技術 (認識・移動制御・汎用アーム制御, 等)

+ ソフトウェア基盤

Web技術, クラウドコンピューティング, 人工知能

+ サービスロボットの低価格化



RSiの活動とRSNP

RSi とRSNP

◆ 目標

- インターネットを活用した魅力あるロボットサービスを簡単かつ便利に利用できる社会
- ロボットサービスと**オープンな相互運用性**の実現
- **協力しオープンな仕様策定：RSNP (Robot Service Network Protocol)**
- 関連団体と協力し実証実験やRSNPコンテスト，チュートリアル等を通して普及促進を行っている

◆ 組織

- 2004年発足
- ロボット産業，情報処理，教育など，多分野の企業及び団体の参加



会員	セック，安川電機，日本気象協会，富士通，富士通研究所，日本電気通信システム，ライトウェア，はこだて未来大学，産業技術大学院大学 事務局：ロボット工業会
協力会員	産業技術総合研究所，奈良先端大，芝浦工業大学，名城大学，名古屋工業大学，金沢工業大学，中京大学，首都大学東京，大阪市立大学，早稲田大学，東京女子大，北海道大学
小規模企業	エボルブアイティワークス株式会社，株式会社インフォコーパス

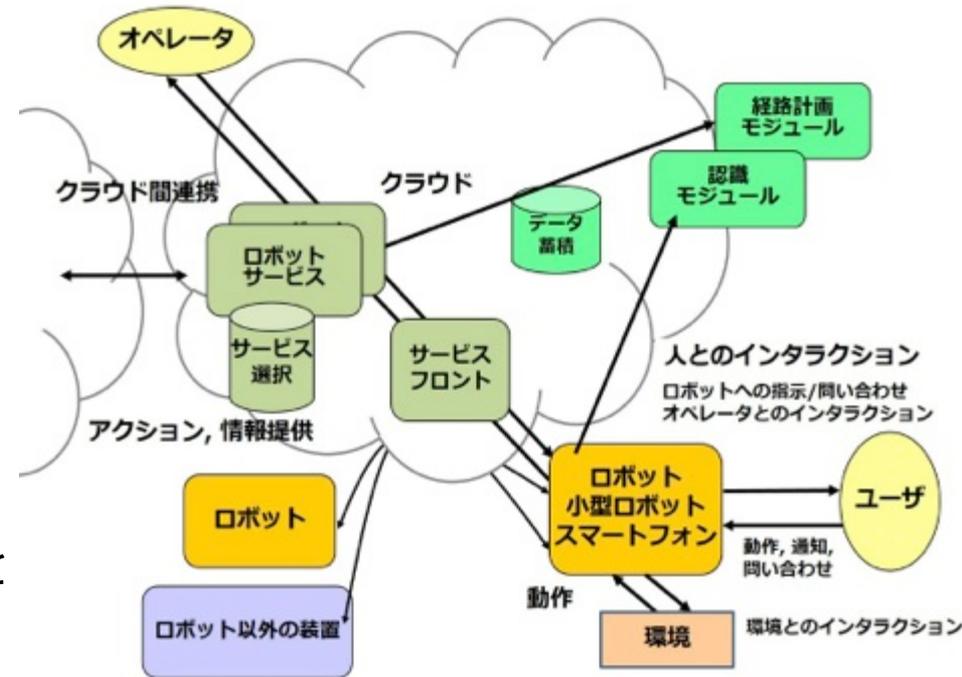
RSiのサービスモデル

◆ 基本要件

- 異なるベンダが独立して開発したロボット/サービスの間での**相互運用**を実現する（提供元や提供機能の異なるロボットと多様なロボットサービスを相互接続して利用できる）
- すでに広範囲につかわれているWeb技術を利用する

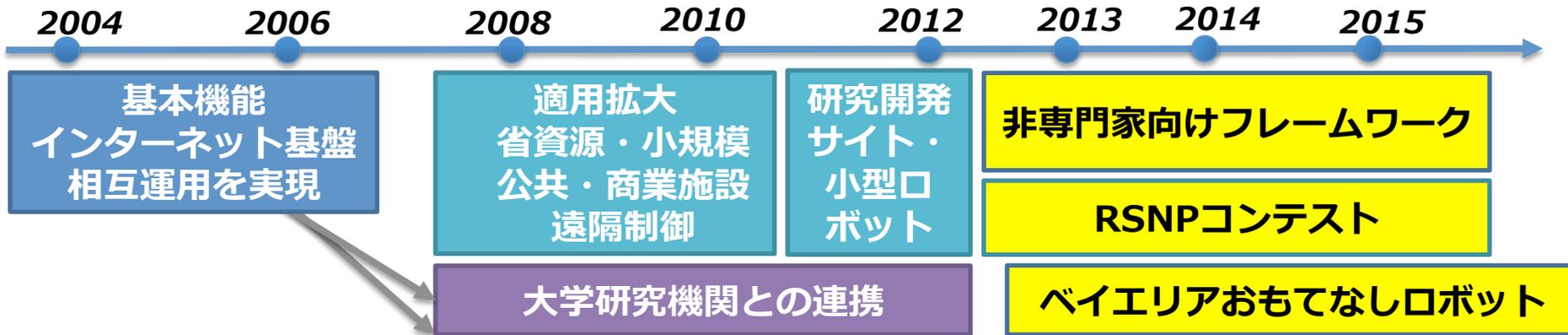
◆ 適用範囲の拡大

- 様々な環境への対応
- 上位レイヤのサポート
- IT業界で普及した技術を採用
- ロボット技術の集約
- クラウド基盤への適用
- マイクロサービス
- RSNPの相互小型ロボット等を活用した研究開発の促進



RSi Platform V3.0 system model

◆ 活動の概要



◆ RSNPの実装と機能拡張

- Ready To Go のインターネットベースのサービスプラットフォーム
- 機能拡張は、コンテスト等の成果を「非専門家向けフレームワーク」として仕様化して上位層として組み込んでいく

◆ 仕様策定のプロセス

- 仕様策定ワーキンググループで策定
 - RSiの全会員の承諾を得て成立
- ➔ オープン性を確保

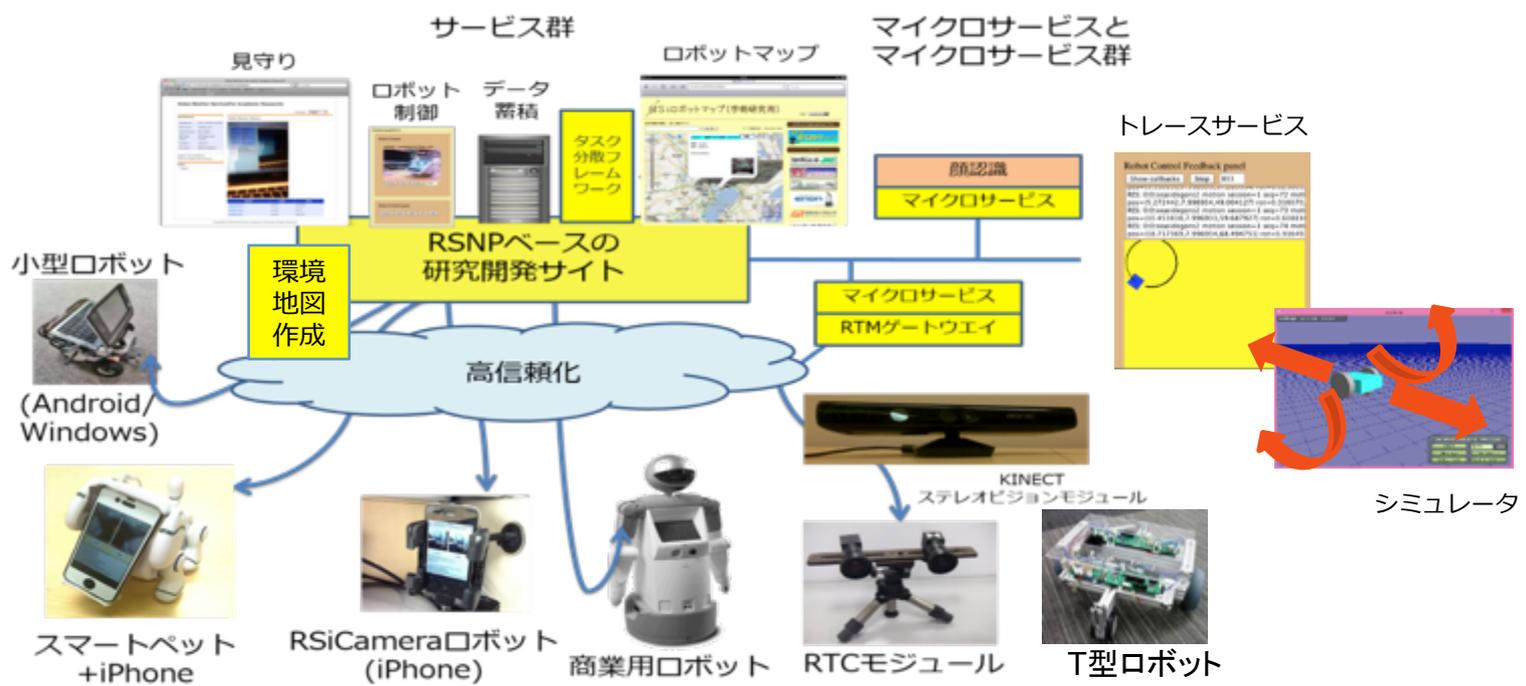
ロボットサービスネットワークプロトコル

- ◆ RSi共通サービス（通信層）：通信のための共通機能,ファイアウォール内のロボットへのデータ送信を実現
- ◆ プロファイル群：ロボット機能の提供,異なる実装間の曖昧性を排除し,相互接続を実現 →直ぐ使える,連携して使える

機能モジュール	メソッド	説明	機能モジュール	メソッド	説明	
共通サービス	group_begin	グループ開始	マルチメディア プロファイル	get_camera_info	カメラの情報を取得	
	group_end	グループ終了		sound_play	サウンドの再生	
	group_invoke	グループ処理の開始		sound_rec_start	録音の開始	
	set_value	プロパティの設定		sound_control	マイク・スピーカーの制御	
	open	カンパセーションの開始		get_sound_info	マイク・スピーカーの情報の取得	
	close	カンパセーションの終了		動作 プロファイル	forward	前進
	get_reply	非同期結果取り出し			backward	後退
基本情報 プロファイル	get_info	基本情報プロファイルの情報を取得する	right		右カーブ	
	get_roboto_info	ロボット情報の取得	left		左カーブ	
	get_user_info	ユーザ情報の取得	spin_right		右回転	
	get_access_info	アクセス情報の取得	spin_left		左回転	
	get_environment_info	環境情報を取得	stop		停止	
	get_ESP_info	情報サービス提供者情報を取得	get_motion_info		位置情報の取得	
	get_network_info	ネットワーク情報を取得	shake		部位を振る	
	get_security_info	セキュリティ情報を取得	sensor		センサー情報の取得	
	get_WSR_info	高信頼性メッセージング機能の設定情報を取得	動作パターン プロファイル	motion_by_pattern	パターン動作	
set_info等	上記のget_info等に対応した設定機能	天気情報 サービス		get_weather_short	短期予報情報を取得	
マルチメディア プロファイル	get_camera_image		イメージの取込み	情報提供 サービス	get_contents	検索条件に合ったコンテンツを取得
	video_rec_start		ビデオの録画開始		get_requirement_term_list	検索に用いる要素項目リストを取得
	video_rec_stop		ビデオの録画終了			
	camera_control	カメラの制御				

ロボットサービスプラットフォーム

- ◆ **天気情報サービスの定常運転**
 - 天気情報サービス, 防災情報サービス(日本気象協会, はこだて未来大学 (予定))
- ◆ **非専門家をターゲットした機能群**
 - サービスプラットフォームに音声サービスを統合
 - インストール, メンテナンス, サービスの持続性, セキュリティ
- ◆ **共通に使えるロボットサービス**
 - トレースサービス, シミュレータ(産技大)



相互接続の検証(1/2)

◆ 実証実験

- 通算で8団体の11種類のロボットと4社の情報プロバイダーが参加
- Webサービス基盤を適用・多種ロボットと多様なロボットサービスを相互接続を実証し、提案の有効性の検証

実証実験項目	実施日	場所(イベント)	参加者
共通サービス, 動作プロフィール, 動作パターンプロフィール, マルチメディアプロフィール, 見守りサービス	2004/3/2 ~ 3/4	東京 (ROBODEX)	富士通, 三菱重工, Sony
天気情報サービス	2005/2/18 ~ 3/6	東京, 大阪, 福岡	富士通, 三菱重工, ビジネスデザイン研究所, 東芝, Sony, 日本気象協会, お天気.com
情報提供サービス (料理レシピ情報, タレント音声配信)	2006/3/16 ~ 3/19	大阪	富士通, 三菱重工, ビジネスデザイン研究所, 東芝, Sony, 日本気象協会, お天気.com, 松下, MVP
天気情報サービスとロボットサービスシステムの実用化見守りサービス	2006/10/27 ~ 10/29	横浜 (ロボットウィーク2006)	富士通, 三菱重工, ビジネスデザイン研究所, 東芝, Sony, 日本気象協会
天気情報サービス, 防災情報サービス	2007/7/11 ~ 7/13	東京 (ビジネスショー)	富士通, 三菱重工, ビジネスデザイン研究所, 東芝, 日本気象協会
見守りサービス, RTMとの連携による案内サービス, マルチメディアセンサプロフィール, 天気情報サービス, 防災情報サービス	2007/11/28 ~ 12/1	東京 (国際ロボット展2007)	富士通, 三菱重工, 日本気象協会, セック
コマンドプロフィール, リモート割込み, 見守りサービス, 天気情報サービス, 防災情報サービス	2009/11/25 ~ 11/28	東京 (国際ロボット展2009)	富士通, 三菱重工, 日本気象協会, 産業技術大学院大学
見守りサービス, マルチメディアセンサプロフィール, 動作プロフィール, 天気情報サービス, 防災情報サービス, ロボットマップサービス, コンテスト情報サービス	2011/11/9 ~ 11/12	東京 (国際ロボット展2011)	富士通, 三菱重工, 日本気象協会, 産業技術大学院大学, はこだて未来大学, 芝浦工業大学



相互接続の検証(2/2)

- ◆ **2013/11 国際ロボット展**
 - 芝浦工大のロボット、産技大、公立ほこだて未来大学のロボットを用いた見守りサービスの連携
- ◆ **2014/4 ベイエリアロボティクスフォーラム (芝浦工科大学)**
 - 芝浦工大のロボット、公立ほこだて未来大学のロボットを用いた見守りサービス
 - 産技大のRSNPに統合した音声通話サービス
- ◆ **2014/11 JAPAN ROBOT WEEK**
 - 芝浦工科大学, ほこだて未来大学, 大阪市立大学
 - RSNPプラットフォームに音声通信を統合した、ロボット (smart pet)の展示
- ◆ **2015/2 東京都産業技術研究センター**
 - 芝浦工大、首都大学東京、東京都産業技術研究センターのロボットによるアンケートロボットの連携
 - 産技大、東京都産業技術研究センターによるT型ロボットの遠隔制御
- ◆ **2015/11 産業交流展2015 (右写真)**
 - 産技大、芝浦工大によるスタンプラリーとアンケートサービス
- ◆ **2015/12 国際ロボット展2015**
 - 3ブースを連携したスタンプラリーとアンケートサービス



◆ 通信プラットフォーム

- ロボットとロボットサービス間の通信プロトコルをWSDL(Web Service Description Language)で規定

```
<?xml version="1.0"?>
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3c.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:bp="http://www.robotservices.org/schemas/V01/Information_
  profile"/>
  <xsd:complexType name="Ret_value">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="detail" nillable="true"
        type="xsd:string"/>
      <xsd:element name="error_no" type="xsd:long"/>
      <xsd:element name="message_id" type="xsd:long"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
  <xsd:complexType name="get_reply">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="con_id" type="xsd:long"/>
      <xsd:element name="block" type="xsd:boolean"/>
      <xsd:element name="message_id" type="xsd:long"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
```

◆ 通信モデル

- Push/Pull型，同期/非同期型
- ロボットサービス側からロボットへ情報を通知するロボット起点型のPush技術を採用
 - **ファイアウォール内のロボットへのデータ送信を実現**

◆ 仕様決定のプロセス

- 仕様策定ワーキンググループで策定
- RSiの全会員の承諾を得て成立
- 仕様策定対象は、一社のソフトウェアプラットフォームに利益が集中することのないように配慮し相互運用性のあるロボットサービスを実現する仕組み、即ち、プロトコルとしている

◆ 知財権

- 無償または合理的かつ非差別的な条件に基づき実施または使用を許諾されてもの
- 第三者も安心して利用可能

◆ 標準化

- OMGにRTCSへの情報提供、RoISへのRSNPの仕様反映などへ貢献

最近の成果

- 非専門家向けプラットフォームとRSNPコンテスト
- ロボットサービスによるアクティブセンシングとIoT

非専門家向けプラットフォームとRSNPコンテスト

RSNPコンテスト

◆ 2013年度から開催. 3回開催済み

◆ 目的

- インターネットとロボットの融合は新しい分野で、魅力あるロボットサービスの提供、知識／経験の集積、ロボット業界／ソフトウェア業界の相互発展、国際競争力の強化を目指す

主催 ロボットサービスイニシアチブ(RSi)

共催 日本ロボット学会, 計測自動制御学会 SI部門,
 ロボットビジネス推進協議会

協賛 NEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構) ,
 APEN (Asia Professional Education Network)
 電子情報通信学会クラウドネットワークロボット研究会,

後援 産業技術大学院大学, はこだて未来大学

協力 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



※成果はコンテスト参加者で共有し、
仕様化してRSNPプロトコルの上位層に組み込み

RSNPコンテスト2015

◆ 2015年度：応募作品

- i-RSNPにおける人数推移システムの提案（芝浦工大）【**最優秀賞（RSi賞）**】
- RSNPを用いたマルチコプター遠隔操作・モニタサービス(大阪市立大)【**優秀賞（計測自動制御学会SI部門賞）（ロボットビジネス推進協議会賞）**】
- サービスロボットとスマートデバイスの連携によるマーケティングプラットフォーム構築の試み（産技大）【**優秀賞（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を介した6軸ロボットアームの遠隔操作（芝浦工大）【**優秀賞（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を利用したプッシュ型の気象情報サービスの実現(未来大)【**特別賞（審査員特別賞）**】
- RSNPを利用した資産運用ポータル基盤の提案（産技大）【**部門賞（コンセプト部門賞）**】

- RSNPを用いたアンケートロボットの開発（芝浦工大）
- 視覚障がい者単独歩行補助システムにおけるRSNPを用いた画像マッチングシステムの提案(大阪市立大)
- 浴槽掃除ロボットサービスの設計と提案（日本福祉大）

**※成果はコンテスト参加者で共有し、
本統合基盤に組込んでいく**

□ **ロボットシステム構築に必要なソースやコンポーネントは比較的容易に入手できるようになった**

- PCL, OctMap, OpenCV, OpenNI, OpenRAVE, MoveIt!, KnowRob
- RTM/RTC, ROS
- RSi/RSNP

これらをサービスロボットに適用するには、多様な環境へ適合するための、アプリケーションの開発、柔軟なカスタマイズ、複雑なシステムインテグレーションが必要となる

□ **ロボットの非専門家である開発ユーザが参画可能なサービス統合基盤が必須！！**

非専門家向けフレームワークの目的

◆ ロボットの非専門家である開発ユーザが参画可能なサービス統合基盤が必須

- **ロボットの非専門家を対象としたサービス開発フレームワーク**
 - インターネット・クラウド上のロボットサービスとロボットとの連携技術であり、オープンで相互接続性が実現できるRSiの技術である；
RNSPを元に普及に配慮したサービス統合基盤を構築
- ロボット技術固有の複雑さや難しさを隠蔽
- ロボット技術を広範囲への適用を実現する

⇒ **知識の集積のためのプラットフォーム**

◆ 標準的な機能モジュールをベース機能として集約

- 非専門家が開発に参画できるインタフェースを提供すること
 - ロボット工学の知識を持たないソフトウェアプログラマ
 - ソフトウェアの知識をもたないロボットの専門家
 - ユーザシステムのオーナー（発注者）
 - エンドユーザ

◆ フレームワークの自己拡張構造

- アプリケーションや機能モジュールをフレームワークに組み込み、さらに多くの開発者に提供すること

◆ サービス開発フレームワーク

- 上位／実用レベルの付加価値サービスアプリケーション開発の礎
- 上位モジュールとしてユーザレベルのアプリケーションで比較的広く用いられるであろう汎用機能を提供すること

非専門家向けフレームワークと成果の統合

◆ 非専門家向けフレームワーク

- **ロボットの非専門家を対象にしたRSNPを元に普及に配慮したサービス統合基盤**
サービス開発フレームワーク
- ロボット技術固有の複雑さや難しさを隠蔽
- ロボット技術を広範囲への適用を実現する
- 知識の蓄積のためのプラットフォーム

◆ アプリケーション・サービス

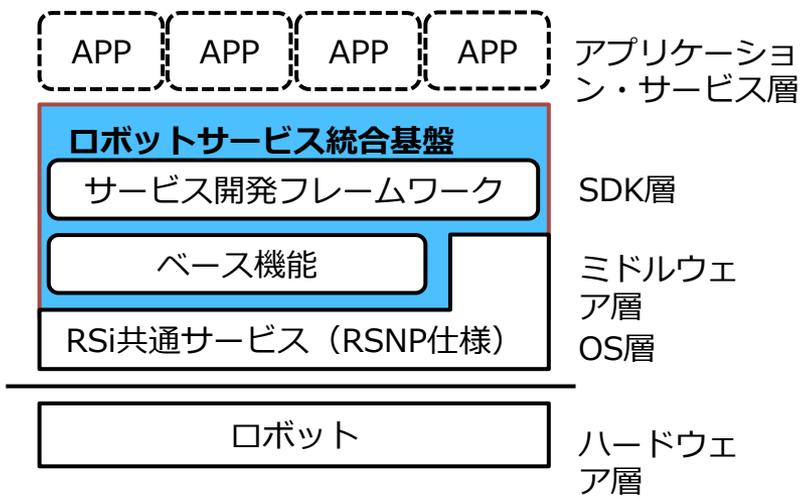
- ***アンケートサービス(2015) → 観光地、イベントでの利用のための機能群を検討**
- ***スタンプラリーサービス(2015)**
- シミュレーターとトレースサービス(2014)
- 多軸アーム(2015)
- ***ドローン(2015)**
- 気象情報サービス(2015)
- 人数推移システム(2015)

◆ サービス開発フレームワーク

- カスタムプロファイル(2015)

◆ ベース機能

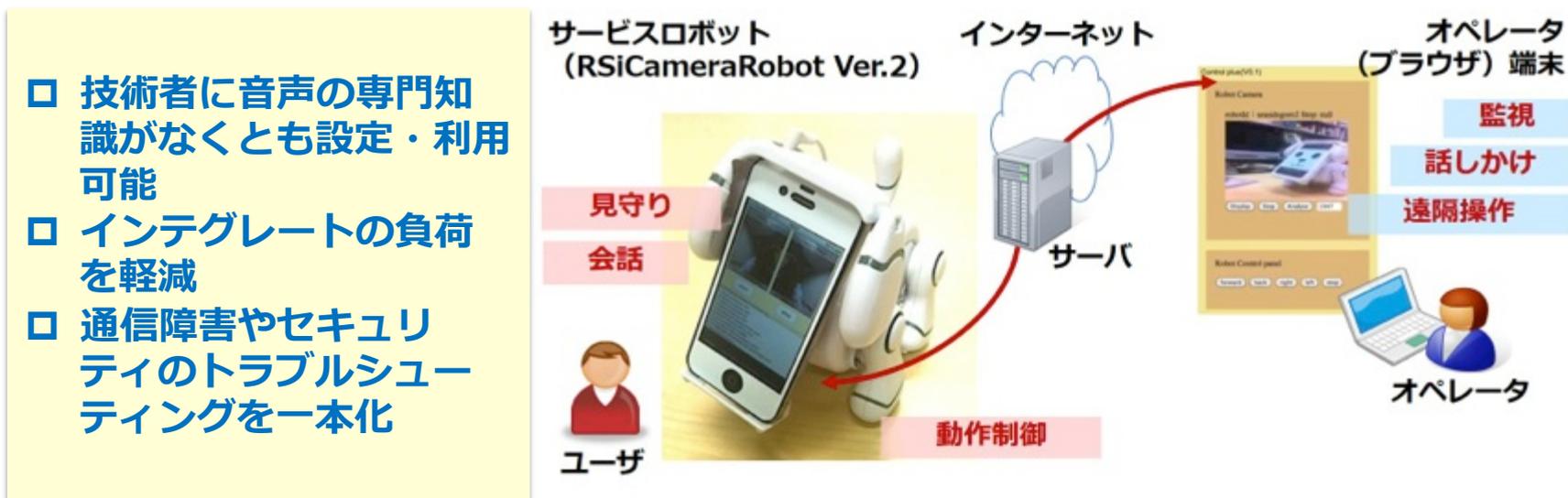
- **リアルタイム音声通信サービス(2013)**
- **RTCモジュール(SLAM) との連携(2014)**
- **T型ロボットとの連携(2015)**



音声通信の統合

◆ 音声通信モジュールを利用したロボットによる見守りサービス

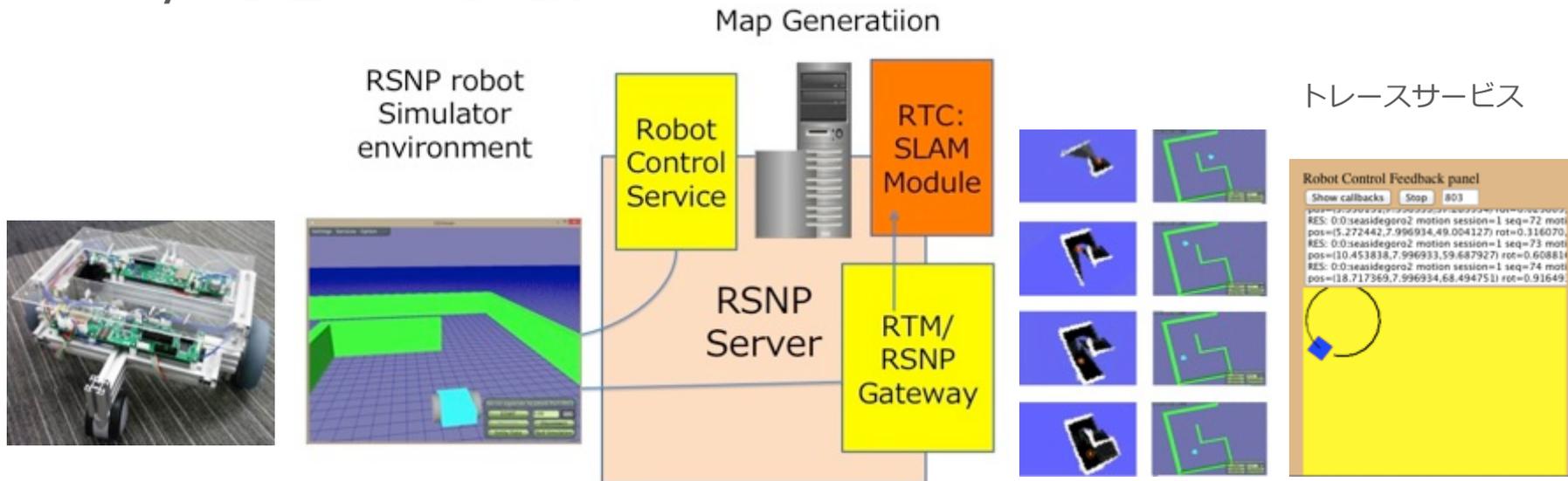
- ロボットサービスプラットフォームに音声通信を統合し、オペレータとサービス対象ユーザの双方向の会話を実現する音声通信モジュールを開発
- ロボット用のネットワーク基盤と音声ネットワークを一本の経路で実現
- RSNP の MultimediaプロファイルとContentsプロファイルを拡張
- コールバック機構に加えて、キューイング機構を導入



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

移動ロボット向け統合環境

- ◆ RTミドルウェア(RT-Middleware: RTM)との連携
 - 汎用RTM/RSNP gateway、汎用プロセス間連携手法を開発
- ◆ RSNPシミュレーション環境の実現
 - RSNPとSIGVerse（国立情報学研究所）を接続しRSNPシミュレータ環境を実現する
- ◆ 環境地図作成RTコンポーネント（SLAM）との連携
- ◆ トレースサービス
 - シミュレーター固有の機能を使って、衝突、エラー等の回復処理も扱う
 - 移動ロボット向けツールキットのベース
- ◆ Raspberry Pi とT型ロボットとの連携



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

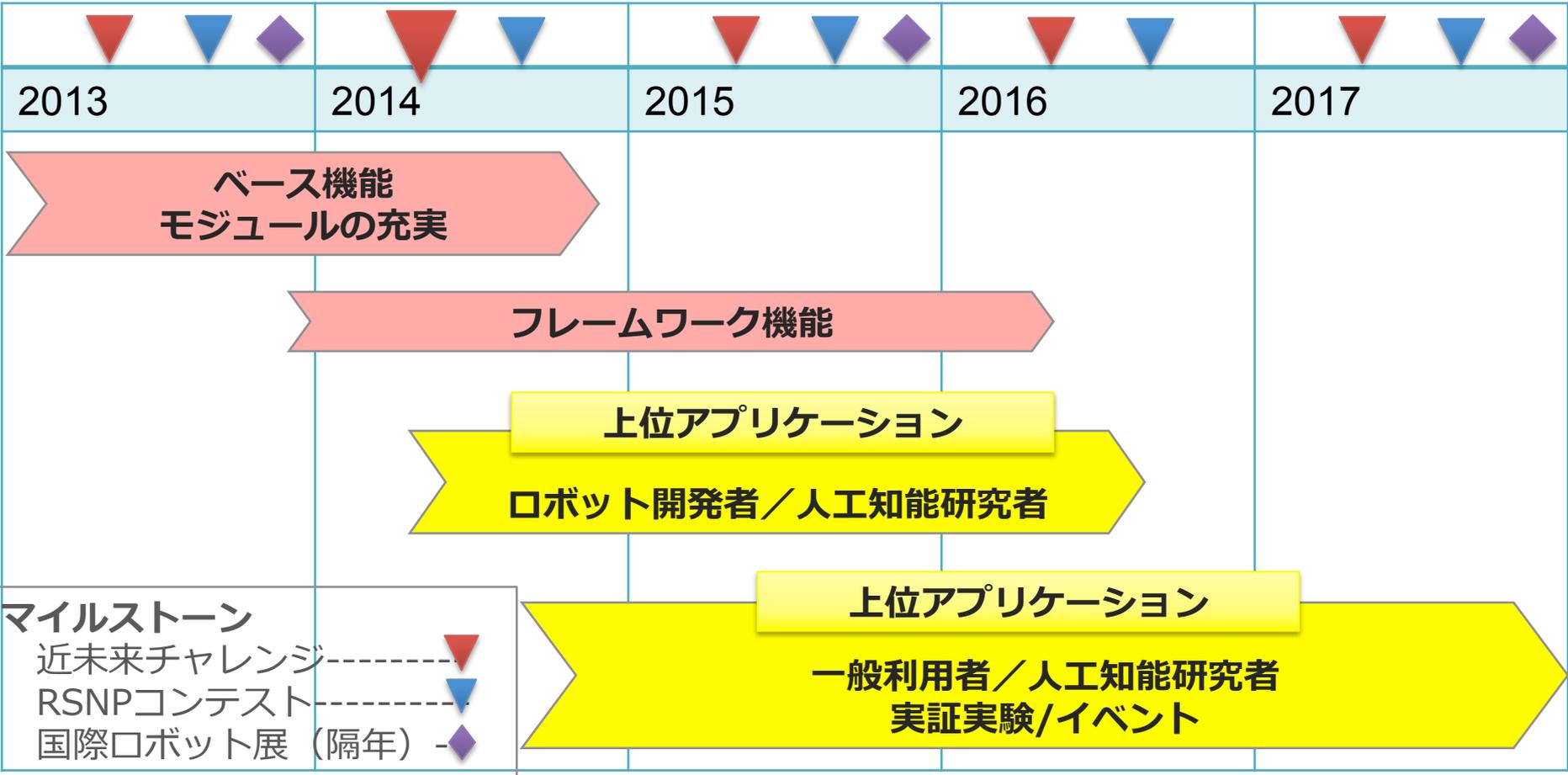
自己拡張機能

- ◆ 課題：RSNPのプログラミングに於いてユーザ定義のプロファイルを作れない→非専門家向け機能モジュール開発／提供に障害
- ◆ 解決
 - 自己拡張機能を開発し解決した
 - アンケートプロファイルをこれを用いて開発し、ロボットサービスのマーケティングの実証実験システムの短期開発に貢献
- ◆ 技術
 - Data_push_profile(任意のデータ型を転送) を用いて上位層であるユーザ定義プロファイルのxmlデータをラップして通信。これを容易に行うための、javaのライブラリ群を開発し提供した
 - ユーザ定義プロファイル開発者はユーザ定義プロファイルを作成する。
→JavaのAPIをロボットサービス開発者に提供
 - ロボットサービス開発者は、ユーザ定義プロファイルを用いてロボットやサービスアプリケーションを作成する

AI学会近未来チャレンジプロジェクトとして

◆ 5年間の計画

Now!!



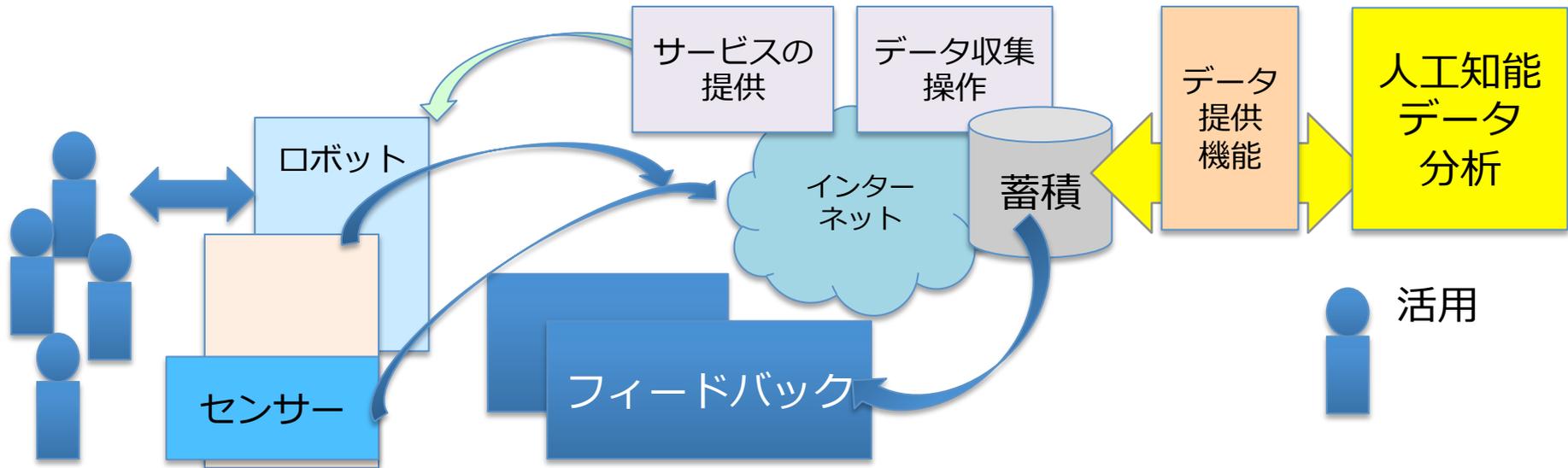
AI学会近未来チャレンジプロジェクトの 2016セッションの発表

- ◆ 「クラウドベースのロボットサービスの統合基盤」とその活用例
 - 産技大
- ◆ IoTフィードバック系によるロボットサービスとIoTの融合の試み
 - 株式会社インフォコーパス
- ◆ 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
 - 東京海洋大学
- ◆ 遠隔訪問ロボットのシナリオ
 - 名城大学
- ◆ 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
 - 芝浦工大
- ◆ 「R-env:連舞」クラウド対応型インタラクション制御技術
 - NTTサービスエボリューション研究所
- ◆ ロボットサービスのためのRSNPによる気象情報サービスの実現
 - ◆ 公立はこだて未来大学 上位アプリケーション
- ◆ テレプレゼンスロボットのための遠隔ナビゲーション手法
 - 東京女子大学
- ◆ 信頼関係構築を目的とした雑談ロボット
 - 奈良先端科学技術大学院大学
- ◆ コミュニケーションロボットのためのクラウドを用いた対話生成とユーザログ獲得
 - 首都大学東京

ロボットサービスによるアクティブセンシングと IoT

ロボットサービスの マーケティングへの展開の提案

- ITシステム, センサーデバイスと連携
- 直接利用者にロボットサービスを提供
+ 間接利用者にロボットの利用者や周辺の情報进行分析し結果を提供
⇒ マーケティング活動への適用
⇒ 分析結果をロボットの応対にフィードバックし, 直接利用者の満足度を向上
- 必要な機能を上位モジュールとして実装
アンケートプロフィール, リアルタイムデータ提供機能…etc.
- 相互運用性を生かし, 多様な複数台ロボットを利用できる



サイネージロボット

特徴

- ◆ タッチパネル式ディスプレイやタブレット端末、小型PCにより低費用で構築可能
- ◆ 音声合成、画像通信
- ◆ 本基盤を統合
 - アンケート収集機能
 - 音声リアルタイム通信

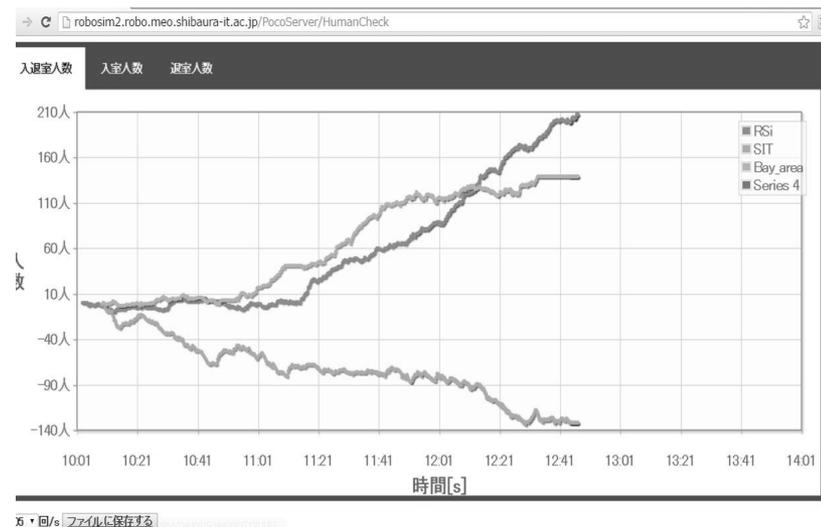
アンケート収集機能

- ◆ ロボットと、回答者のid毎に、質問を用意できる
- ◆ 質問はサーバに用意し、定義体を入れ替えることができる
- ◆ アンケートの前、後、設問本体読み上げ



人数推移システム

- レーザレンジファインダを用いてスキャン範囲で人の動く方向を検出
- スキャン範囲が4m
- 得られた結果を、サーバに送信し蓄積
- データの送信には RSNPの Datapush_Profile の push_data を用いている
- 今後、自己拡張機能を用いて本統合基盤に組み込んでいく



小型ロボット

◆ 安価な小型ロボットの試作により、ロボットを持たない多様な分野の開発者の、ロボットサービス開発への容易な参加を促進

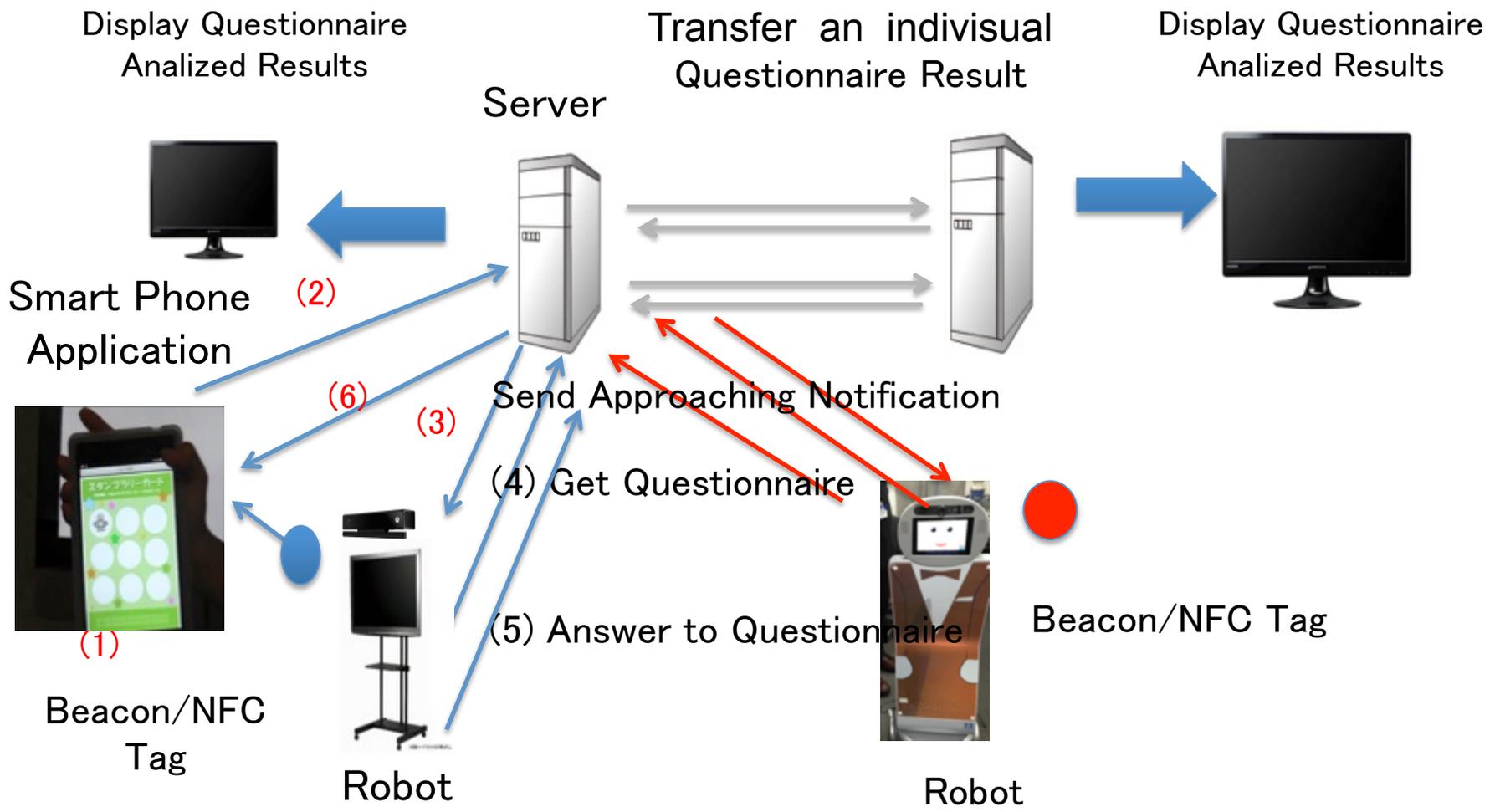
- RSiCameraRobot (iPhone) AppStoreに登録
- Raspberry Pi
- LEGO ROBO(WindowsPC, Android)
- レーザレンジファインダ
北陽電機社 URG-04-LX-U
- スマートペット(iPhone)
- ヴィストン ローバ(iphone)
- ベビロイド
- Falcon
- T型ロボット
- 人数推移システム
- RAPIRO
- サイネージロボット



- 他, RSNP対応したロボット
Enon/ Wakamaru/ アプリアルファ
Ifbot/ AIBO/ キュリオ/ Maron/着せ替え案内ロボ

アンケートプロフィールによる アクティブセンシング

動作の流れ



アンケートプロフィールの仕様

◆ sendApproachingNotification_profile

- 利用者の近接通知の送信

◆ EnqueteProfile(アンケートプロフィール)

- sendApproachingNotification_profile
- Get_enquete_data アンケートの設問を取得 (省略可)
- Answer_enquete アンケートの回答送信

◆ Transfer_enquete_data_profile

ロボットから得られた情報をクラウド上の人工知能システムへ転送してリアルタイムで分析するなどに行うことができる

- TransferEnqueteData

ロボットサービスイニシアチブ(RSI)、バイエリアおもてなし研究会
(芝浦工業大学、東京都立産業技術研究センター)と共同で複数
ロボットを連携させたスタンプラリーサービスの実証実験を実施

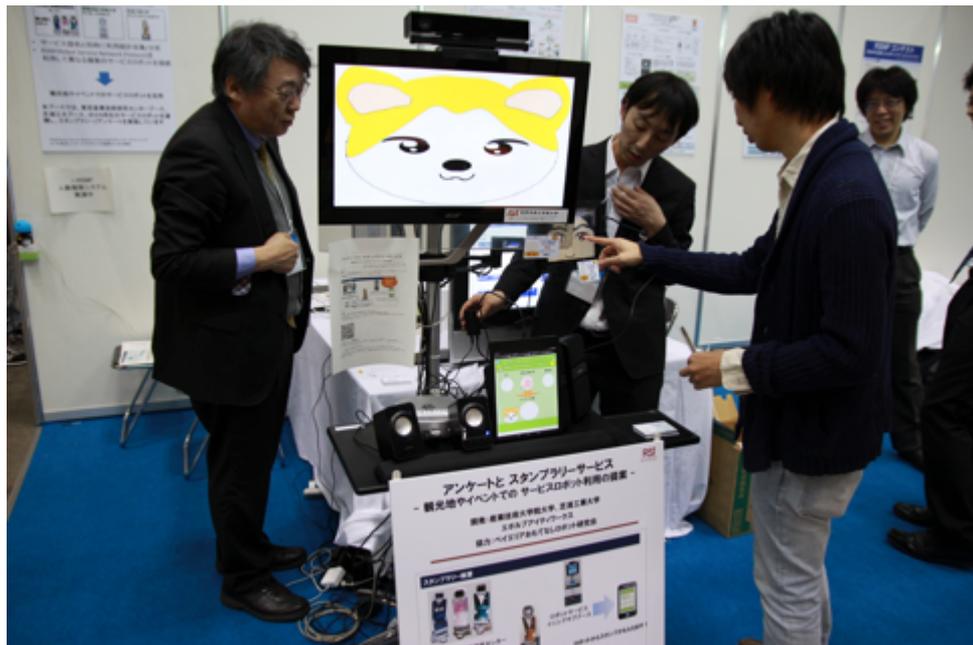
出展分野 情報 環境 医療・福祉 機械・金属

第18回 中小企業による国内最大級のトレードショー
産業交流展2015

会期 : 2015年11月18日～20日
会場 : 東京ビッグサイト

2015国際ロボット展
INTERNATIONAL ROBOT EXHIBITION 2015

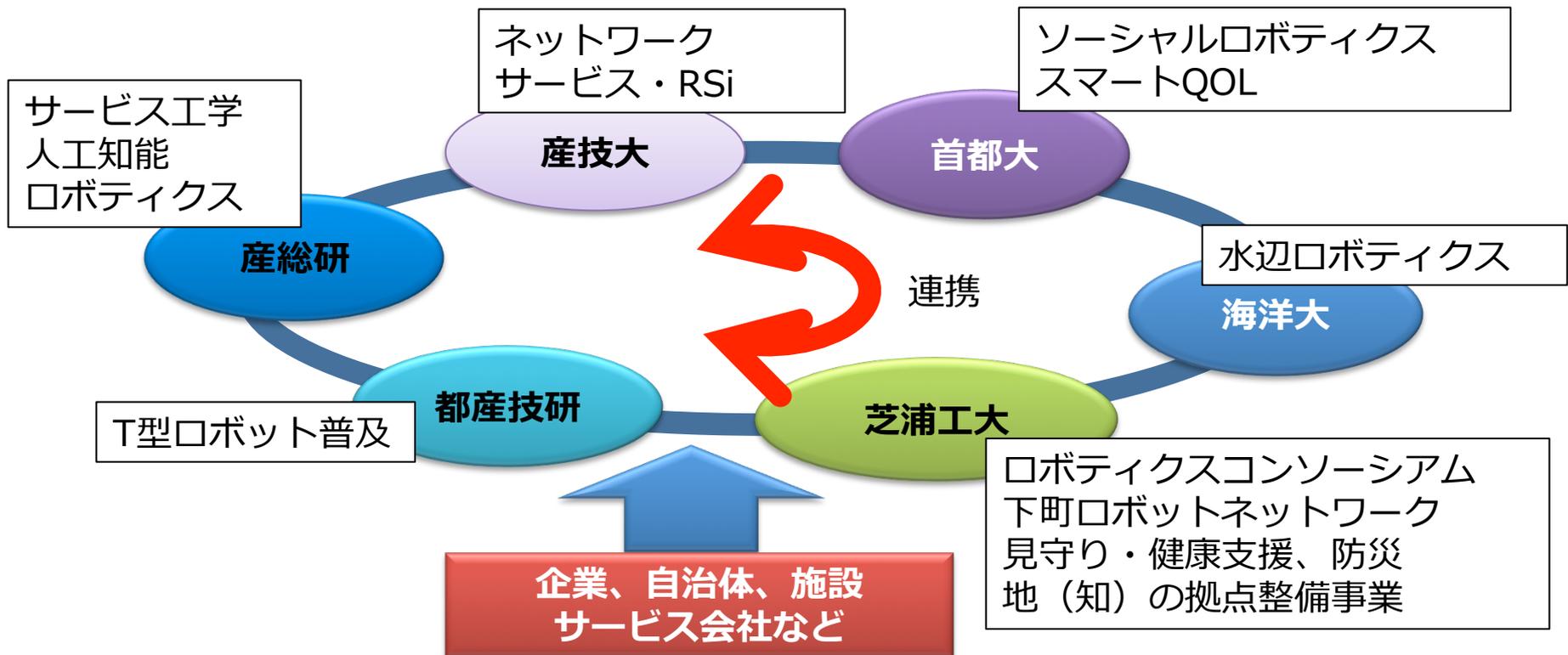
会期 : 2015年12月2日～5日
会場 : 東京ビッグサイト



国際ロボット展での展示風景

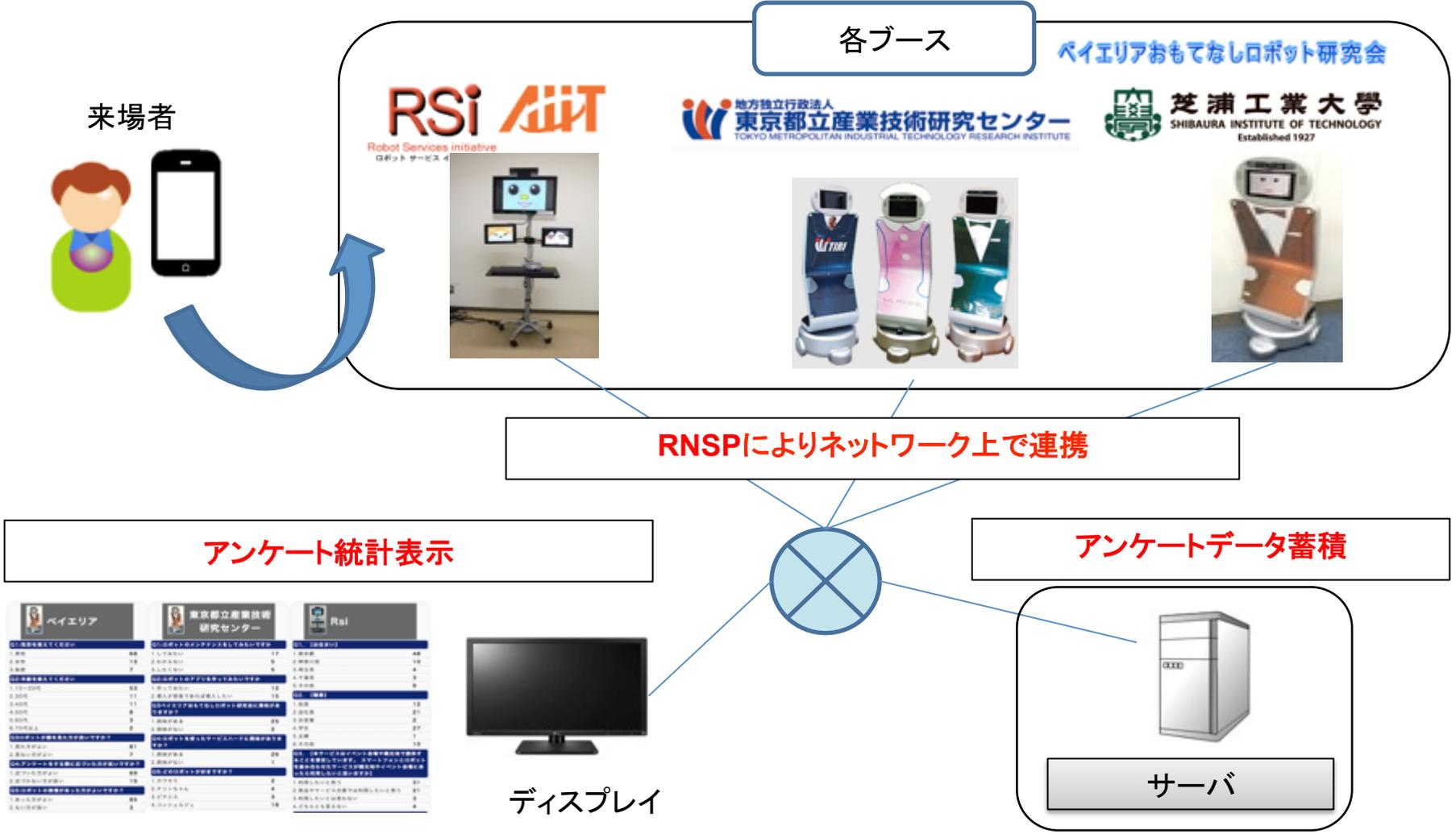
Bay area Omotenashi Robotics Research Link

- 地域で連携して課題解決にロボット技術の活用を目指す
- サービス工学+まちづくり+ロボティクスの融合によるイノベーション創出



実証実験に用いたスタンプラリーサービス

- アンケートプロフィールを活用してスタンプラリーサービスを開発
- 2種類のロボットに実装し、連携して運用した(国際ロボット展)





バイエリ ア

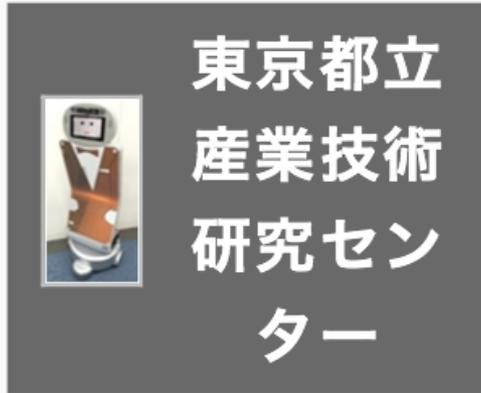
Q1:性別を教えてください

1.男性	46
2.女性	7
3.秘密	6

Q2:年齢を教えてください

1.10～20代	35
2.30代	9
3.40代	6
4.50代	6
5.60代	1
6.70代以上	2

Q3:ロボットが顔を見た方が良いですか？



東京都立 産業技術 研究セン ター

Q1:ロボットのメンテナンスをしてみたいですか

1.してみたい	17
2.わからない	5
3.したくない	5

Q2:ロボットのアプリを作ってみたいですか

1.作ってみたい	12
2.導入が容易であれば導入したい	15

Q3:バイエリアおもしろいロボット



Rsi

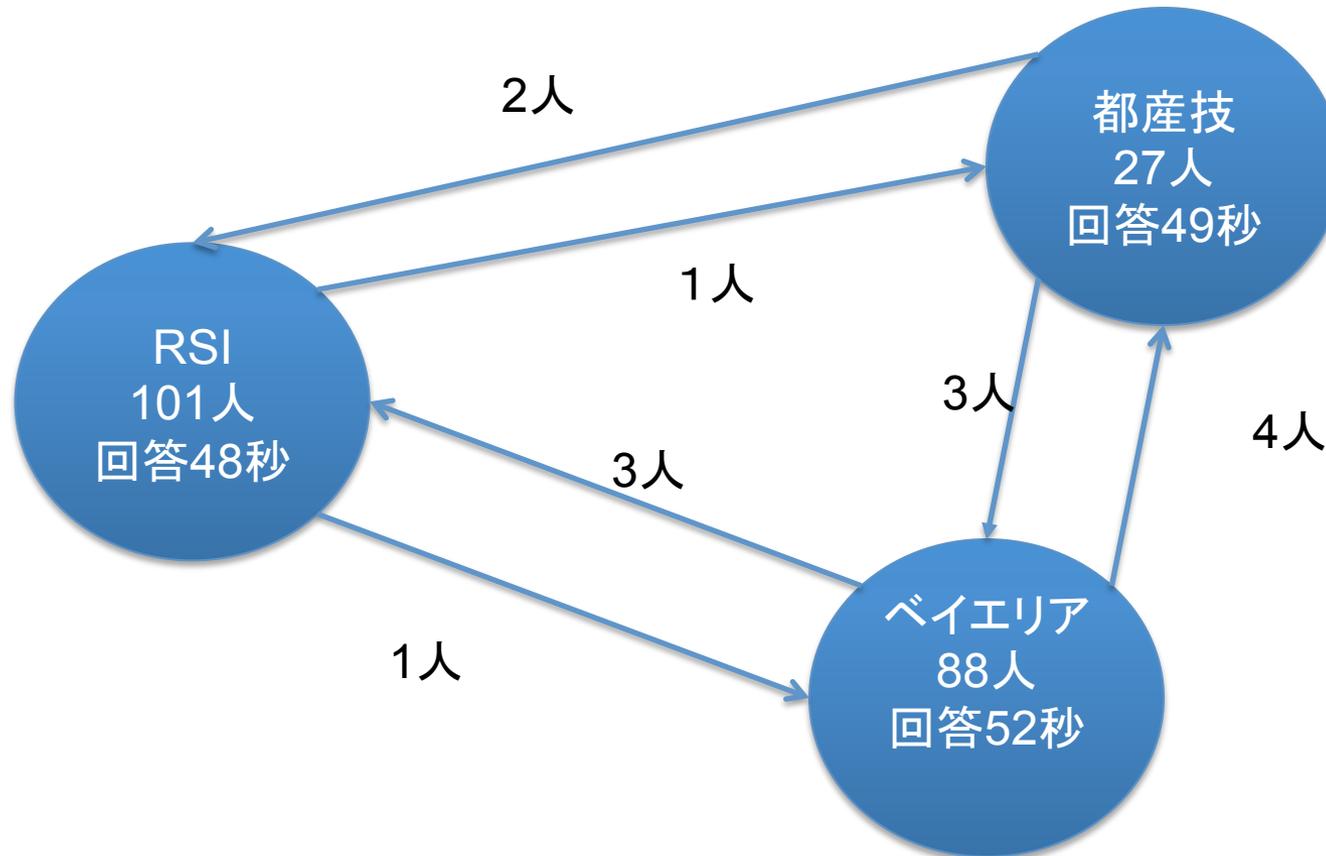
Q1. 【お住まい】

1.東京都	47
2.神奈川県	10
3.埼玉県	3
4.千葉県	3
5.その他	8

Q2. 【職業】

1.役員	11
2.会社員	20
3.自営業	2
4.学生	26
5.主婦	1
6.その他	10

人の行動履歴 ロボット展



ブース間の移動時間は、ばらつきが大きい

- 最短:52秒、最長:54分
- 単純平均は14分(あまり有為ではない)

人の行動履歴 産業展 時間帯別

時刻(1H) [延べ]	10時～	11	12	13	14	15	16	合計
12月2日 (人)	2	9	12	11	7	2	3	46
12月3日 (人)	5	10	14	5	7	6	1	48
12月4日 (人)	10	20	14	7	15	20	12	98
12月5日 (人)	8	10	5	14	27	14	12	90

- 当然だが、金曜日、土曜日が圧倒的に多い
- 平日(除く金曜日)は12時～13時がピークで、午前が多い(これは一般的か)
- 金曜日は会社を早じまいで来た人が多いのか、15時がピーク
- 土曜日は午後早めがピーク
- 説明員は、13時頃、あるいは12時頃食事にいった(ように見える)
- 産業交流展に比べて、入りが悪い。他社の競合のためなのかもしれない

◆ 今回の結果から得られること

- アンケートの取得だけでなく、来場者の細かい行動履歴が取得
- 人数推移システムは来場者の別種類の行動を知る
- 来訪者がロボットに興味を持って接していることが観察され、呼び込みロボットの声と仕草により、子供と大人に関わらず来場者の注意を惹く事ができる
- 展示会、イベント、観光等での利用
- 低価格なサイネージロボットは、従来型のロボットと組み合わせた利用

◆ 産総研人工知能研究センター本村氏

- 利用者毎のID付アンケートや購買行動履歴データを収集し、機械学習手法にて分析し活用する技術、ビッグデータ活用技術はマーケティングへの応用に有効
- イベント会場内での利用者の多様な行動をデータとして収集し、実際の行動と対応したアンケートをその場で収集することで、従来のマーケティングを越えるセグメント化や行動分析や利用者の嗜好性分析の可能性

メディアへの掲載

- メディアへの発表 2016/1/22
 - 一般紙(日刊工業、日経)、デジタルメディア



YOMIURI ONLINE

2016年(平成28年) 1月 22日 金曜日(赤口) **日刊工業新聞**

ニュース	動画	特集・連載	マイページ
機械	ロボット	ICT	エレクトロニクス
自動車・輸送機	化学・金属・繊維	環境・エネルギー	医療・健康・食
商社・流通・サービス	政治・経済	金融・商況	地域経済
中小・ベンチャー	科学技術・大学	人物	オピニオン
モノづくり日本会議	友の会	特集・広告	企業リリース
		人事・機構改革	マイニュース
			マイクリップ

トップ > 企業リリース > 記事

企業リリース

芝浦工大・産技大・都産技研、オリンピックでの実証を目指し“おもてなしロボット”のネットワーク連携実験に成功

(2016年1月22日)

芝浦工業大学 2016年1月22日 10時30分
産業技術大学院大学
首都大学東京

芝浦工業大学(東京都江東区/学長 村上雅人)と産業技術大学院大学(東京都品川区/学長 石島辰太郎)、首

SankeiBiz ここbiz 企業 政策・市況 暮らし 社会

芝浦工大、産技大、都産技研による研究会、オリンピックでの実証を目指し、“おもてなしロボット”のネットワーク連携実験に成功

2016.1.22 10:32 [G+](#) [0](#) [ツイート](#) [おすすり](#) [0](#) [シェア](#)

【注目】40代の方へ、転職後の年収ランキング公開中【PR】

芝浦工業大学(東京都江東区/学長 村上雅人)と産業技術大学院大学(東京都品川区/学長 石島辰太郎)、首都大学東京(東京都八王子市/学長 上野淳)らによる「ベイエリアおもてなしロボット研究会」(※1)は、現在開発中のおもてなしロボット「コンシェルジュ」とサイネージロボット(※2)をスマートフォンやICカードと連携させ、人が複数のロボットへ接触することによって、その間の行動履歴を取得できる実験システムを開発しました。



今回の実験では、3地点のブースを使ったアンケート形式でのスタンブラリーを通して、アンケート集計だけでなく巡回ルートや移動時間といった間接情報の収集を行うことができました。さらに機能強化を行うことで、過去や現在の情報を元に、利用する先々で個人にマッチしたサービスを提供することが可能となります。

今後はネットワーク化を強化しつつ技術開発を行い、2016年に10数台を商業施設で、2020年には東京オリンピック・パラリンピックの会場周辺で100台規模の実証実験を目指します。

おもてなしロボット「コンシェルジュ」1
https://www.atpress.ne.jp/releases/88027/img_88027_1.jpg

おもてなしロボット「コンシェルジュ」2
https://www.atpress.ne.jp/releases/88027/img_88027_2.jpg

まとめと考察

- ◆ ロボットソフトウェアプラットフォームの動向を概観し、RSiの活動・成果、RSNPにより実現されているロボットサービスについて紹介した。
- ◆ ロボットソフトウェアプラットフォームについては、要素技術のオープン化、インターネット・クラウドとの連携、IoT、人工知能との連携が進み、ロボットへの新規参入、ロボットの低価格化が加速している
- ◆ RSiの活動とRSNPでは、非専門家向けプラットフォームとRSNPコンテストロボットサービスによるアクティブセンシングと国際ロボット展等での実証について説明した。
- ◆ ロボットサービスによるアクティブセンシングの動きや応用サービスについては、今後様々な試みが想定されるが、以下が重要になると思われる：
 - ユーザからは、類似サービスの統合の要求が予想され、相互接続の要求
 - ロボットにおけるサービスの公開性が要求され、プラットフォームの必要性
- ◆ 一方、ロボットがクラウドと連携することで、クラウド側企業によるコントロールが強まり、ロボット屋の自立性が問われることになる

お誘い

- RSNPコンテスト2016
- RSiへの入会のお誘い

◆ RSNPコンテスト 2016

- インターネットとロボットの融合は新しい分野. 魅力あるロボットサービスの提供, 知識/経験の集積, ロボット業界/ソフトウェア業界の相互発展, 国際競争力の強化を目指す

2016年 第6回 RSNPコンテスト募集

主催 ロボットサービスイニシアチブ(RSi)

共催 日本ロボット学会, 計測自動制御学会 SI部門,
 ロボットビジネス推進協議会

協賛 NEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構) ,
(予定含む) APEN (Asia Professional Education Network),

後援 産業技術大学院大学, はこだて未来大学, 芝浦工業大学

協力 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

Webサイト <http://robotservices.org/contest/2016/>

◆ 第34回ロボット学会学術講演会オルガナイズドセッション

- RSNPに限らず, モバイル・遠隔操作・各種ロボットサービス

RSiへの入会のお誘い

- ◆ ホームページ <http://robotervices.org>
- ◆ 正会員
- ◆ 協力会員

RSiへの入会を希望される方は、HPあるいは配布USBの「RSi会則と申込書」にある入会申込書に記入の上、FAXもしくは郵送にて、RSi事務局（〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館 FAX 03-3578-1404）までご送付ください。

どうもありがとうございました
