

情報構造化空間管理システム ROS2-TMS の開発

Development of ROS2-TMS: New Platform for Informationally Structured Environment

○学 井塚智也 (九大) 学 林拓真 (九大)
正 河村晃宏 (九大) 正 倉爪亮 (九大)

Tomoya ITSUKA, Kyushu University, itsuka@irvs.ait.kyushu-u.ac.jp
Takuma HAYASHI, Kyushu University
Akihiro KAWAMURA, Kyushu University
Ryo KURAZUME, Kyushu University

We focus on environmental informationally structuring that makes the environment around the robot intelligent, not just the robot itself. We have developed a software platform ROS-TMS to realize a service robot that coexists with humans in an informationally structured environment. ROS is currently being developed with a new ROS2 with significantly changed and improved communication functions and additional internal functions. Therefore, in this research, we develop ROS2-TMS, which adopts ROS2 for ROS-TMS. In this research, we first develop and port various modules, such as a control system for a communication robot. Furthermore, in the development of the voice user interface and task scheduler, not only robots, but also operation commands to various devices that work on the user, are managed. And a new cancellation function is added to stop running tasks, with the aim of improving service security.

Key Words: Service robot, ROS2, Informationally structured environment

1 序論

我々はロボット単体のみではなくロボット周囲の環境を知能化する環境情報構造化に着目し、生活環境内でロボットと共生するサービスロボットを実現するため、ソフトウェアプラットフォーム ROS-TMS[1](Fig.1)を開発してきた。ROS-TMS の内部では ROS を利用し、その通信機能やロボット開発のための様々なライブラリを用い、処理の分散化やロボットの移動制御などを行っていた。

ROS は現在、新たなバージョンである ROS2[2] が開発されている。ROS2 は通信ミドルウェア DDS(Data Distribution Service) の採用により、通信機能が大幅に変更・改良された。また、内部 API も大きく変更されており、新たな機能の追加や開発形態の変更など行われている。

そこで本研究では新たに ROS2 を採用した ROS-TMS である、ROS2-TMS を開発した。先行研究である ROS-TMS から、各種モジュールの移植・開発を行い、さらにユーザから要求を受け取る音声インタフェース部、ユーザへのサービス提供のためタスクを実行するタスクスケジューラ部の設計・開発を行った。

最後に ROS2-TMS を使った情報構造化空間の実現例として、ロボットサービス実証実験施設 Big Sensor Box にて動作確認実験を行った。

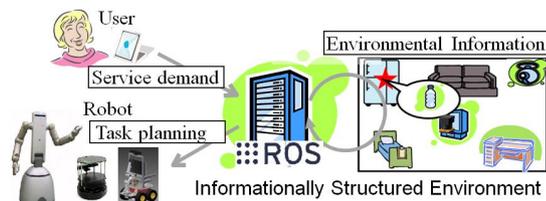


Fig.1 ROS-TMS

2 ROS2-TMS の構成

ROS2-TMS は、先行研究の階層型モジュール構成 (Fig.2) を受け継ぎ開発した。ROS2-TMS に実装したモジュールの説明を以下に列挙する。

- Database (TMS_DB)

ROS2-TMS で扱う環境情報や、タスクスケジューラによって実行されるタスクの情報をデータベースに保存する。データベース本体には mongoDB を用いた。

- User Request (TMS_UR)
ユーザからのタスク要請を受け取り、TMS_TS へタスク実行を要請する。本研究では音声インタフェースモジュールを開発した。
- Task Scheduler (TMS_TS)
サービスタスクを、様々なタスクを分割した様々なサブタスクを組み合わせることで実行する。
- Robot Planning (TMS_RP)
TMS_TS から命令されたロボットに関する一部のサブタスクに対し、正しくサブタスクを遂行するための動作計画を行う。
ROS2-TMS では現在、ロボットの経路計画が実装されている。動作計画に基づき、動作命令を TMS_RC に送信する。
- Robot Controller (TMS_RC)
計画されたサブタスクを、実際にロボットで実行するモジュールである。ロボットごとに専用のモジュールを実装する。
- Sensor Driver (TMS_SD)
環境内に配置された様々なセンサを起動し、取得したセンサデータを発行する。
本研究ではウェアラブル心拍センサのモジュールにおいて、先行研究で開発されていた心拍センサ制御モジュールを利用した。
- Sensor System (TMS_SS)
センサデータを解釈し、より高次の環境情報へ変換を行い、TMS_DB に格納する。

3 各モジュールの開発 (TMS_RC, TMS_SS, TMS_UR)

先行研究である ROS-TMS から、様々なモジュールの移植・開発を行った (Fig.3)。以下にその内容を示す。

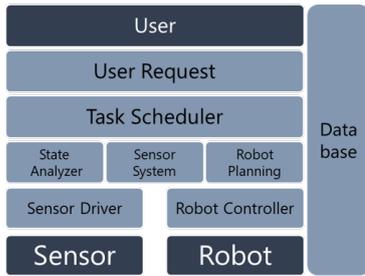


Fig.2 ROS-TMS Architecture

3.1 TMS_RC モジュール (Robot Controller)

- 知能化ベッド
パラマウントベッド社製電動ベッド (楽匠 Z KQ-7302) を Raspberry pi Zero によって制御し, 上体を起こす, 高さをあげるなどの動作を実現する.
- コミュニケーションロボット Double2
Double Robotics 社製コミュニケーションロボット Double2 を取り付けられた iPad により制御し, 並進・旋回運動を実現する. モーションキャプチャシステムおよび ROS2 Navigation2 パッケージと連携することで指定の位置・角度まで移動するタスクを実装した.

3.2 TMS_SS モジュール (Sensor System)

- ウェアラブル心拍センサ Whs-1
Whs-1 はユニオンツール株式会社のウェアラブル心拍センサであり, ユーザの心拍数を逐次計測するたび, データベースの心拍情報を更新する.
- モーションキャプチャシステム VICON
VICON は複数のモーショントラッキングカメラを使い物体の位置を認識するモーションキャプチャシステムであり, ロボットの位置推定に利用した.

3.3 TMS_UR モジュール (User Request)

- マイクデバイス
Intel 社製 NUC(Next Unit of Computing) に USB マイクを取り付け, ユーザからの音声による要求を受取る.
- スピーカデバイス
RaspberryPi 3 に USB スピーカを取り付け, Google Assistant API によるユーザとの会話, TMS_TS によるタスク起動時のアナウンスや効果音を再生する.

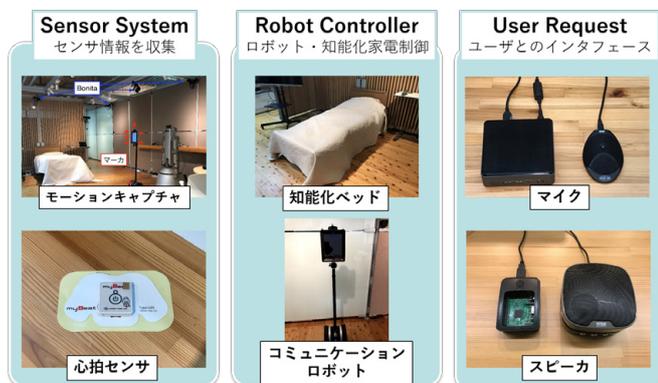


Fig.3 TMS_SS, TMS_RC, TMS_UR modules

4 音声インタフェース (TMS_UR)

TMS_UR において, ユーザからの要求を解釈し, TMS_TS にタスク実行を依頼する音声インタフェース部を新たに開発した. 先行研究 [3] で使われていた docomo 知識 Q&A API はサービス終了により使用できなくなったため, 代わりに Google Assistant API を使用し, ユーザは天気予報など様々な対話サービスを受けることができるようになった. Google Assistant はスマートスピーカーやスマートフォンなどで使われている, Google が提供する AI アシスタントサービスである.

また, タスクスケジューラと連携した新たな機能としてキャンセル機能を追加した. 新たなウェイクワードとして「ROS-TMS」の他に「キャンセル」を追加し, 「ROS-TMS」と検知した場合には音声によるタスクの起動サービス, 「キャンセル」と検知した場合には, 第5章で示すように, 現在動作させているタスクの停止命令を実行するようにした.

5 タスクスケジューラ (TMS_TS)

TMS_TS はタスクを, 様々なサブタスクを直列/並列に組み合わせることにより構成し, 実行を管理することでユーザへサービス提供を行うモジュールである. 先行研究 [4] で使われていたタスク実行マシン SMACH は ROS 用のパッケージであり, ROS2 では利用できないため, ROS2 ノードを階層的に接続し, タスクによってノードを動的生成することでタスクを管理するモジュールを新たに開発した.

また, 先行研究ではタスクスケジューラの操作対象がロボット制御のみであったが, 本研究ではロボットだけではなく, 知能化ベッドや照明操作など, ユーザへ働きかける様々なデバイスへの動作命令をサブタスクとして管理し, それらを直列/並列実行させることによって, より多彩なサービスがタスクスケジューラにより実行可能となった (Fig.4).

さらに, サービスの安全性向上を目的に, ユーザからのタスクのキャンセル要請により, 実行中のタスクの停止を行うことができるキャンセル機能を新たに追加した.

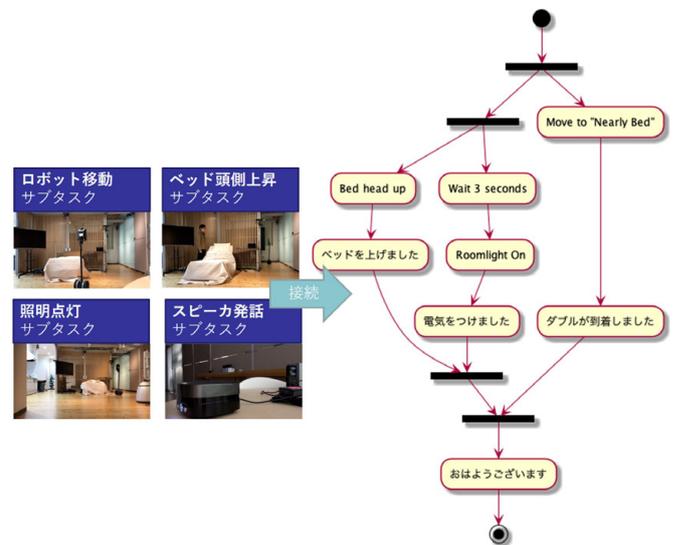


Fig.4 Task configuration with subtasks

6 ROS2-TMS を用いたサービス実験

6.1 Big Sensor Box

Big Sensor Box は, ヒトが生活可能な空間内に, コミュニケーションロボットや知能化家電などのサービスロボットや, モーションキャプチャシステムなどの環境センサが分散配置されたハードウェアプラットフォームである (Fig.5).

Big Sensor Box にて, 開発した ROS2-TMS を用いた音声インタフェースによるサービス提供の動作確認実験を行った. ユー

がマイクデバイスに音声による要求を行うことで、システムが適切なタスクを選択し、ユーザとの対話や、ベッドの操作、照明の操作、データベースの位置情報と組み合わせたロボットの移動やそれらを組み合わせたタスクを動作できること、さらにキャンセル機能により実行途中のタスクが停止できることを確認した。

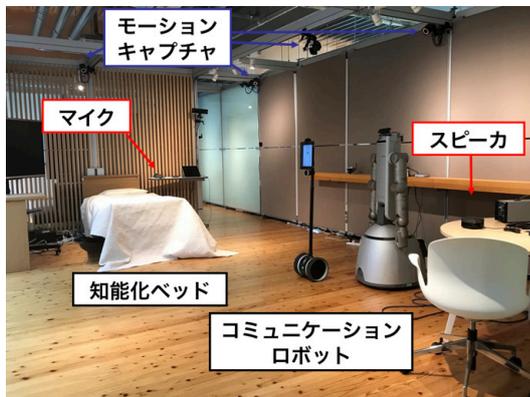


Fig.5 Big Sensor Box

6.2 日常会話

「ROS-TMS, 今日の天気は?」「ROS-TMS, 富士山の高さを教えて?」など、ユーザからの要求に関連するタスクが ROS2-TMS 内に存在しなかった場合、Google Assistant API を利用し適切な回答を発話する (Fig.6).

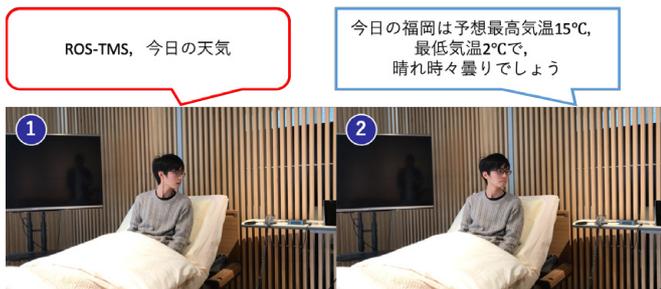


Fig.6 Inquiry of weather forecast

6.3 照明の操作

ユーザから「ROS-TMS, 電気を点けて」, 「ROS-TMS, 電気を消して」の要求があれば、Big Sensor Box の照明管理サーバと連携することで、照明を点ける/消すタスクを選択し実行する (Fig.7).

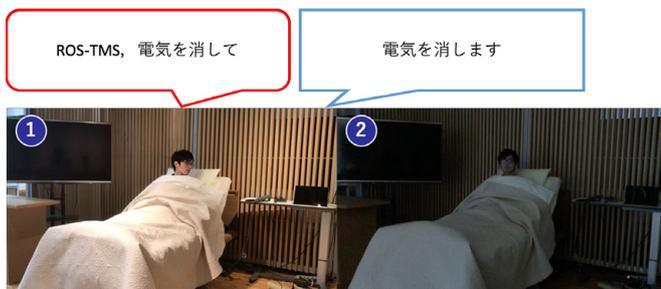


Fig.7 Turn off lights task

6.4 知能化ベッドの操作

ユーザから「ROS-TMS, ベッドの高さを上げて」など、知能化ベッドにかかわる要求があれば、それに合わせて ROS2-TMS の

タスクを選択し、ベッドを適切に動かすことを確認した (Fig.8).



Fig.8 Raise height task for robot bed

6.5 位置情報と組み合わせたロボットの移動タスク

ユーザから「ROS-TMS, ダブル, キッチンに向かって」と要求すると、データベースに保存しているキッチン座標のデータと連携し、ダブルの移動タスクを実行することで、キッチンまで Double が移動する。また、「ROS-TMS, ダブル, ベッドに向かって」と要求すれば、ベッド座標のデータと連携し、ベッド付近まで Double が移動する (Fig.9).

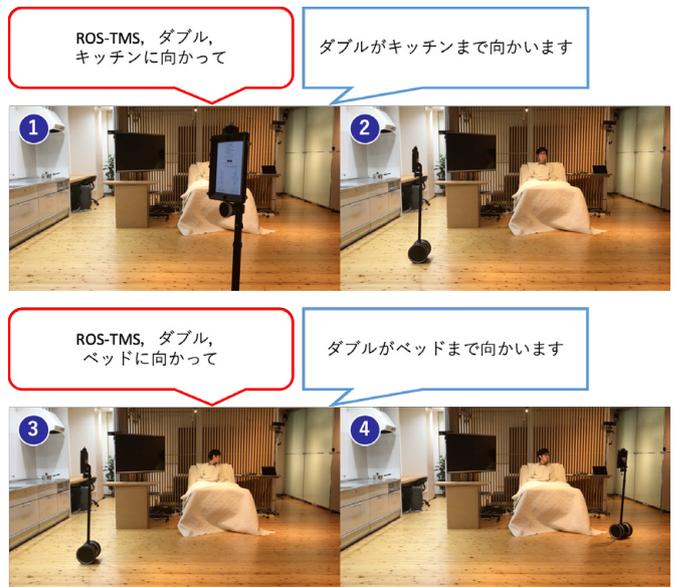


Fig.9 Move task for communication robot

6.6 サブタスクを組み合わせたタスク

ロボット Double, 知能化ベッド, 照明, スピーカのサブタスクを組み合わせたタスクとして、「おはようタスク」および「おやすみタスク」を作成し動作確認実験を行った。

6.6.1 おはようタスク

おはようタスクは以下の3つの動作を並列に実行するタスクである。

- ベッドの上体を上げ、「ベッドを上げました」とスピーカが発話する動作。
- 3秒間待ち、照明を点け、「電気を点けました」とスピーカが発話する動作。
- ロボットがベッドの近くに移動し、「ダブルが到着しました」とスピーカが発話する動作。

すべての並列動作が終了後、「おはようございます」とアナウンスする。

ユーザから「ROS-TMS, おはよう」という要求でおはようタスクが起動し、サービスを行う。動作確認の様子を Fig.10 に示す。

6.6.2 タスクの途中停止

タスク実行中は、ユーザから「キャンセル」と要求を行うことで、そのタスクを停止することができる。キャンセル動作は、現在動作しているサブタスクにキャンセル命令を送り、その後そのタスクの直列動作を行わないことで実装している。

Fig.11 におやすみタスクの実行中にキャンセルを要求したときの動作実験の様子を示す。おやすみタスクは、

- ベッドの上体を下げた後、照明を消す動作。
- ロボットがキッチンまで移動する動作。

をスピーカのアナウンスとともに並列に実行するタスクである。実験ではロボットがキッチンまで移動している途中で、かつベッドの上体を下げている途中にキャンセルを要求した。結果、そのどちらも途中で停止し、さらにその後直列動作するはずであった照明を消すというサブタスクは実行せず、タスクがキャンセルされたことを確認した。

7 まとめ

本稿では先行研究である ROS-TMS の概要を説明し、新たに開発した ROS2-TMS の概要、開発、および実験について説明した。

以下に先行研究との主な違いをまとめる。

- 内部を ROS2 に変更し、様々なモジュールの移植・開発を行った。
- ユーザとの対話は Google Assistant API を使うことで実現した。
- タスクスケジューラはロボットだけではなく知能化ベッドや照明など、ユーザへ働きかける様々なデバイスの動作命令を管理することで、それらを連携させたサービスを提供できるようになった。
- サービスの安全性向上を目的に、タスク実行中にユーザからのタスクのキャンセル要請により、タスクを途中停止を行うことができる機能を新たに追加した。

謝辞

本研究の一部は、内閣府が進める「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」（管理法人：NEDO）によって実施されています。

参考文献

- [1] 倉爪亮, ピョюнソク, 辻徳生, 河村晃宏. 情報構造化環境プラットフォーム ros-tms と big sensor box の提案. 日本ロボット学会誌, Vol. 35, No. 4, pp. 346-357, 2017.
- [2] ROS 2 Overview. <https://index.ros.org/doc/ros2/>. 2020-2-2.
- [3] Junya Sakamoto, Kouhei Kiyoyama, Kohei Matsumoto, Yoon-seok Pyo, Akihiro Kawamura, and Ryo Kurazume. Development of ros-tms 5.0 for informationally structured environment. *ROBOMECH Journal*, Vol. 5, No. 24.
- [4] 橋口優香, ピョюнソク, 辻徳生, 諸岡健一, 倉爪亮. 環境情報構造化プラットフォーム ros-tms におけるタスク管理機構：第2 報異種ロボットによる作業情報構造化実験. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, Vol. 2015, , 2015.



Fig.10 "Good Morning" Task



Fig.11 Canceling "Good Night" Task