

屋内空間CPSプラットフォームBig Sensor Boxの開発と 車いす型見守りロボットによる搬送実験

重兼聡夫 渡邊裕太 稲田大亮 ピョ ユンソク 辻徳生 河村晃宏 倉爪亮 (九州大学)

1. はじめに

ヒトと共生するサービスロボットを近い将来に実現する一手法として、ロボットを単体で知能化するだけでなく、ロボット周囲の環境を「知能化」する、いわゆる情報構造化（空間知能化）が提唱されている。これはロボットが作業を行う空間に様々なセンサを配置し、空間内のモノやヒト、ロボットの位置や状態を逐次収集、蓄積、提供することで、ロボットをより導入しやすい日常生活環境を構築するものである。情報構造化は、東京大学のロボティックルームやインテリジェント・スペース、MIT MediaLabのスマートルーム、AILabのインテリジェントルーム、早稲田大学のWabot Houseなど、多くの研究例があり、現在でも精力的に研究が進められている [1],[2],[3],[4]。

著者らも 2005 年より街レベルでの情報構造化環境の構築を目指すロボットタウンプロジェクトを開始し、これまでに様々な実証システムを開発してきた [5],[6]。このプロジェクトでは、カメラ、レーザ、IC タグリーダなどから収集された環境内の物品、ヒト、ロボットの情報を、環境データベースである Town Management System (TMS) に蓄積し、ロボットからの要求に応じて提供する枠組みを提案した。また、これを実際に実現する API 群 (TMS, TMS v2) を開発、公開してきた。更に 2012 年からはオープンソースのミドルウェアである Robot Operating System (ROS) を用いることで、様々なセンサや多様なロボットをより柔軟に統合できる ROS-TMS[7] の開発を開始し、センサーシステムや動作プランニングなど、現在までに 150 以上の環境情報構造化モジュールを開発、公開している [8]。

本稿では、これまでに構築した ROS-TMS 技術の実証実験施設として、今回新たに構築した屋内空間 CPS (Cyber Physical System) プラットフォーム「Big Sensor Box (B-sen)」を紹介する。また、本プラットフォームでのロボットサービスの一例として、車いす型ロボットによる搬送サービスの例を示す。

2. Big Sensor Box (B-Sen)

今回、新たに構築した屋内空間 CPS プラットフォーム「Big Sensor Box (B-sen)」は、図 1 に示すように、寝室や居間を備えた 2LDK のマンションタイプの居住空間である。

本プラットフォームには、以下のような様々なセンサ、ロボット、家電や家具が配置されている。

- モーショントラッキングシステム (Vicon Bonita 18 台)
- レーザスキャナ (FARO Focus 3D, Velodyne HDL-32E)



図 1 Big Sensor Box (B-Sen)

- 光学式トラッキングシステム (POLARIS, NDI)
- 磁気式トラッキングシステム (AURORA, NDI)
- ネットワークカメラ
- スマート電源タップ
- 小型複合センサ端末 (ポータブル)
- RFID タグリーダ, ロードセル

ロボット

- ヒューマノイド型サービスロボット (SmartPal V, 安川電機)
- マニピュレータ搭載移動ロボット (KXP)
- 車いす型見守りロボット (Mimamoru-kun)
- クアッドコプタ (AR.Drone2, Parrot)

家具・家電

- 知的冷蔵庫
- 知的収納庫
- キッチン
- ソファ, ベッド, 机等の什器

以下では、主なセンサ、知能化家電、およびサービスロボットを紹介する。

2.1 センサ

2.1.1 光学式トラッキングシステム

本プラットフォームには、光学式トラッキングシステムである Bonita (Vicon) が、合計 18 台備え付けられている。これは複数の赤外線 LED ライトと赤外線カメラを用いて、反射マーカの 3 次元位置を数ミリ精度で計測するものである。図 2 に反射マーカが取り付けられたワゴンを示す。このように反射マーカを移動家具やロボットに取り付けることにより、本プラットフォーム内におけるそれぞれの 3 次元位置、姿勢情報を極めて高精度で取得できる。

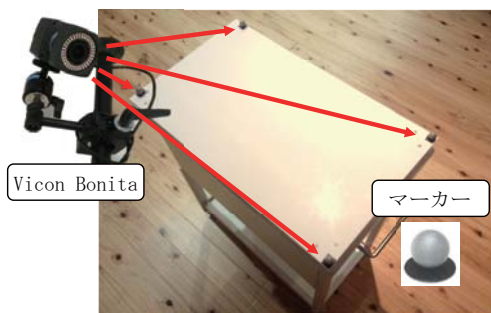
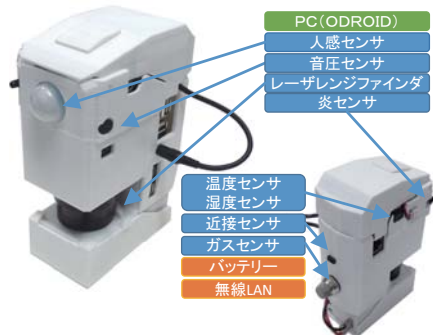


図2 光学式トラッキングシステムを用いたワゴンの位置姿勢計測

2.1.2 小型複合センサ端末（ポータブル）

本プラットフォームには、人感センサ、ガスセンサ、気温湿度センサ、音センサ、近接センサ、レーザレンジファインダと小型統括 PC を搭載した、移設可能な小型複合センサ端末（ポータブル、図3）[9] が設置されている。この小型複合センサ端末により、周囲の異常検知やレーザレンジファインダを用いた人物追跡（図4）が可能である。



サイズ: 51mm x 112mm x 153mm

図3 小型複合センサ端末（ポータブル）

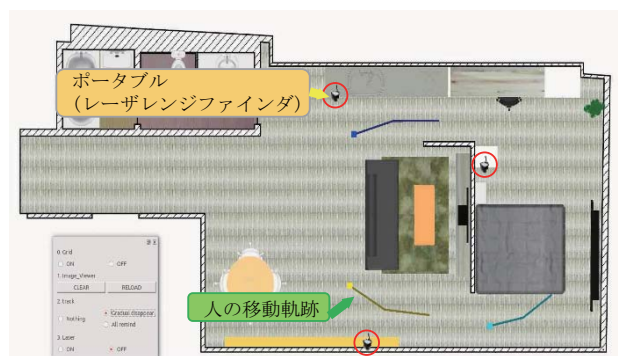


図4 レーザレンジファインダによる屋内人流計測

2.2 知能化家電

2.2.1 知的冷蔵庫，知的収納庫

プラットフォーム内に設置された収納庫，冷蔵庫には，ロードセルと RFID リーダが取り付けられ，格納

された物品の種別，位置を計測できる（図5）[10]。プラットフォーム内の物品にはすべて RFID タグが貼り付けられており，ロードセルに加わる物品の荷重の重心位置から物品の位置を推定し，また同時に RFID タグリーダでその物品の識別を行う。計測された物品情報は，ROS-TMS のデータベースに格納される（図6）。



図5 知的冷蔵庫，知的収納庫



図6 ROS-TMS への登録

2.3 サービスロボット

2.3.1 ヒューマノイド型サービスロボット

ROS-TMS により制御されるヒューマノイド型サービスロボット（SmartPal V, 安川電機）により，物品取り寄せなどのサービスを提供する。図7に示すように，ヒューマノイド型サービスロボットの上部には，全方向レーザスキャナ（Velodyne HDL-32E）と，RGB-D カメラ（Xion, ASUS）が搭載されている。

2.3.2 車いす型見守りロボット

居住者の移動支援と生体情報モニタリングを目的に，図8に示す車いす型見守りロボットを試作した。搭乗者は脳波センサ（MindWave Mobile, NeuroSky），心拍センサ（T31C トランスミッター, POLAR）などの生体センサを装着し，得られた生体情報（脳波，心拍）は無線で ROS-TMS に送信され，蓄積される。介護者は ROS-TMS に接続し，手元の端末を用いて遠隔地から生体データを確認できる。このシステムは，従来の TMS がロボットやモノの管理を行っていたのに加え，その範囲をヒトの健康把握にも拡張したものとも考えられる。

また車いす型見守りロボットの位置は，前述の光学式トラッキングシステムにより逐次計測され，ROS-TMS による自律移動と，ジョイスティックによる手動制御が可能である。



図7 ヒューノイド型サービスロボット (SmartPal V, 安川電機)



図8 車いす型見守りロボット

3. 車いす型見守りロボットによる搬送実験

3.1 サービス内容

前述した車いす型見守りロボットにより, Big Sensor Box 内での居住者の生体データの取得および搬送実験を行った. 実験は以下の見守り・搬送サービスについて行い, それぞれの動作を確認した.

- 搭乗者による手動操縦
- 搭乗者または介護者により指定された移動先への自動操縦
- 移動中の搭乗者の生体データの取得及び遠隔地での表示

3.2 システム構成

車いす型見守りロボットは, 前述のように手動操縦及び自動操縦の両方に対応している.

自動操縦は, ROS-TMS のタスクスケジューラ (TMS_RS) の機能の1つとして実装されている. まず, 搭乗者はタブレット PC を操作して, 自動操縦の要

求を ROS-TMS に送信する. Big Sensor Box 内では, 光学式トラッキングシステムやレーザレンジファインダにより, 什器やヒト, ロボットなどの位置は全てリアルタイムで計測されており, ROS-TMS はタスクスケジューラ内の経路計画ノードを起動して, 図9に示すように障害物を回避した安全な移動経路を計画し, 車いす型見守りロボットに送信する. 車いす型見守りロボットは, 光学式トラッキングシステムから得られた位置情報とデッドレコニングから得られる相対移動をカルマンフィルタで統合し, 指示された移動経路に従って移動する. また, 自動操縦を行う ROS-TMS には, シミュレーション用ノードも実装されており, 実機を動かさずに移動経路を事前に確認することができる. なお, 搭乗者は自動操縦を起動する際, 実際に搭乗していなくてもよく, 例えば搭乗者がベット上から自動操縦を要求すると, ROS-TMS はレーザレンジファインダなどにより計測された搭乗者の位置まで, 車いす型見守りロボットを自動的に移動させることができる.

一方, 手動操縦は, 右手の肘掛けに搭載したジョイスティックを用いて行う.

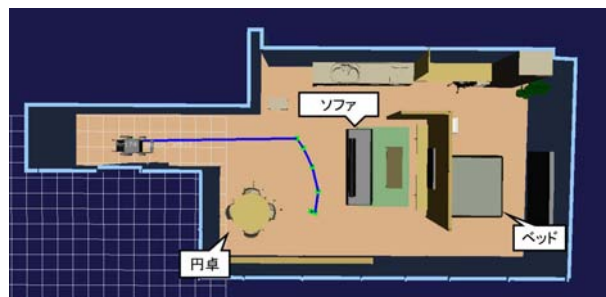


図9 ROS-TMS により計画された移動経路

3.3 サービス提供実験

居住者がソファから円卓まで移動し, ペットボトルを取り, ベッドへ移動するシナリオに対して実験を行った. 具体的には以下のシーケンスからなる.

1. 手元のタブレット PC を用いて自動操縦でソファまでロボットを呼ぶ
2. 車いすに移乗
3. タブレット PC を用いて自動操縦で円卓まで移動
4. ペットボトルを取った後, 手動操縦でベッドへ移動

図10に実験の様子を示す. また, 図11にシミュレータの動作画面を示す. 図11には搭乗者の心拍 (hr) 及び脳波センサから取得した瞑想度 (med), 集中度 (att) が表示されている. これより, 移動中に搭乗者の生体情報を計測し, ROS-TMS に逐次格納しながら, 自動, 手動による搬送サービスが実行できることが確認された.

4. まとめ

本稿では, これまでに著者らが開発した ROS-TMS 技術の実証実験施設として, 新たに構築した屋内空間 CPS プラットフォーム「Big Sensor Box (B-sen)」を紹介し, 本プラットフォームでのロボットサービスの一例として, 車いす型ロボットによる移送サービスの例を示した.

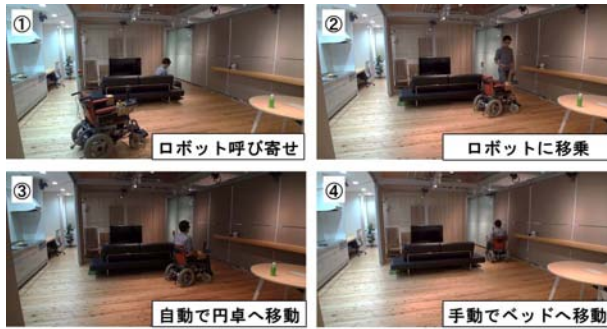


図 10 サービス実験の様子

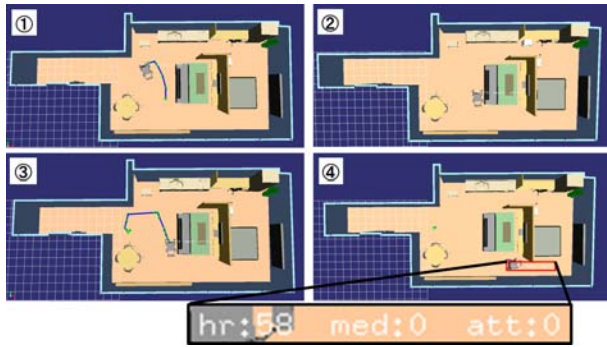


図 11 シミュレータの動作画面

- [7] ピョコンソク, 辻徳生, 橋口優香, 永田晃洋, 中島洸平, 倉爪亮, 長谷川勉, 諸岡健一. 情報構造化アーキテクチャの提案とサービスロボットのオンライン動作計画の実現. 第 19 回ロボティクスシンポジウム, pp. 624-630, 2014.
- [8] https://github.com/irvs/ros_tms/wiki/.
- [9] 渡邊裕太, 倉爪亮, ピョコンソク, 辻徳生, 諸岡健一. 多様なセンサを搭載した小型複合センサ端末の開発と人物追跡のための最適配置計画. 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, pp. 1A1-H05, 2014.
- [10] 村上剛司, 松尾一矢, 野原康伸, 長谷川勉, 倉爪亮. 知的収納庫と floor sensing system を用いた物品追跡システム. 第 28 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp. 3P1-7, 2010.

謝辞

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構の研究
成果展開事業センター・オブ・イノベーション (COI)
プログラムにより、助成を受けたものである。

参考文献

- [1] H. Noguchi, T. Mori, and T. Sato. Automatic generation and connection of program components based on rdf sensor description in network middleware. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2008-2014, 2006.
- [2] Y. Kato, T. Izui, Y. Tsuchiya, M. Narita, M. Ueki, Y. Murakawa, and K. Okabayashi. Rsi-cloud for integrating robot services with internet services. In *IECON 2011 - 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 2158-2163, 2011.
- [3] H. Gross, Ch. Schroeter, S. Mueller, M. Volkhardt, E. Einhorn, A. Bley, Ch. Martin, T. Langner, and M. Merten. I'll keep an eye on you: Home robot companion for elderly people with cognitive impairment. In *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 2481-2488, 2011.
- [4] M. Tenorth, A.C. Perzylo, R. Lafrenz, and M. Beetz. The roboearth language: Representing and exchanging knowledge about actions, objects, and environments. In *IEEE International Conference on on Robotics and Automation*, pp. 1284-1289, 2012.
- [5] 長谷川勉. 環境プラットフォーム「ロボットタウン」. 日本ロボット学会誌, Vol. 26, No. 5, pp. 411-414, 2008.
- [6] 倉爪亮, 村上剛司, 木室義彦, 家永貴史, 馬場伸一, 殷中翔. ロボットタウンの共通プラットフォーム技術のメカニズム. 日本ロボット学会誌, Vol. 26, No. 5, pp. 415-419, 200810.