
人を見守る共生型ロボットネットワークシステムの開発と展開

株式会社キビテク 代表取締役 吉海智晃

機微 × Technology

目次

1. 会社紹介
2. 人を見守る共生型ロボットネットワークシステムの概要
3. 共生型ロボットネットワークシステムを構築する技術基盤
4. プロトタイプ紹介
5. デモンストレーション
6. まとめ

目次

1. 会社紹介

2. 人を見守る共生型ロボットネットワークシステムの概要

3. 共生型ロボットネットワークシステムを構築する技術基盤

4. プロトタイプ紹介

5. デモンストレーション

6. まとめ

キビテク紹介

目指すもの

- ・ 道具の代替ではない、心の機微に触れる技術を作る。
- ・ その営みに関わる開発者が、発信力を持ち生き生きと創造に携われる場を社会に提供する。

強み

- ・ 幅広い技術の必要な、ロボット工学を背景とした技術領域での迅速な開発
- ・ 研究開発の必要な開発(学術論文からの実装など)

◆設立

2011年(平成23年)

◆本社所在地

〒102-0072

東京都千代田区飯田橋1-5-6

◆主なお取引先

国内大手メーカー研究所

国内ベンチャー企業

国内大学法人

外資系大手IT企業

ほか

◆業務実績の例



Patin (FlowerRobotics社.)

- ・制御回路のすべて
- ・AI ソフトウェア



全方位置動AGV
(自社開発)

その他

- ・ヒューマノイドロボット関連アルゴリズム検証
- ・ヒューマノイドロボット関連機能プラグイン開発
- ・Android, iOSアプリ開発
- ・研究用BLE通信デバイス
- ・LoRa通信遠隔操作デバイス
- ・移動支援クレーン
- ・ロボット状態表示Webシステム
- ・複数ドローン制御 など多数

代表取締役プロフィール 吉海智晃 / 林まりか



吉海智晃(代表取締役)

学歴・職歴

東京大学大学院 情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻博士課程修了。博士号取得。

東京大学大学院 情報理工学系研究科 創造情報学専攻 特任講師(2008-2012)

東京大学稲葉研究室にて人型ロボットの知能の研究に12年間従事。

資格

博士(情報理工学)



林 まりか(代表取締役)

学歴・職歴

東京大学大学院 学際情報学府 学際情報学専攻博士課程修了。博士号取得。

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

東京大学稲葉研究室にてロボットの柔軟触覚の研究に従事。IPA未踏事業では繊細なふれあいセンサ開発に従事。

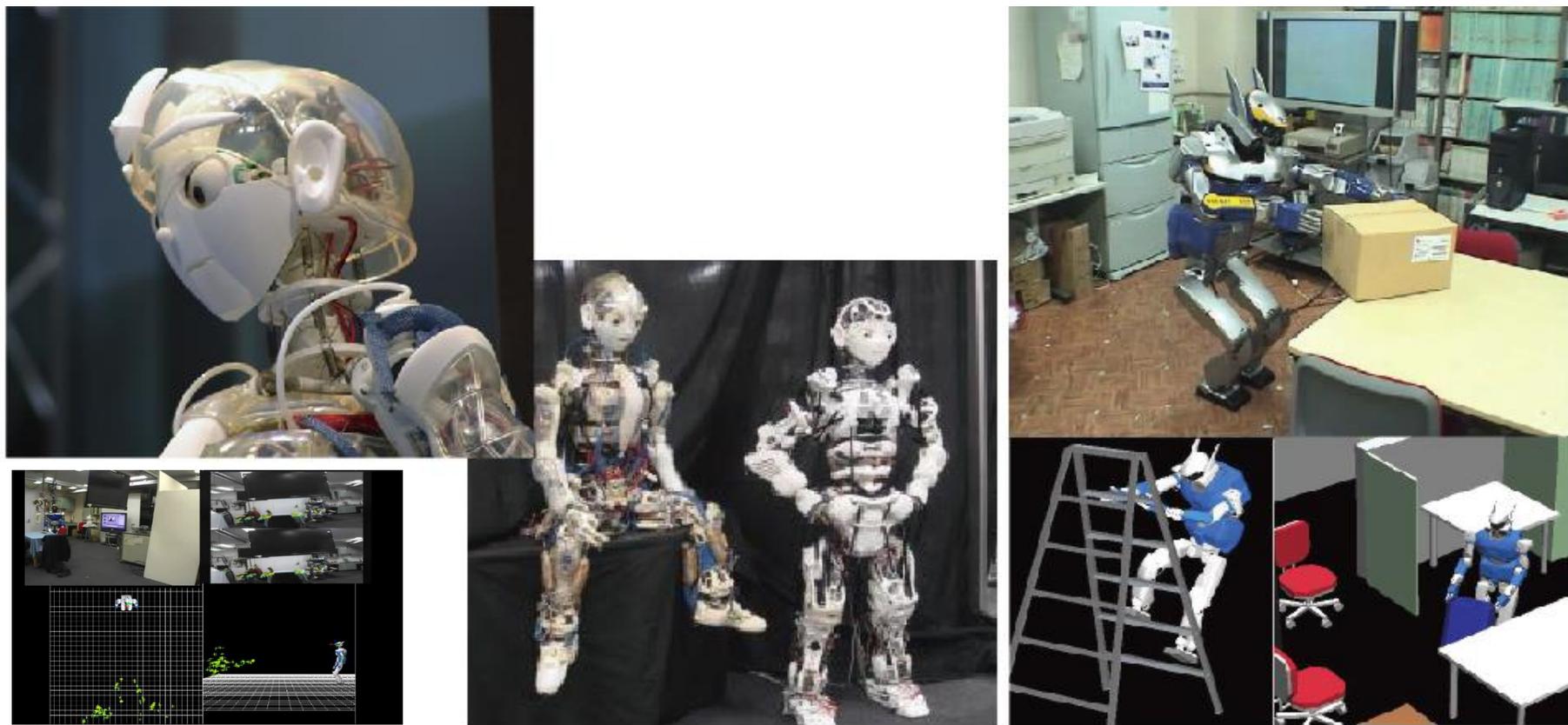
資格

博士(学際情報学)、情報処理推進機構(IPA)スーパークリエイター

メンバー個人実績 1/2

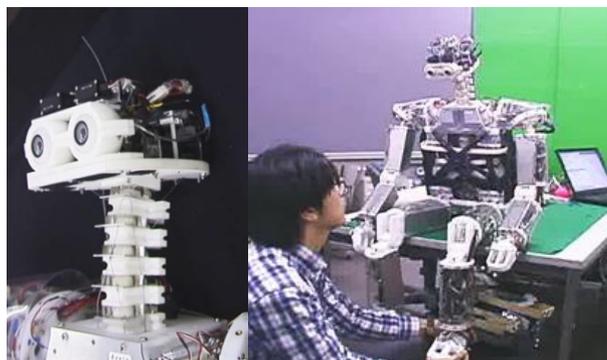
等身大人型ロボット、柔軟な触覚外装を持つ人型ロボット、自律反射に基づくロボットの行動生成ソフトウェア、触覚センサ情報処理、新型触覚センサ(特許登録済、製品化されました)を開発した

➤技術ポイント: 機構、回路、組み込みソフトウェア、人工知能各種技術と統合システム構築技術



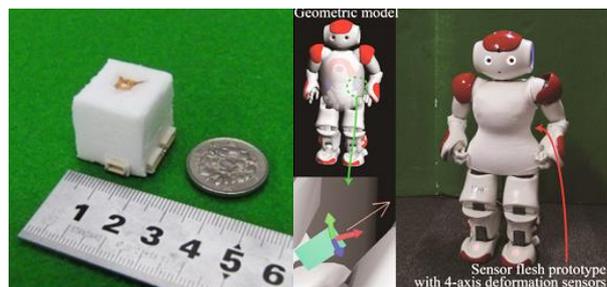
※役員前職 (東大情報システム工学研究室) での成果の一部です。

メンバー個人実績 2/2



内骨格型等身大人型ロボットの開発

ハードウェア設計製作、自律反射に基づく行動修正システム



三次元変形センサの開発と人型ロボットへの適用

特許取得、実用化済



柔軟触覚外装を持つロボットの開発

センサ、機構、触覚反応行動システム
センサ用ネットワークシステムの開発

※役員前職 (東大情報システム工学研究室) での成果の一部です。

目次

1. 会社紹介

2. 人を見守る共生型ロボットネットワークシステムの概要

3. 共生型ロボットネットワークシステムを構築する技術基盤

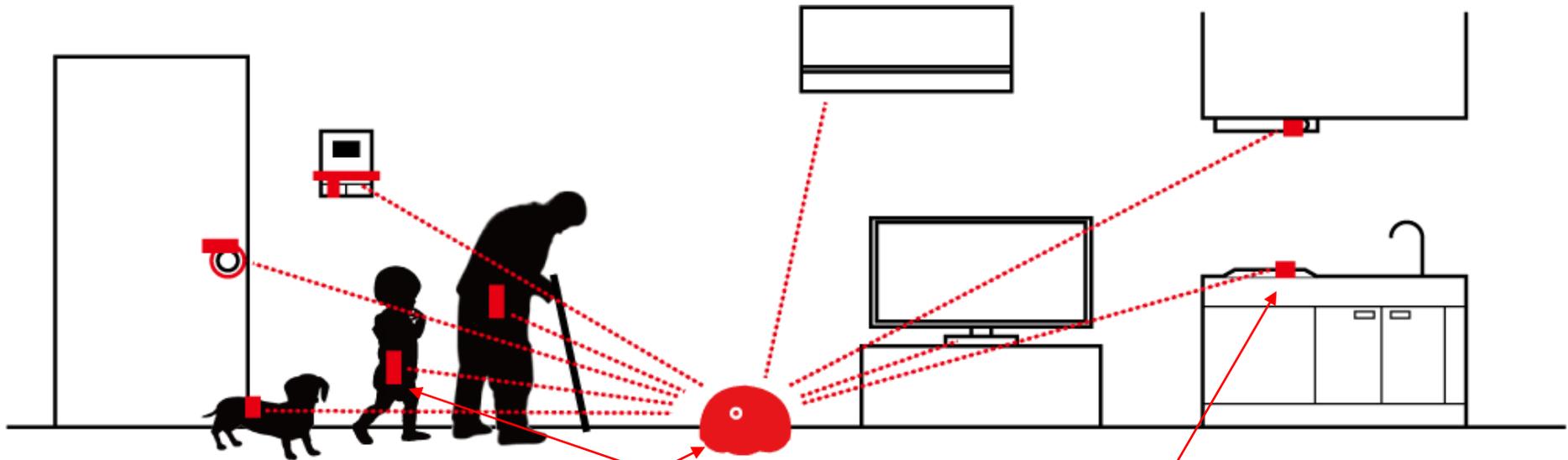
4. プロトタイプ紹介

5. デモンストレーション

6. まとめ

人を見守る共生型ロボットネットワークシステムとは

ロボットの機能要素を環境に分散配置することで、環境そのものをロボット化し、その中で生活する人々を見守り、サービスを提供するシステムのこと



親機ロボット

子機の制御、クラウドとの通信

- センサフュージョンによる異常状態検出とアラート
- 行動予測に基づく機器操作
- 周辺状況把握 ・周辺子機と無線接続しサーバとなる
- クラウドと接続し、相互通信を行う

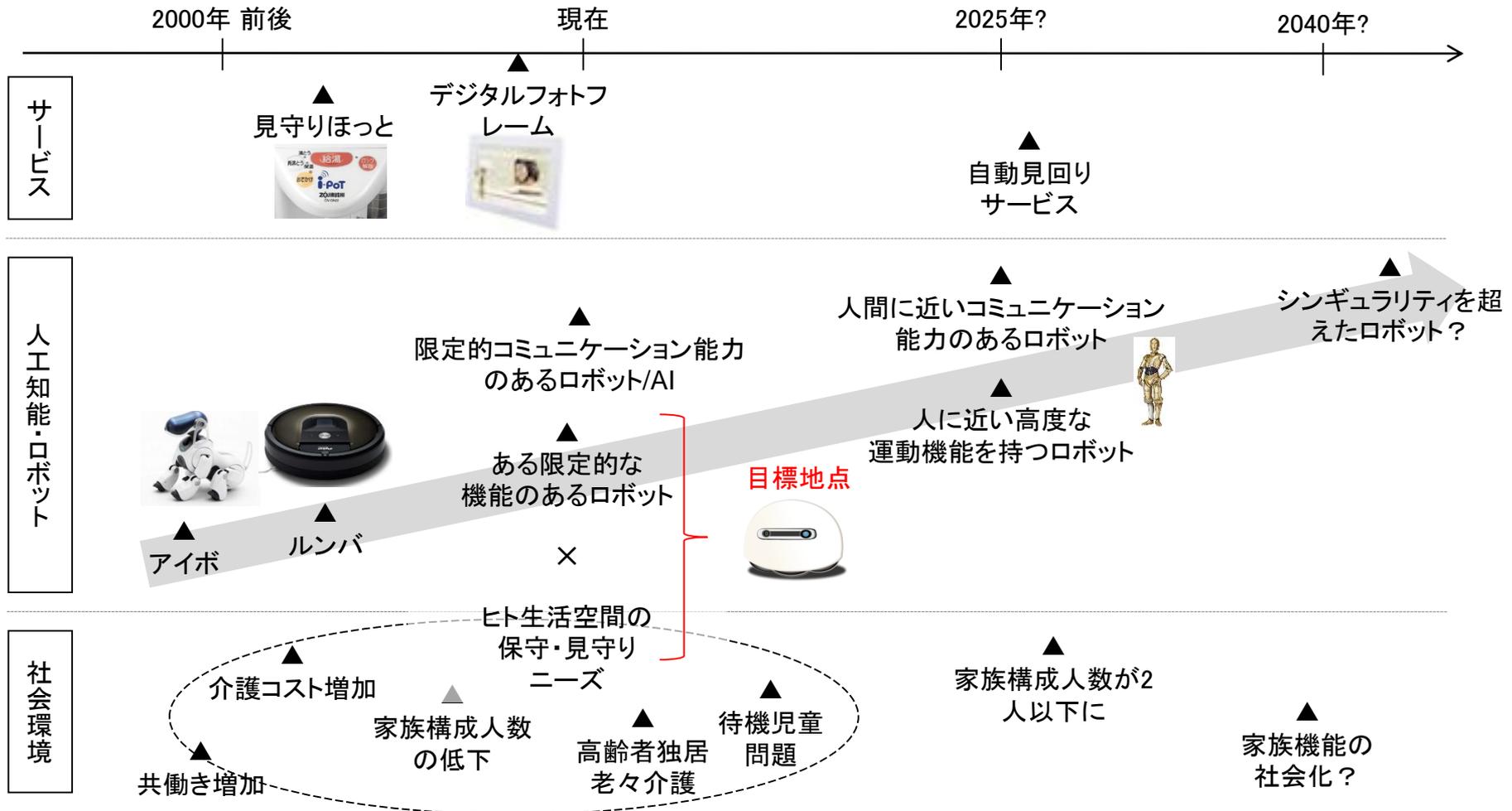
子機ロボット

生活者に取り付き計測／環境に取り付き操作

- 既存機器のスイッチを機械的に押す、簡易指ロボット
- その場における人の存在を検出する省電力センサ
- 見守り対象者の身体状態モニタのための小型携帯センサ

AI・ロボットの進化過程と目標とする地点の位置づけ

限定的機能のあるロボットでヒト生活空間の保守・見守りについてのニーズに対応



人を見守る共生型ロボットネットワークシステムのポジショニング



鬼頭精器
アイミーマ



donut robotics ユニファ MEEBO
シナモン



ユカイ工学 BOCCO

個体志向



MJI タピア



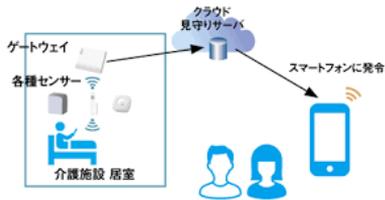
ポップRT 見守りカボちゃん



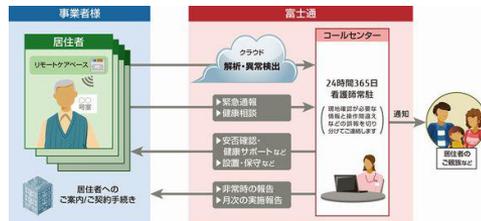
NEC PaPeRo i

コミュニケーション

情報処理/
システム連携



Z-Works Life Engine



富士通
居住者見守りソリューション



東急セキュリティ
見守りサービス



セコム
見守りサービス

群体／センサネットワーク志向

人を見守る共生型ロボットネットワークシステムのポジショニング



鬼頭精器
アイミーマ



donut robotics ユニファ MEEBO
シナモン



ユカイ工学 BOCCO

個体志向

・ロボットインターフェースを前面に押し出した構成

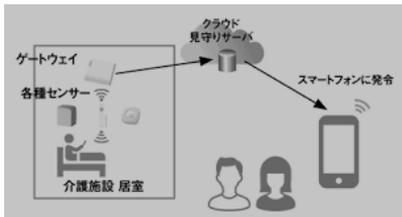
・利用者とのコミュニケーションがサービスの中核的な価値

NEG-PaPeRo

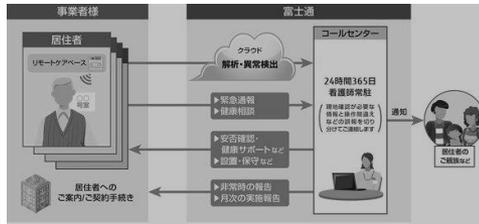


情報処理／
システム連携

コミュニケーション



Z-Works Life Engine



富士通
居住者見守りソリューション



東急セキュリティ
見守りサービス

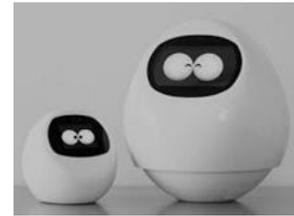
セコム
見守りサービス

群體／センサネットワーク志向

人を見守る共生型ロボットネットワークシステムのポジショニング

- **ロボットインタフェースを前面に押し出した構成**
- **ロボットインタフェースを起点として他の機器と連携**

個体志向



MJI タピア



ピップRT 見守りカボちゃん

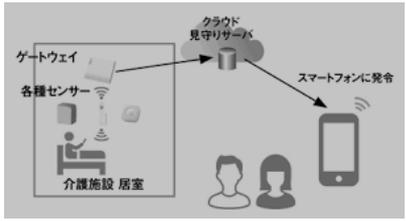


NEC PaPeRo i

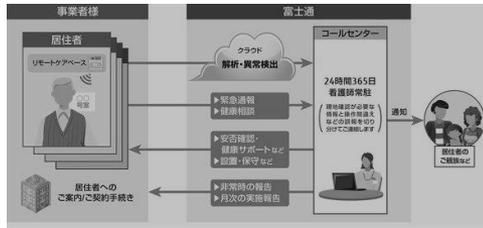
ユカイ工学 BOCCO

コミュニケーション

情報処理／システム連携



Z-Works Life Engine



富士通 居住者見守りソリューション

東急セキュリティ 見守りサービス

セコム 見守りサービス

群体／センサネットワーク志向

人を見守る共生型ロボットネットワークシステムのポジショニング



鬼頭精器
アイミーマ



donut robotics ユニファ MEEBO
シナモン



ユカイ工学 BOCCO

個体志向



MJI タピア



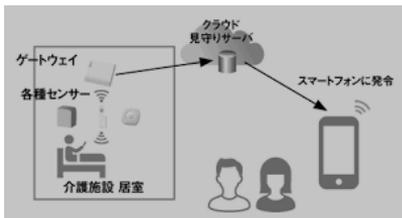
ピップRT 見守りカボちゃん



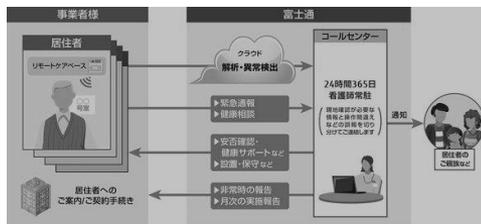
NEC PaPeRo i

情報処理／
システム連携

コミュニケーション



Z-Works Life Engine



富士通
居住者見守りソリューション

- 実際に人が駆けつける警備サービスとセンサネットワークの組み合わせ
- センサ情報処理そのものは比較的シンプル

東志セキエリテイ
見守りサービス

セコム
見守りサービス

群体／センサネットワーク志向

人を見守る共生型ロボットネットワークシステムのポジショニング



鬼頭精器
アイミーマ



donut robotics シナモン
ユニファ MEEBO



ユカイ工学 BOCCO

個体志向



MJI タピア



ピップRT 見守りカボちゃん



NEC PaPeRo i

コミュニケーション

情報処理 / システム連携

センサネットワークから得られる
大量のデータをクラウド上に集約
して、ビッグデータ解析

センサ情報処理自体も高機能化
を目指している



東急セキュリティ
見守りサービス

セコム
見守りサービス

群体 / センサネットワーク志向

人を見守る共生型ロボットネットワークシステムのポジショニング



鬼頭精器
アイミーマ



donut robotics ユニファ MEEBO
シナモン



ユカイ工学 BOCCO



MJI タピア



ピップRT 見守りカボちゃん



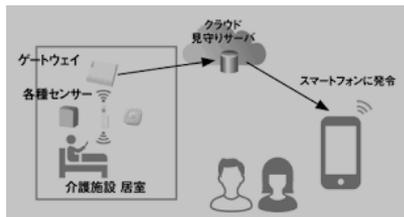
NEC PaPeRo i

**共生型ロボットネットワーク
駆動制御も伴う分散システム**

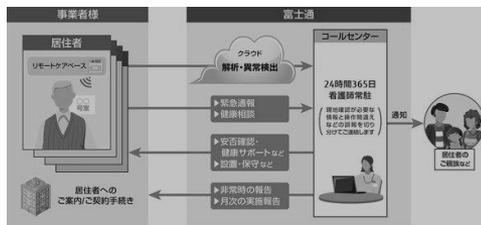
個体志向

コミュニケーション

情報処理/
システム連携



Z-Works Life Engine



富士通
居住者見守りソリューション



東急セキュリティ
見守りサービス

セコム
見守りサービス

群体／センサネットワーク志向

サービス、ニーズ仮説

知能ロボットの機能分解による環境ロボット化がポイント。様々なサービスへの展開が可能。

高齢者／子供／ペット
の見守りと遠隔操作
による生活支援



賃貸物件の遠隔制御型
内見サービス



郊外にある別荘の
警備・内環境の管理



夜間等の家宅侵入者の
検出と警報



工場内で、離れている地点の
機器の操作や監視

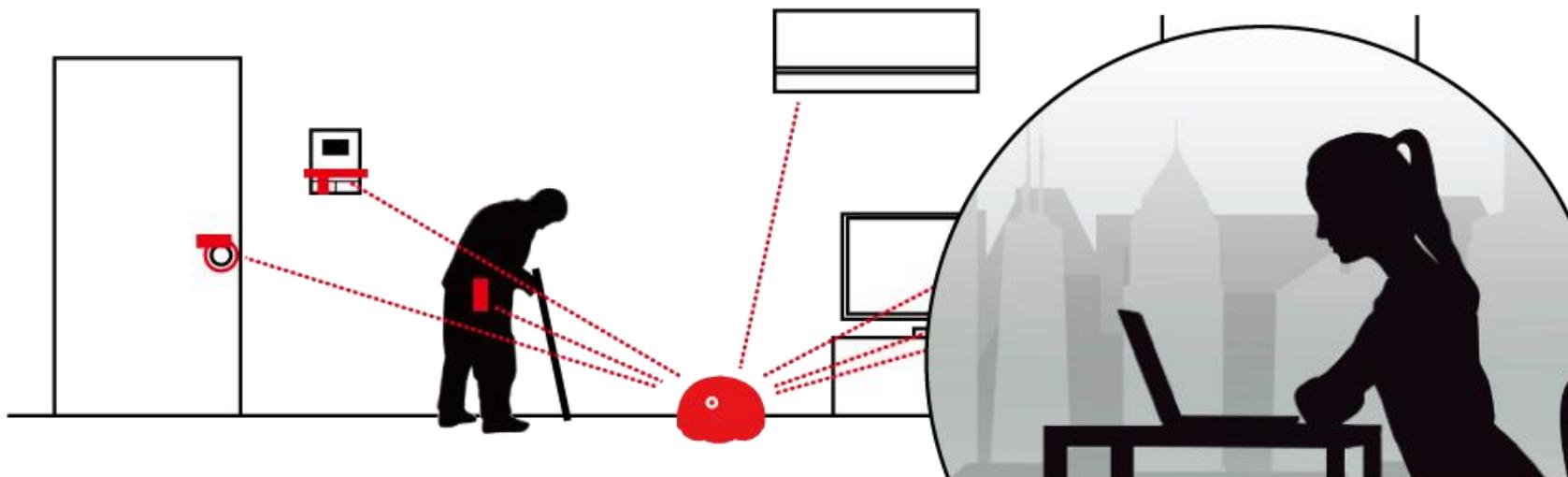


外出中や在室中での
家電機器の一元管理



独居高齢者、老々介護世帯の生活見守りサービスの例

健康な独居高齢者は日本全国で481万人と推定(2015年)。諸事情により同居できない子供世代のユーザのために日々の生活における危険や異常状態を検出してユーザに伝える。

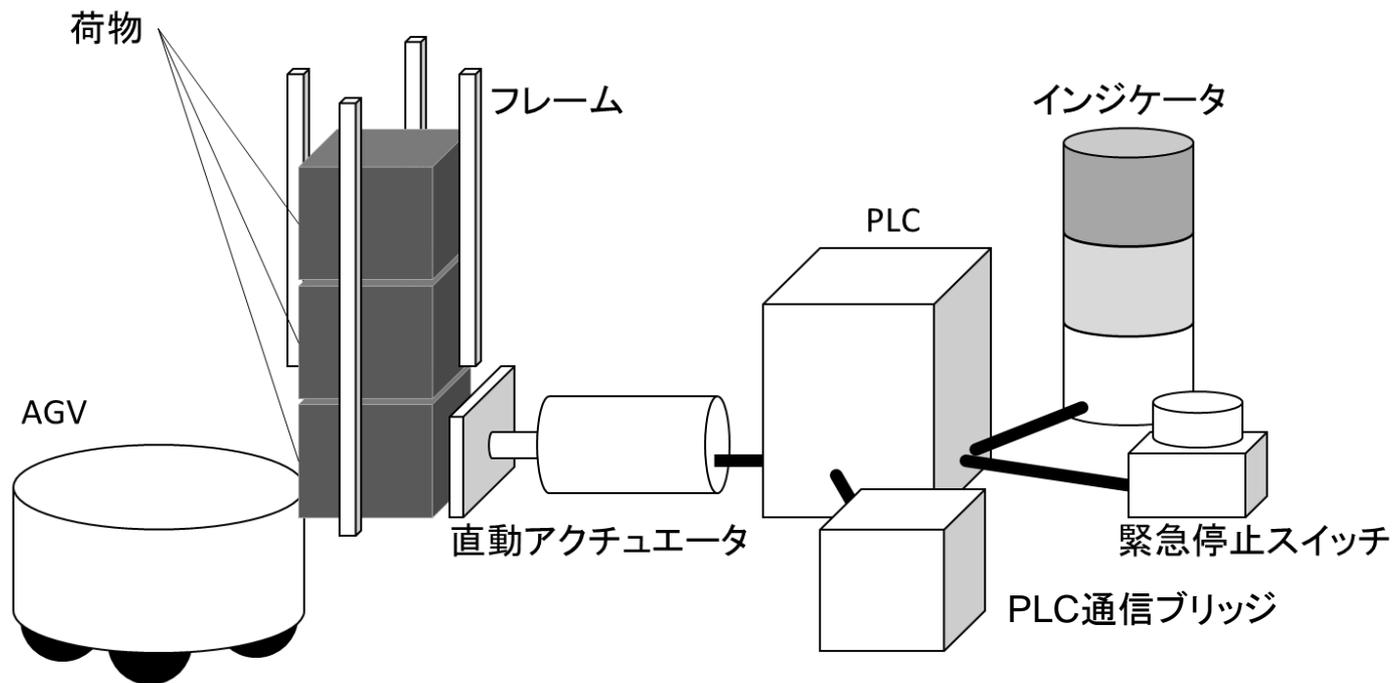


システム構成

- 危険状態を即時的に検出するための携帯型センサ
- 生活パターン認識のための宅内位置検知センサ
- 通常／異常状態検出、能動的働きかけのための親機ロボット
- 遠隔状況確認、長期データ解析のためのクラウド

工場内で搬送タスクにおける情報連携の例

既存設備内でPLCで組まれた系にAGVを導入し、スマート化する



システム構成

- 荷物の自動送出を行う設備システム(PLCによるシステム)
- PLC状態をネットワーク上に通知するPLC通信ブリッジ
- 搬送を行うためのAGV
- PLCからの搬送信号を受けてAGVを制御する搬送計画作成のためのエッジサーバ
- 作業データ蓄積・監視のためのクラウド

目次

1. 会社紹介

2. 人を見守る共生型ロボットネットワークシステムの概要

3. 共生型ロボットネットワークシステムを構築する技術基盤

4. プロトタイプ紹介

5. デモンストレーション

6. まとめ

共生型ロボットネットワークシステムを構築するための技術基盤

1. ソフトウェア基盤: ROS

知能ロボットの研究分野で利用されている分散ソフトウェアモジュールのミドルウェア

2. ハードウェア基盤: ROSBlock

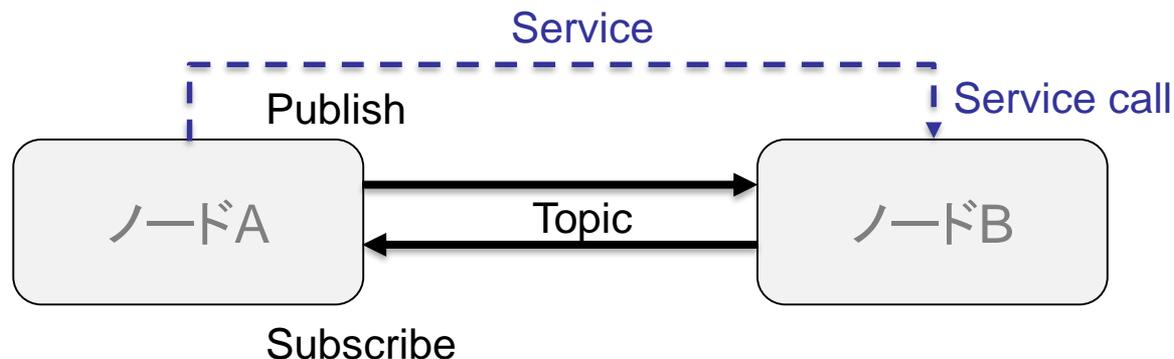
ROSの分散ソフトウェアモジュールシステムに組込ハードウェアモジュールを組み合わせることで、実環境内での機能分散を実現するハードウェアプラットフォーム。キビテク社内プロジェクトとして発足、現在、企画・プロト検証が進行中のもの。

- 分散モジュール構造を採用するオープンソースの知能ロボット開発用ミドルウェア(C++とPythonを中心として多言語対応)
- 2007年にスタンフォード大学AI LABが開発したSwitchyardを米のロボットベンチャー企業Willow Garageが開発を引き継ぎROSとして2010年にバージョン1.0を公開。
- 以後、コミュニティの成長と共に多数の研究者・技術者が開発に参加、公式リリースとしては11番目のLunar Loggerheadが2017年8月現在の最新版。
- 現在は、WillowGarage社は解散状態、オープンソースソフトウェア財団(OSRF)が開発を引き継ぐ



ROSの技術概要

- 分散モジュールの単位は「ノード」
 - データドリブンなロジック構築が基本
 - 通信の基本はトピックとサービス
 - トピック: 連続的なデータ送受信
 - サービス: 単発の機能呼び出し
 - 同一ネットワーク上に通信管理を行うプロセス(roscore)が起動している必要がある
 - データはタイムスタンプ付で管理するのがデフォルトであるため複数マシンに分散させる場合は、きちんとした時間同期を行うことが必要



トピックとサービスについて

- トピック: 連続データの伝達に主眼が置かれたインタフェース
- サービス: 単発処理の実行に主眼が置かれたインタフェース

実装上の大きな違いは、以下の点

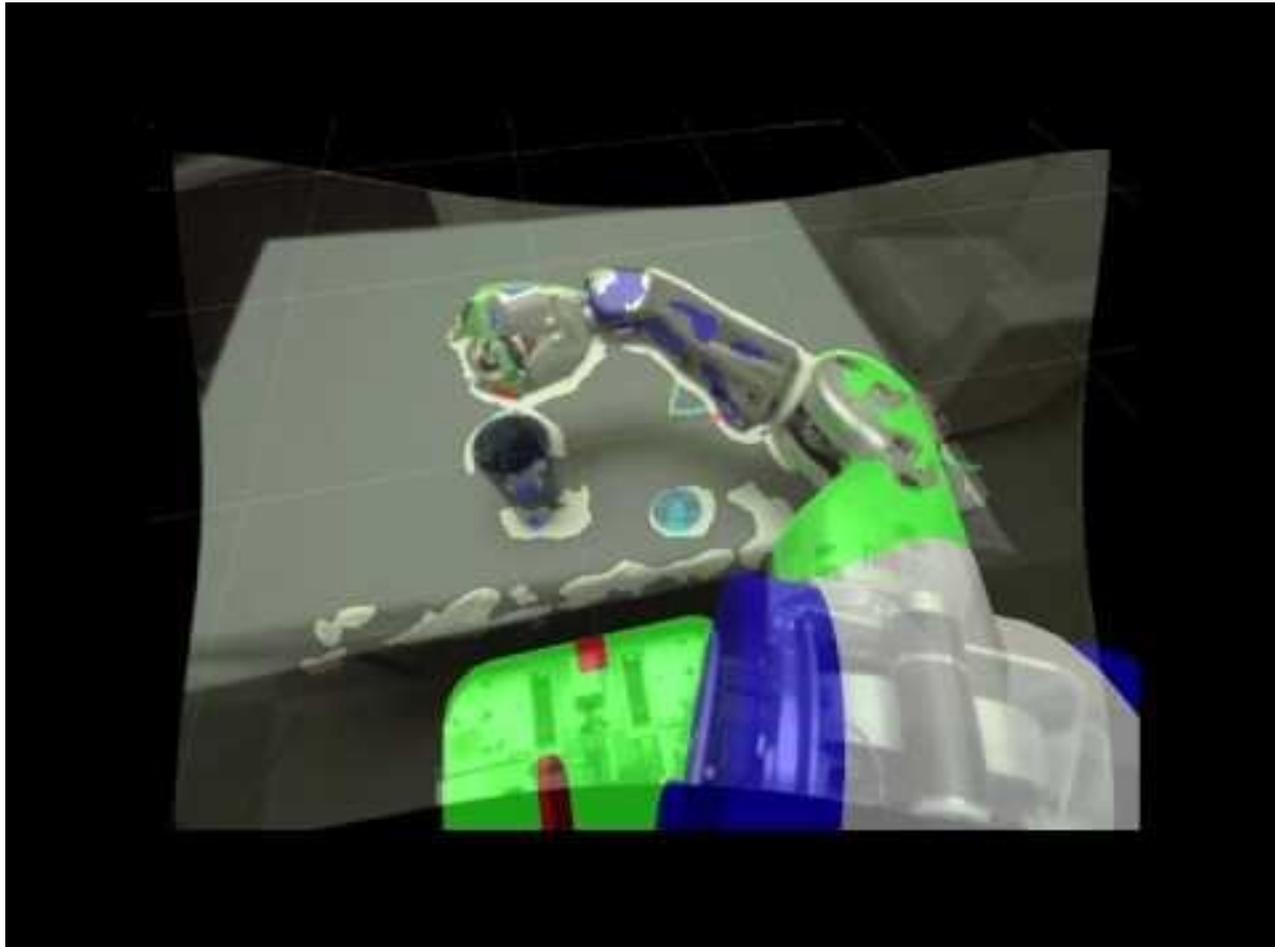
1. トピックはデータを送りっぱなし、サービスは単一の仕組みで応答を受け取ることが出来る
2. 必要なときだけ通信が発生するので、重いデータのやりとりが発生する場合には、サービスの方が良い。
 - 一方でサービスだとブロックしてしまうという難点もある。それを解消する仕組みとして「Action」が用意されている

ROSを使うことのメリット

- ユーザにとって有力なコンテンツがそろっている
 - 多くのユーザによって長年使われ、こなれてきたパッケージ群
 - SLAM、2D Navigation、モーションプランニング (MoveIt!) など
 - 各種データ処理ライブラリとの親和性
 - OpenCV (2次元) / PCL (PointCloudLibrary、3次元)
- ロボット開発環境として優れている
 - 強力なデータ可視化機能
 - 座標系変換をtfというライブラリでサポート
 - テストのサポート (単体テスト: gtest, nose、結合テスト: rostest)
- 全世界にユーザがいて、コミュニティが活発である
 - 2016年の.debファイルの総ダウンロード数: 113,345 (前年比143%プラス、ユニークなIPの数をカウント、metricsレポートより)
 - 論文発表と紐づいたものも多く、アルゴリズムとコードの両側を確認できることが多い

ROSの有カコンテンツの例 その1

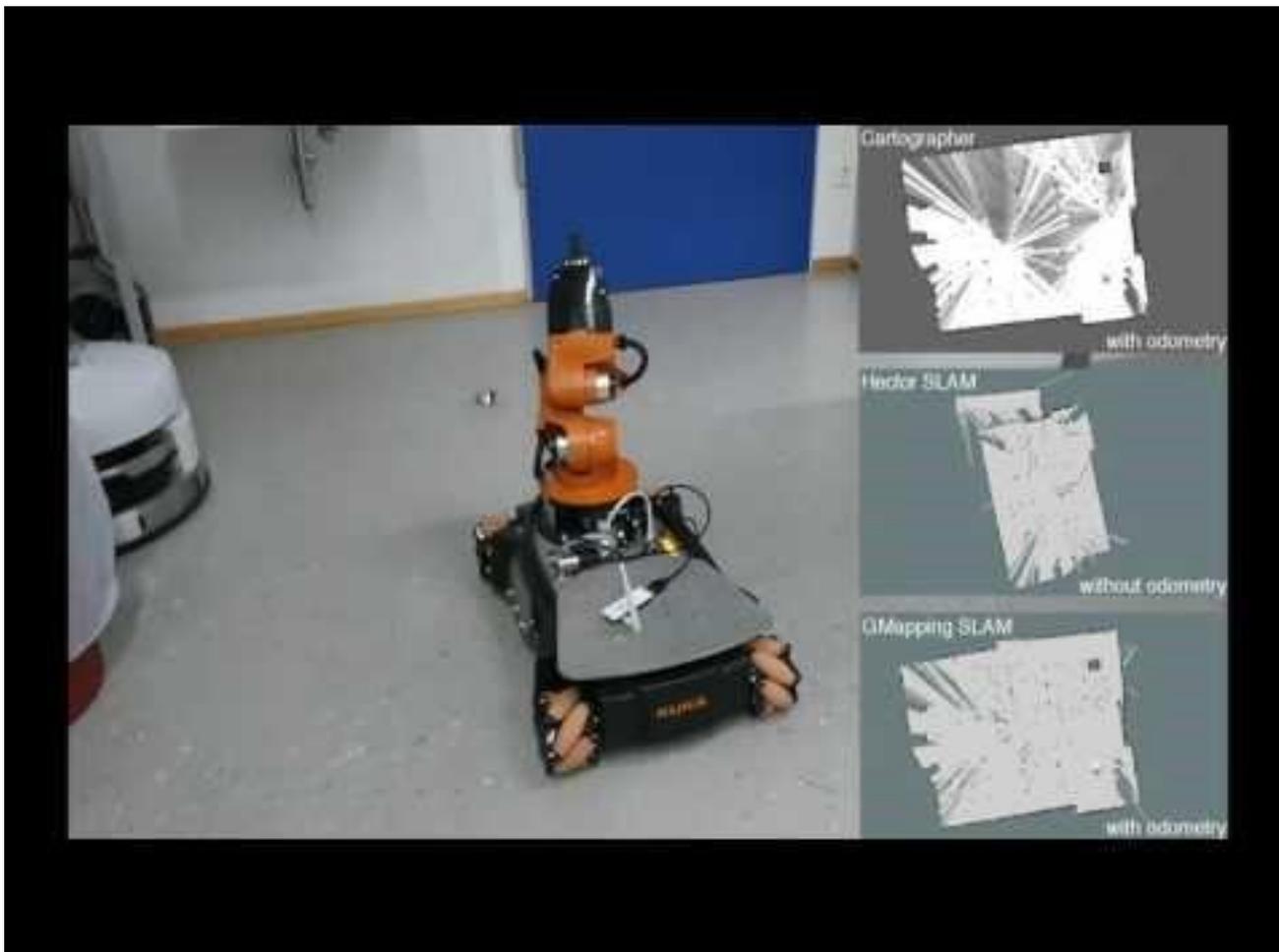
- rvizによるデータ可視化機能



Youtubeより引用

ROSの有カコンテンツの例 その2

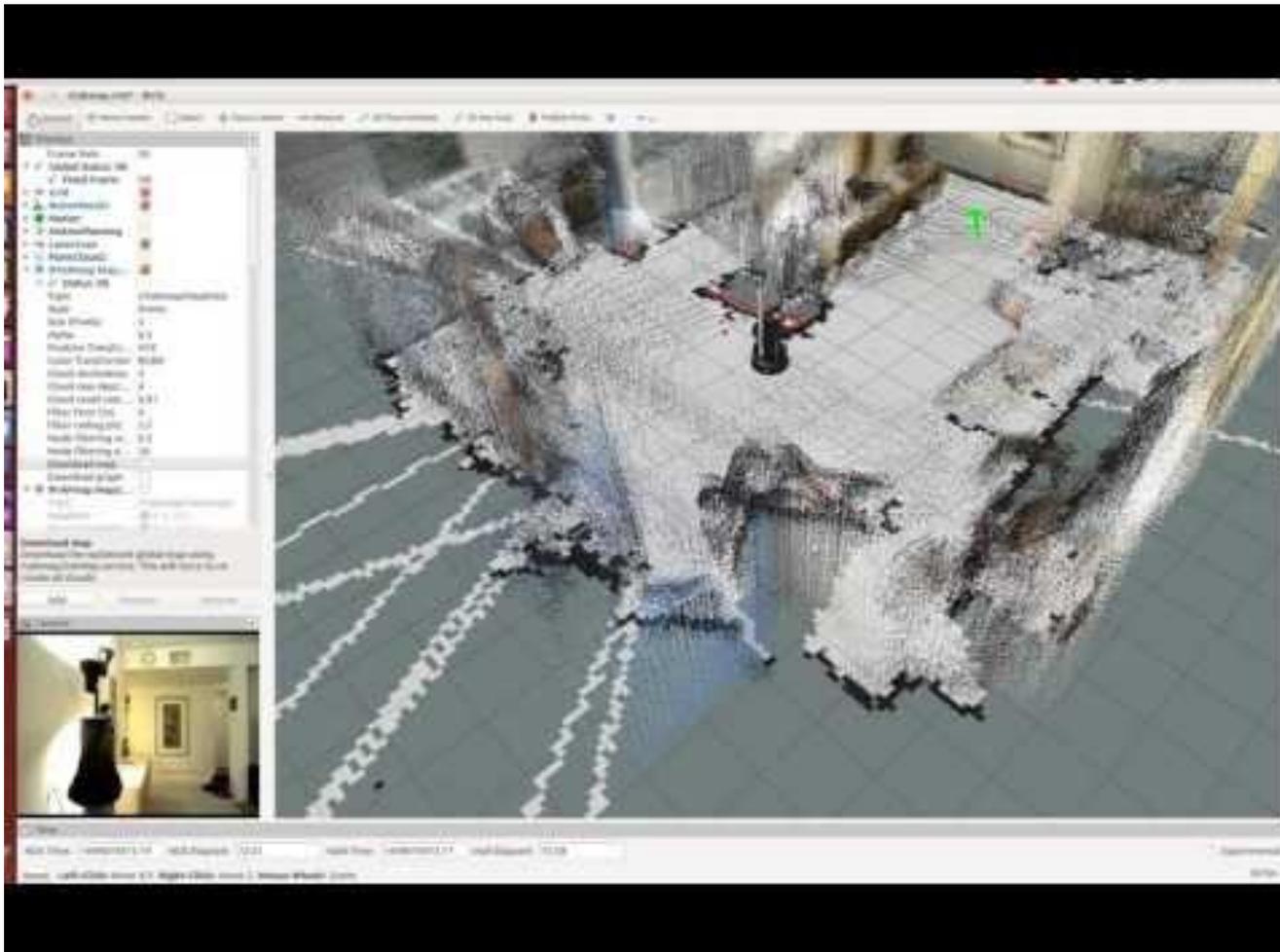
- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)



Youtubeより引用

ROSの有カコンテンツの例 その3

- 2Dナビゲーション



Youtubeより引用

ROSの有力コンテンツの例 その4

- モーションプランニング (MoveIt!)



Youtubeより引用

ROSの最近の動向

- Ubuntu LTSにあわせたROSリリースとサポート期間設定
 - Indigo以降はLTSとして5年の長期サポートするバージョンを定期的にリリース
 - 現時点のLTSの最新バージョンはKinetic Kame、2021年までサポート
 - 次のLTSはMelodic Moreniaで2018年リリース予定、2023年までサポート
- ROS2の開発
 - 複数ロボット応用、組込みシステム、リアルタイム制御、不安定なネットワーク環境下での動作、産業応用といったROS1でカバーできなかった領域への対応
 - 独自実装ではなく、より一般的な通信ライブラリ(DDS)を利用
 - ROS1とはAPI互換性がない(ブリッジノードで対応)
 - 2017年8月現在ベータ2、2017年12月に1.0リリース予定

- 「ROS」を組込ハードウェアモジュールとして実現するハードウェアプラットフォーム

roscoreや、機器に依存しない分散処理のためのROSBlock



機器の傍に配置してROSのトピックとして情報を飛ばすためのROSBlock



LRF,LIDAR

深度カメラ

照度センサ

スイッチ

モータ PLC

各種自律ロボット

各種カメラ

...

熱画像カメラ

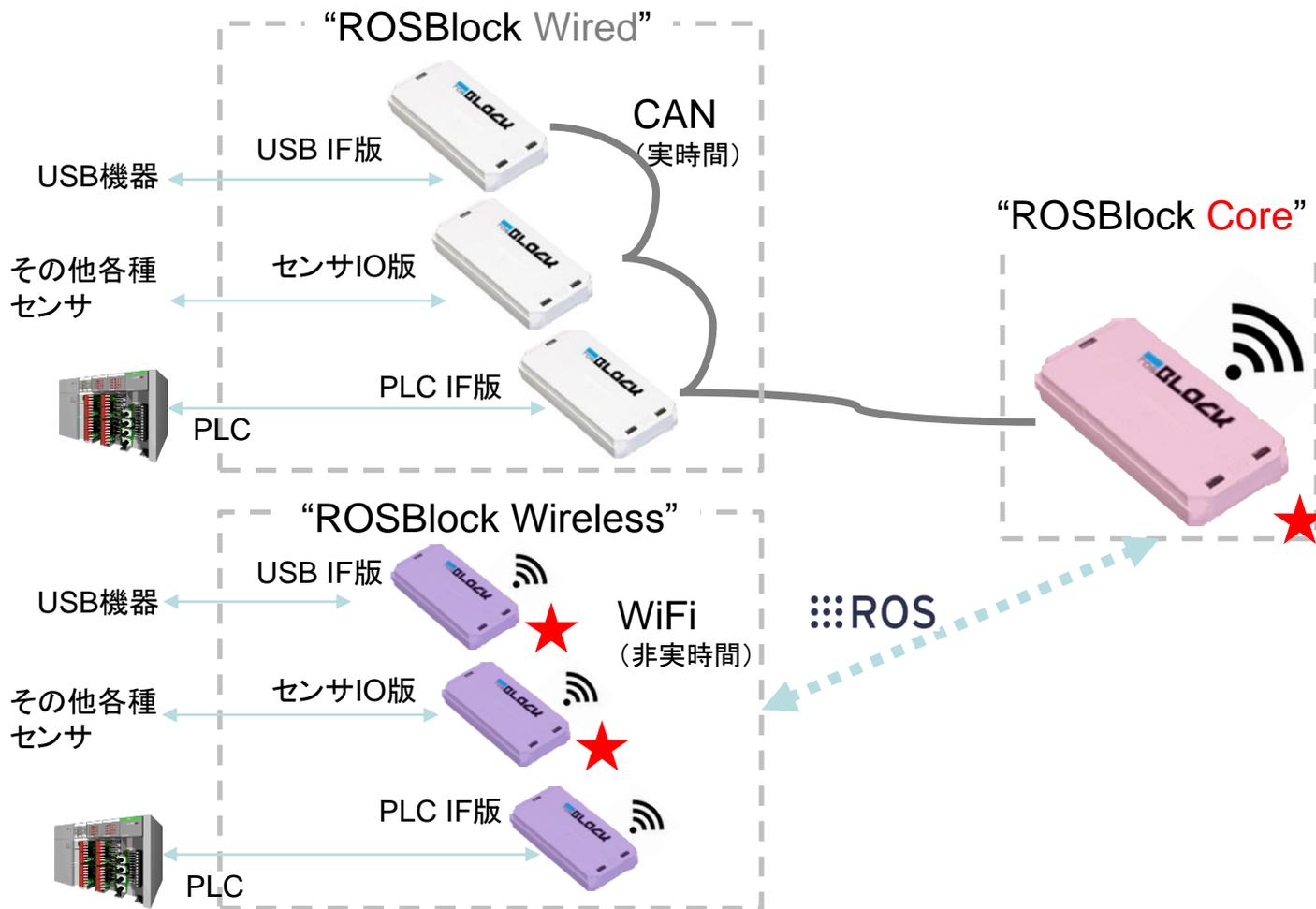
...

マニピュレータ

AGV, ペットロボット...

ROSBlockの構成について

- 有線機器接続のもの、無線機器接続のものを順次試作していく予定。現在、非実時間通信の無線のROSBlock(★のついたもの)を試作・検証中



ROSBLOCKのメリット

- 「ROS」という大きな知能ロボット開発フレームワークとインタフェースがそろっている為、公開されている様々な知能処理(物体認識、行動状態遷移、信号モデル学習、画像処理、3次元点群処理など)を利用した高度な機能分散アプリケーションを柔軟に構築できる
- 各ソフトウェアモジュール(「ノード」)を物理的に組み込みデバイスとして実現することで、環境に分散された個々のデバイスが個別にROSのネットワークにつながる事ができる。
- 「ROS」の開発フレームワークを利用した挙動の監視・テスト・デバッグが容易になる

ROSBlock PLCブリッジ

• 以下のようなROSPLCブリッジの設計・検討中

三菱電機社製マイクロシーケンサ
(FXシリーズ)



RS232C
「計算機リンク」
プロトコル(※)

キーエンス社製KV
nanoシリーズ



RS232C
「KV上位リンク」
プロトコル(※)



ROSBピック

- ラダー言語によるプログラム
- 内部の共有メモリの読み書きがRS232C経由でROSBBlock PLCから行われる

- ベアメタル(OSなし)マイコンボード
- ソフトウェア構成
 - TCP/IPによるroscoreとの通信機能
 - ROSピック・PLC通信プロトコル間の信号変換処理

トピックの中身はPLC内部の共有メモリのテーブルなので基本的にはその装置ごとによってバラバラ

→今後できるだけ抽象化を行い、広く使えるライブラリへ

(※)PLCの通信プロトコルはメーカーや機種ごとにまちまち。まずは国内シェア1位、2位の三菱とキーエンスについて対応する

ROSBLOCK PLCの想定利用シーン

- **生産工場の装置:**
自動車製造ライン、電気製品の製造ライン、製紙機械や印刷機械、金属加工機械や半導体製造装置など
- **産業系設備の制御用装置:**
発電所や変電所、自動倉庫
- **ビル設備系装置:**
エレベータ、自動ドア、立体駐車場、ボイラー、駐車場自動精算機
- **都市設備系装置:**
信号機、自動販売機
- **電化製品やアミューズメント装置:**
全自動洗濯機、エアコン、テーマパークのアトラクション、バッティングマシン

ROSBlock PLCが組み込まれたシステムの構成例

ROS.org



WiFi



ROSPLC
ブリッジ

RS232C

PLC

- 入力数百点、出力数百点のIO
- 各種フィールドネットワーク

生産管理／知能
アプリケーションなど



フィールド
ネットワーク



...

RS232Cなど



メンテナンス用

RS485

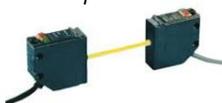


タッチパネル



インバータ

IO AD



...



“ROSBlock Core”

ROSBLOCK PLCが中に入る場でのアプリケーション例

- 人の移動の予測による、保冷への悪影響の少ない、冷凍倉庫等の自動ドアの開閉システム
- 人やフォークリフト、AGV等の動線を予測し、衝突事故を防止するアラートシステム
- フレキシブルな生産ラインを実現する、生産ラインの配置や構成の変更への対応の容易な、工場内監視／AGV航行／装置間同期連携システム
- ラインの配置変更に対応したり、運搬すべき荷物の排出タイミングを学習予想するAGVの航行システム
- 車両の通行状態等の情報からの予測学習により、各車両の移動所要時間を短縮し渋滞をより少なくする、信号機の制御システム

目次

1. 会社紹介

2. 人を見守る共生型ロボットネットワークシステムの概要

3. 共生型ロボットネットワークシステムを構築する技術基盤

4. プロトタイプ紹介

5. デモンストレーション

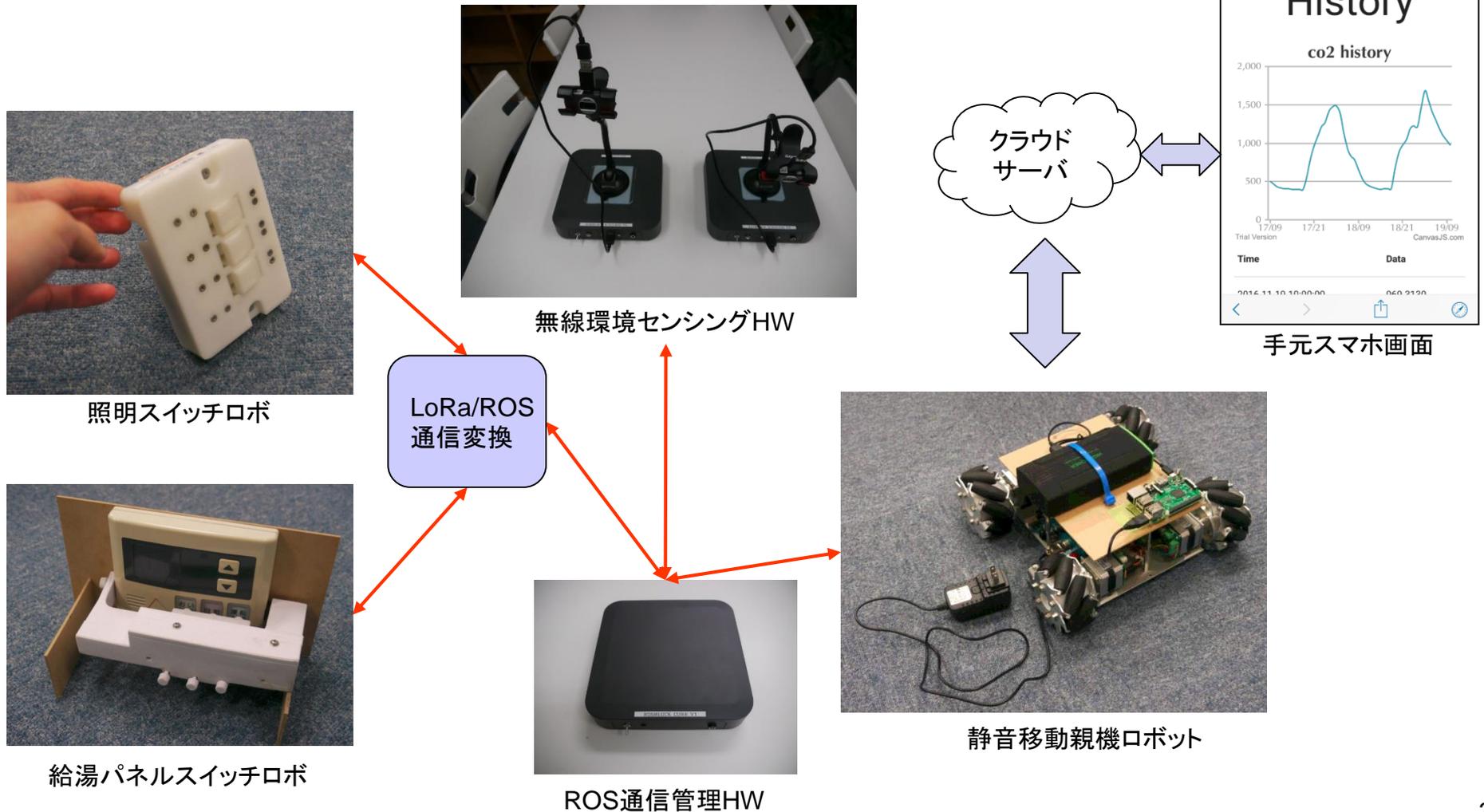
6. まとめ

プロトタイプ紹介

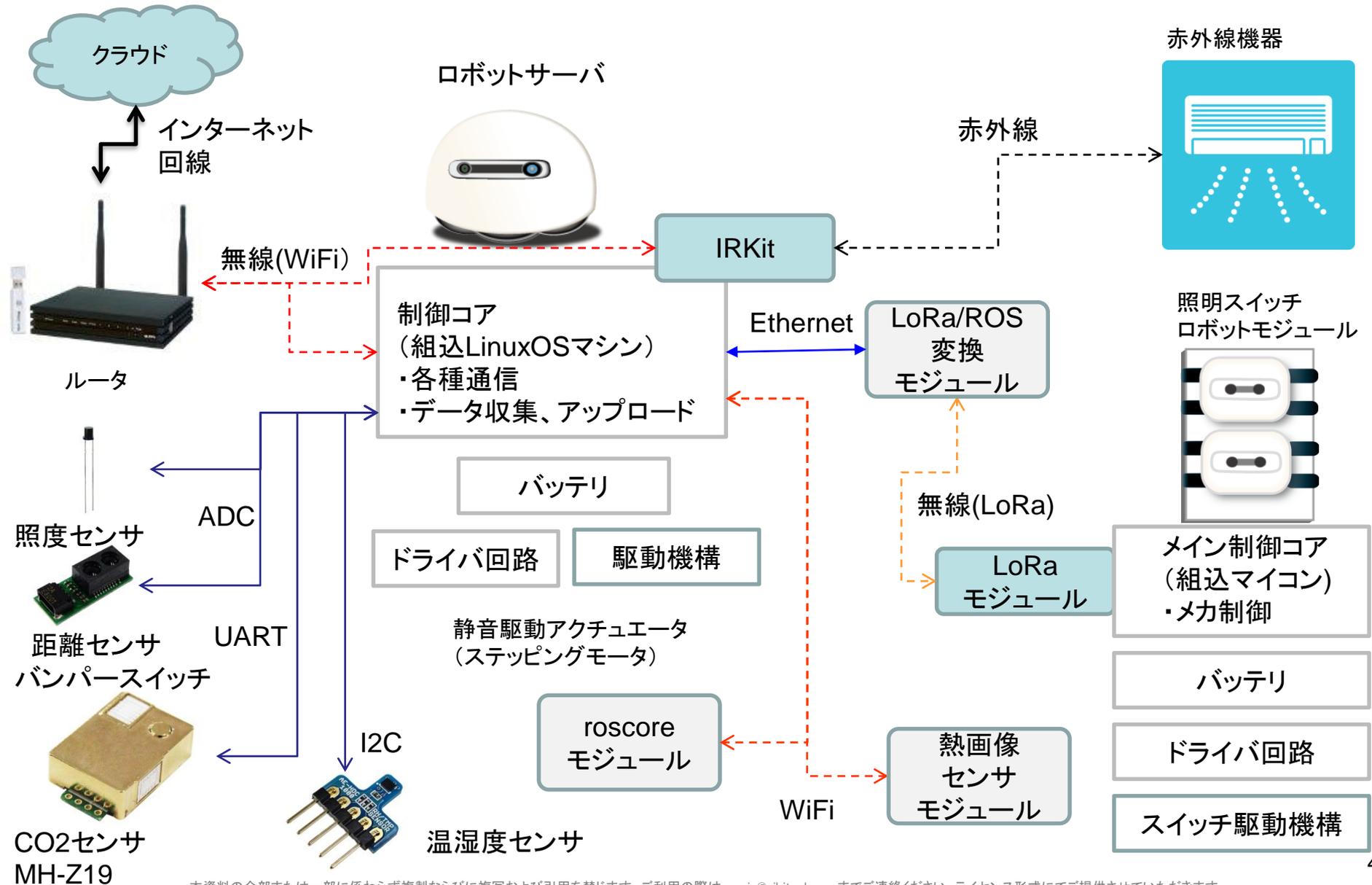
- Version1
 - 分散センサ／アクチュエータモジュールの試作とクラウドサービスまでつなげた全体システムの機能検証が目的
 - H27年度補正予算ものづくり補助金に採択される
- Version2
 - ハードウェアモジュールのブラッシュアップ
 - Version1モジュールの機能改善
 - 新しいモジュールもいくつか試作中
 - PC上で動作するROSシステムとの連携の検証

試作プロトVersion1

- 親機・子機ロボットのファーストプロトタイプ開発完了
- クラウドを介してスマホから室内の親機、子機につながるシステムが完成



試作プロトVersion1のシステム構成



Version1の特徴

- 室内分散モジュール間の通信にLoRaを採用

- LoRa:

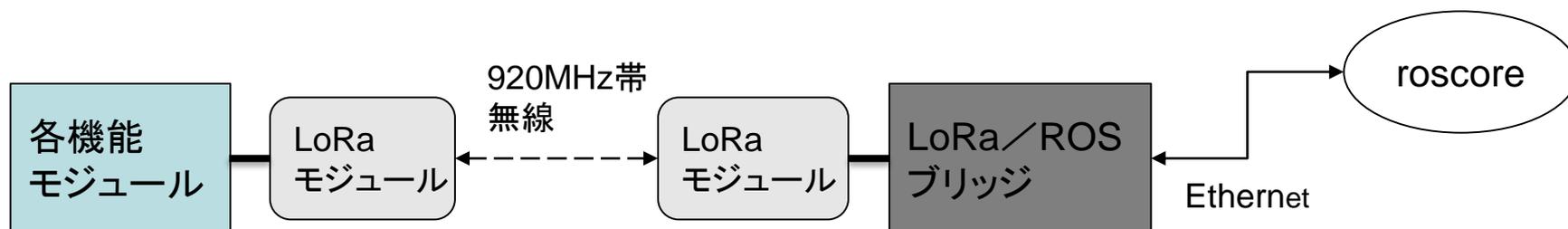
- 省電力で広域エリアをカバーすることを目的として作られた通信規格。920MHz帯を利用する。最大伝送速度250kbps程度、伝送距離最大10km程度。

- 省電力性能、家屋、オフィス、工場などの広いレンジをカバーできるスペックをかんがみ検証することとした

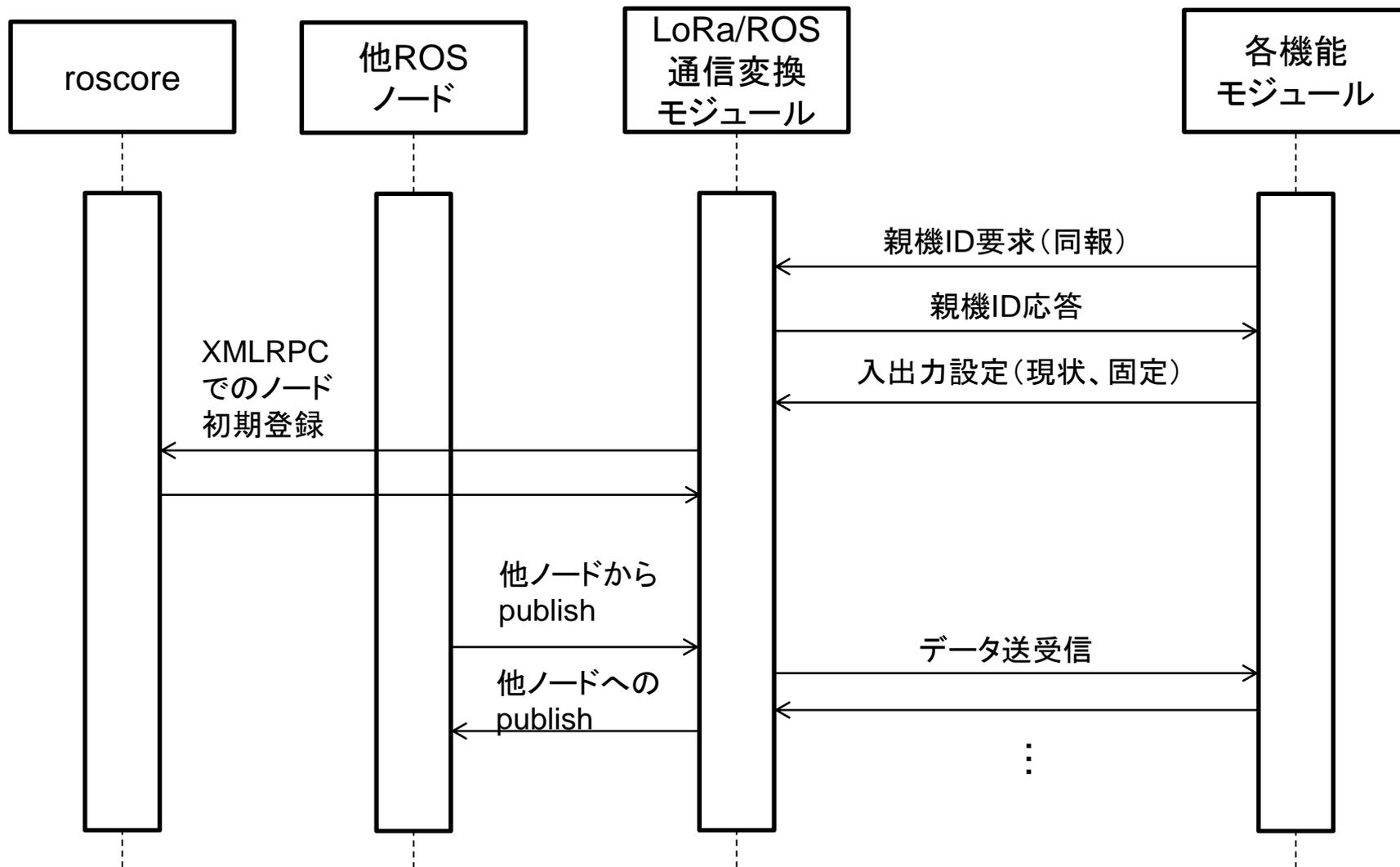
- LoRa／ROS通信変換モジュール

- LoRa通信とROS通信をブリッジするモジュール

- HTTPベースのXMLRPCでroscoreと直接組込ハードウェアが通信



LoRa／ROS通信変換モジュールにおけるデータ送信フロー



Version1での問題点を基にしたVersion2改良

- 4, 5時間に及ぶ長時間実験をやろうとすると通信の要であるroscoreモジュールのバッテリーが落ちてしまう
 - 省配線、通信安定化も兼ねてPOEハブ対応とすることでroscoreモジュールを安定運用できるようにする
- デモ時にネットワーク環境の違いによるトラブルが頻発する
 - デモ場所のネットワーク環境に依存しないようSORACOMを利用した通信系を確立する
- 親機ロボットの性能不足(バッテリー、トルクなど)
 - ありものを改造するのではなく、新規設計
- 屋内で多ノードで分散を実現しようとした場合に、LoRaの使い勝手があまりよくない(通信速度によるアプリケーションの制約が思ったよりも生じる)
 - 低消費電力WiFiモジュールを使ったバージョンに変更

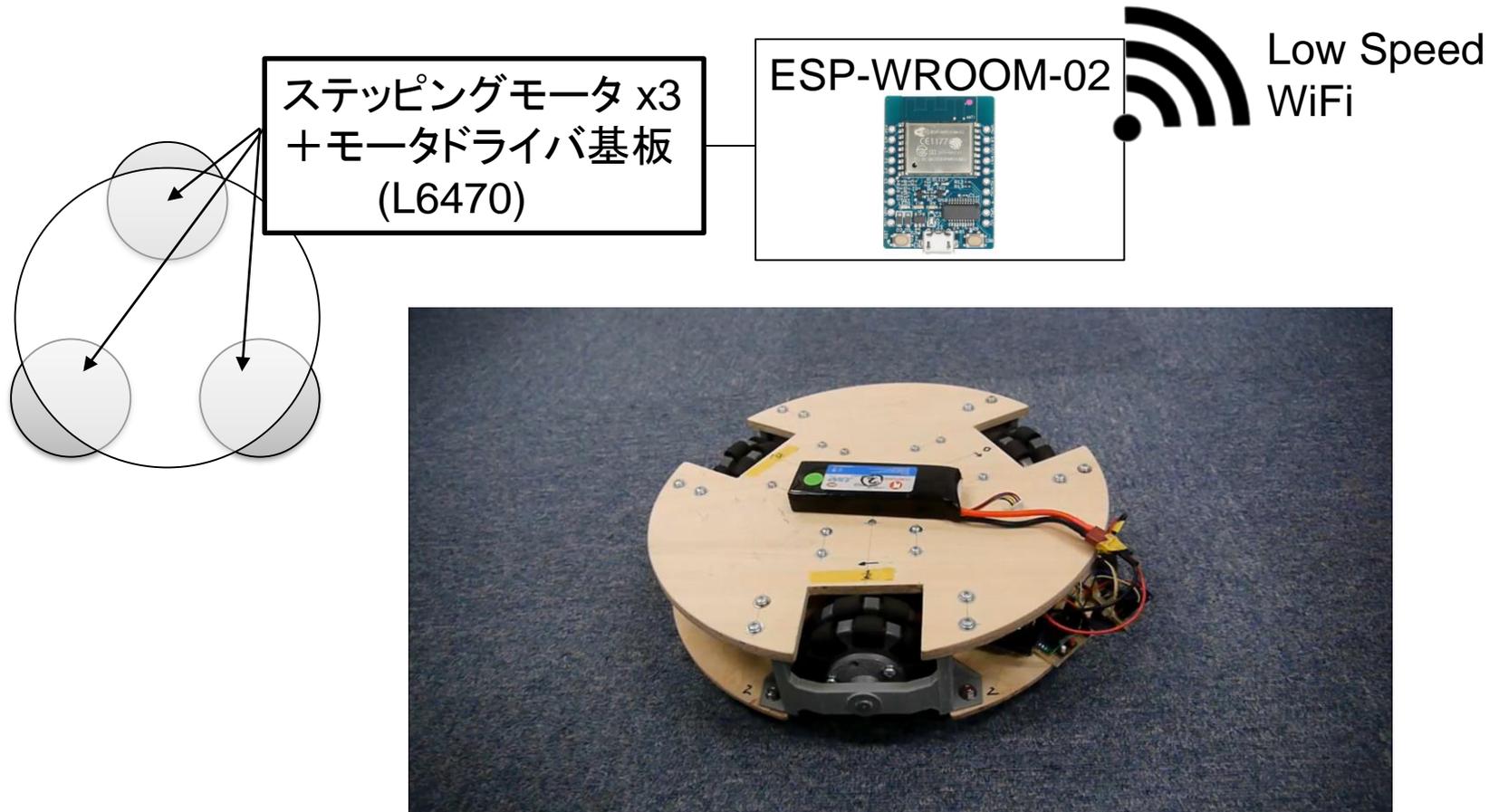
roscoreモジュール ハードウェアVersion2



Raspberry Pi
Compute Module 3

- POEハブに接続することで電源供給と通信を同時に行う
- roscoreはネットワーク内のどこにいてもよいが、電源・通信の安定性は必要
- 次のバージョンでは小型化、低消費CPUでの実現を予定

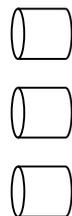
親機ロボット(静音移動台車) ハードウェアモジュールVersion2



- 現時点では、12kg@0.05[m/s]、7kg@0.1[m/s]で荷物を載せて動作可能
- LiPoバッテリーにて2時間動作
- 直径360mm、高さ100mmの円柱状、重量4kg(バッテリー込)

ロッカースイッチモジュール ハードウェアVersion2

電灯スイッチ



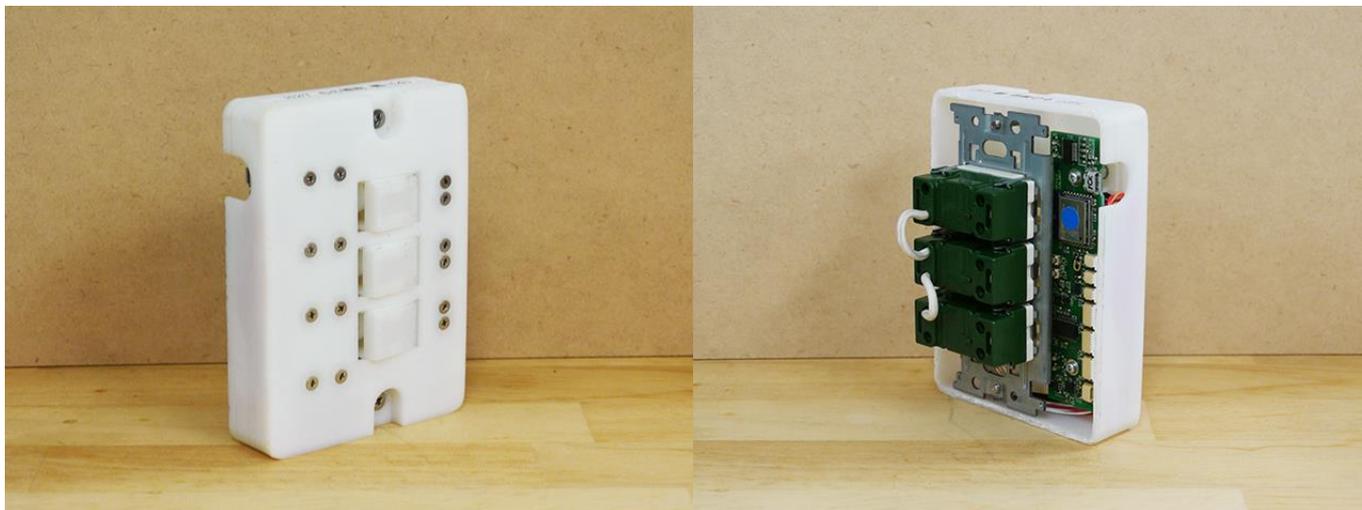
モータ+機構

制御用基板
(PIC+
モータドライバ)

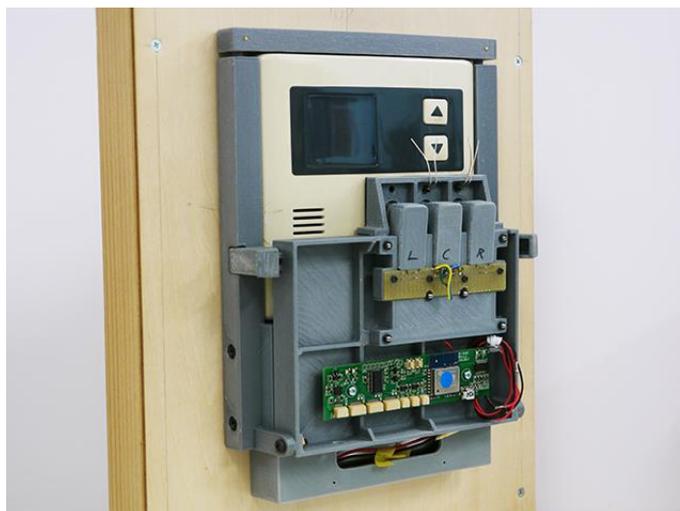
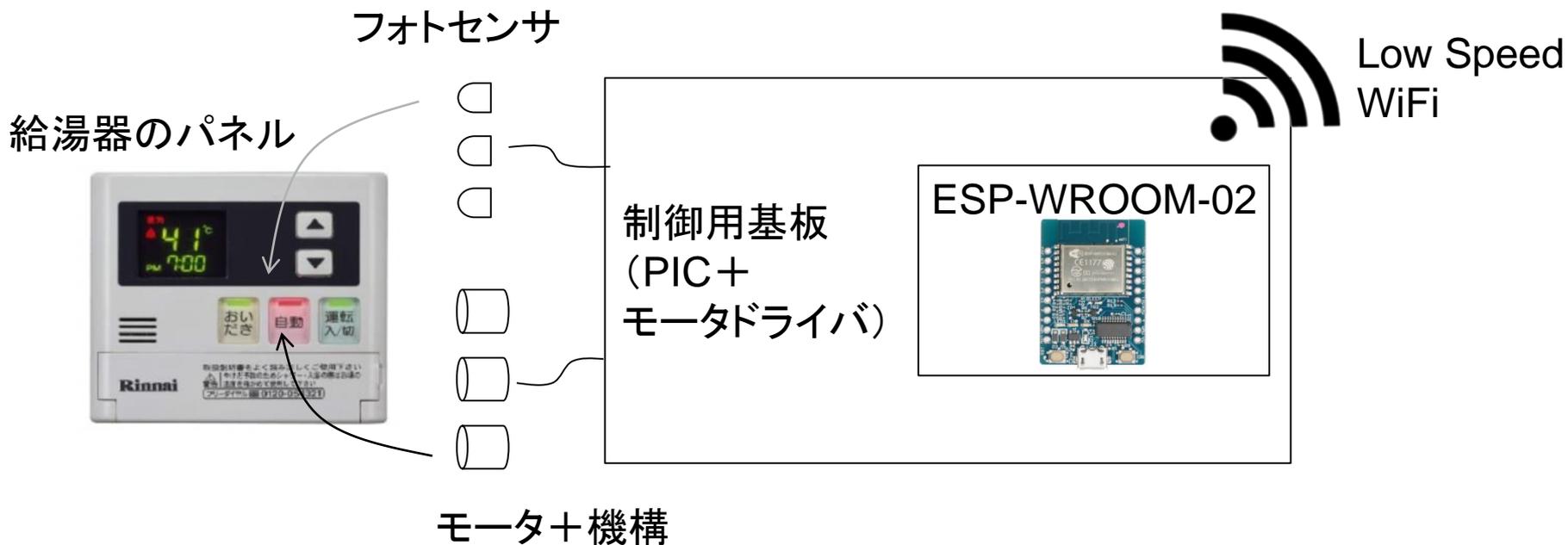
ESP-WROOM-02



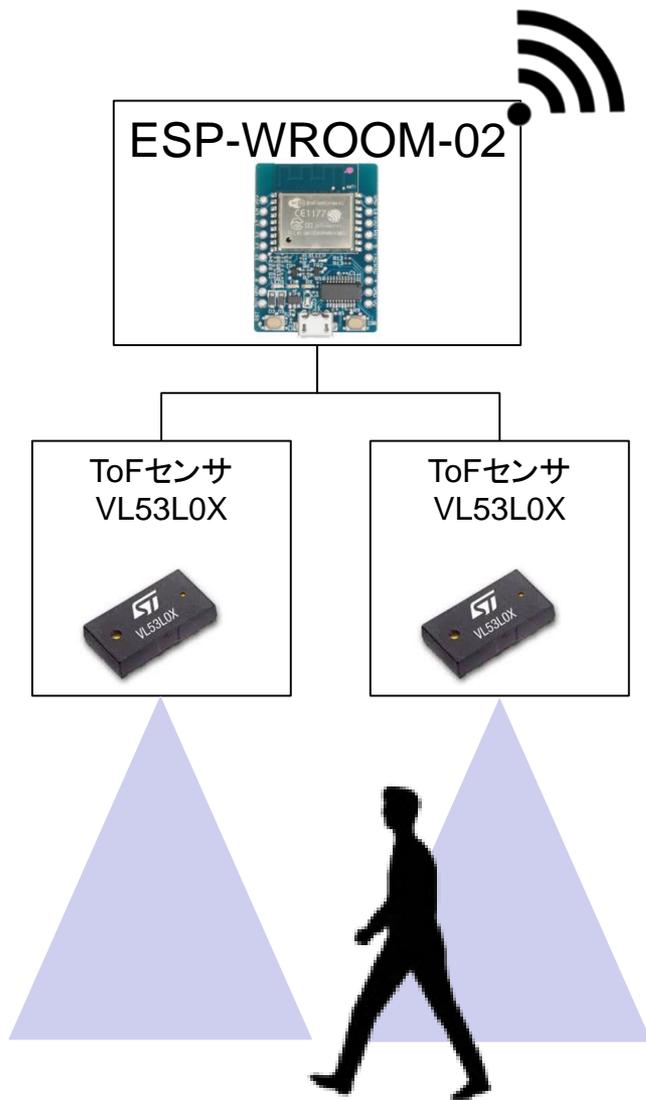
Low Speed
WiFi



風呂湯沸かし器スイッチモジュール ハードウェアVersion2



入退室センサモジュール (Version2 新規)



- TOFセンサモジュールを組み合わせ、人の出入りを監視する機能モジュール
- 出入りをカウントアップし室内人数を保持・通知する

目次

1. 会社紹介

2. 人を見守る共生型ロボットネットワークシステムの概要

3. 共生型ロボットネットワークシステムを構築する技術基盤

4. プロトタイプ紹介

5. デモンストレーション

6. まとめ

デモンストレーション

目次

1. 会社紹介
2. 人を見守る共生型ロボットネットワークシステムの概要
3. 共生型ロボットネットワークシステムを構築する技術基盤
4. プロトタイプ紹介
5. デモンストレーション
6. まとめ

まとめ

- 「共生型ロボットネットワークシステム」プロジェクト
 - ロボットの機能要素を環境に分散配置して、環境そのものをロボット化することを基本コンセプトとしたロボットシステム
 - 見守り、危機管理、製造現場応用など幅広いアプリケーションを想定
- 環境分散ロボットシステムのための技術基盤
 - ROS
世界的に利用されている知能ロボットの開発フレームワーク
 - ROSBlock
ROSの機能モジュールをハードウェア的に実現し、通常のROSネットワーク内で混在させることで知能ロボットの環境分散化を実現する
- プロトタイプ作成、検証
 - 1stプロトタイプ：ものづくり補助金で助成を受け、機能検証
 - 2ndプロトタイプ：前バージョンを改良、現在、試作・検証中