

PR2の認識・把持・移動機能統合による日用物品片付け行動の実現

Software Integration of perception, grasping and mobility of PR2 for Tidying up rooms

正山崎 公俊 正矢口 裕明 花井 亮 正稲葉 雅幸 (東大)

*Kimitoshi YAMAZAKI, Hiroaki Yaguchi, Ryo Hanai and Masayuki INABA (The Univ. of Tokyo)
yamazaki@jsk.t.u-tokyo.ac.jp

This paper reports about system integration of PR2, and demonstration of tidying up rooms. Several daily objects such as a tray, a dish and washed clothes are targeted by the robot, object collection task were performed. ROS based software applications developed by Willow Garage inc. were used to this development. Vision sensors and software around them were used to specify handled objects, inverse kinematics and motion planning libraries were used to decide the motion of the robot arm. Navigation functions based on LRFs were also applied to proof safety wheelbase motion.

Key words: ROS, PR2, software integration

1 はじめに

米ウィローガレージ社によって開発されたロボット PR2 とロボット用ソフトウェア ROS は、近年注目を集めているロボティクス研究開発用プラットフォームである。PR2 のハードウェアは、自重補償のついた低出力の 7 自由度 双腕アーム、全方位台車等で構成され、頭部には、二種のステレオカメラ、高解像度カメラ、揺動機構付き測域センサが搭載されている (図 1)。一方で、ROS は多数のプロセス間でメッセージと呼ばれるデータ構造を送受信する機構を持ち、それをベースとした様々なソフトウェアパッケージがオープンソースとして提供されている。

筆者らは、ウィローガレージ社での二週間の滞在期間中に、PR2 と ROS を利用していくつかの生活支援行動を実現した。具体的には、(1) テーブル上の小型物体をトレーに載せて別のテーブルへ運んでいく、(2) テーブル上の皿を両手で持ちあげ別のテーブルへ運んでいく、(3) イスの上に置かれた洗濯物を洗濯籠まで持っていく (4) テーブル上のクッキーの箱と本を見分け、クッキーであればそれを別のテーブルへ運んでいく、といったデモンストレーションを行った。そこでは、ウィローガレージ社が PR2 と ROS をベースに構築してきた認識機能、動作生成機能、移動機能を利用し、さらに独自のソフトウェアをそれらと組み合わせた。本稿では、その構成について述べ、PR2 による行動の実現方法について報告する。

2 PR2 とソフトウェア開発基盤

本章では、行動実現において特に重要であった基本ソフトウェアについて概要を述べる。

2.1 gazebo (図 2 左)

シミュレータである。三次元幾何モデルで表現されたロボットや他の物体を仮想環境内に配置し、物理シミュレーションを含んだ動作確認やセンシングシミュレーションが可能である。gazebo への入出力はロボットへの入出力と同等であり、環境変数を切り替えることによって、シミュレータから実機へと制御対象を変更できる。すなわち、シミュレータ上で実行できる動作は、そのまま実機

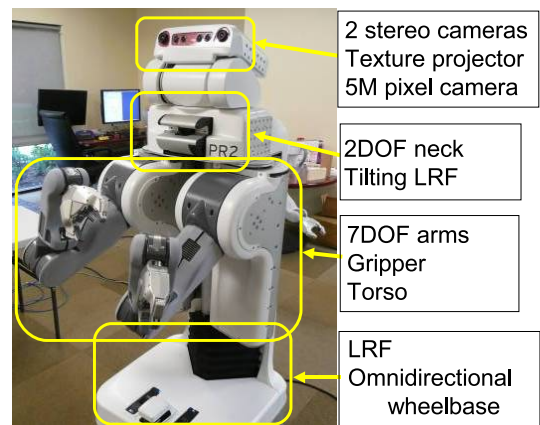


Fig. 1: PR2

で動作する。ただし、物理法則を完全に再現するものではないため、物体操作を含む場合にはその限りではない。

2.2 rviz (図 2 右)

ビューワーである。PR2 が取得する各種センサデータや座標系を可視化できる。また、単純な生データだけでなく、不要点を除去した後の三次元点列を重畳表示したり、あらかじめ作成しておいた環境地図を表示することもできる。例えば、ナビゲーション時のセンシング状況をオンラインで見つつ、ナビゲーションプロセスが何を障害物と見なしているかをその場で確認することができる。

2.3 tf

座標系管理を行うパッケージである。ロボットの台車や各関節など多くの可動部分に定義されており、各部の座標がタイムスタンプ付きで記録される。それらはメッセージとして常に送信されているため、例えば、任意のタイミングで任意の二つ座標系を取得し、それらの相対姿勢を計算することができる。

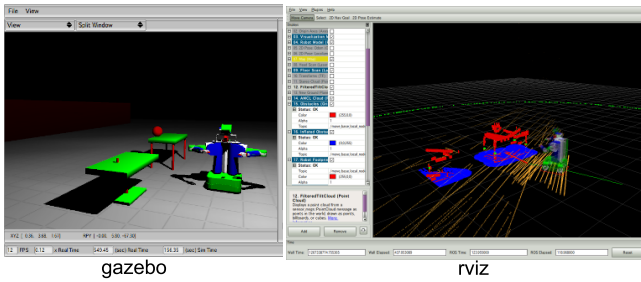


Fig. 2: Development environment of PR2

3 行動実現のための各種機能

3.1 認識機能

筆者らが加えた認識機能を以下に記す。

画像エッジからの基本形状発見：テクスチャの多い物体の識別は、局所特徴量などを用いることができるが、日常的に存在する皿やトレイなどには模様の少ないものが多い。一方で、これらは四角形や円形など単純な形状をしていることが多い。そこで、取得画像から円や長方形形状を見つける識別器を導入した。

SURFによる物体識別：テクスチャの多い物体は、その見た目を記録しておくことで比較的容易に個体識別ができる。そこで、SURF特徴に基づく見た目情報に物品名をタグ付けすることで、ロボットがある物体を観測した際にそれが何かを識別できるようにした。

しわ特徴による衣類発見：衣類は柔軟物であり、形状が容易に変わるものである。そのため、形状変化に不変な特徴量によりそれを見つける方式が必要である。そこで、画像中のしわを特徴とする方式を適用した。

これらの機能を備えたロボットは、テクスチャのない単純形状物体、テクスチャのある特定物体、柔軟物を掴み上げの対象とできる。ただし、掴みあげ行動まで考えると操作対象の三次元情報が必要になる。そこで、ウィローガレージ社が提供しているソフトウェアのうち、テクスチャ投光器付きステレオカメラから三次元点群を取得するパッケージ (tabletop_object) の一部を利用した。

3.2 動作生成機能

上半身の動作生成ソフトウェアは actionlib としてまとめられている。アームに関しては、既存のプランニングライブラリ (ompl, chomp) や七自由度アームの逆キネマティクス計算、アームの軌道補正、干渉チェック機能などが備わっている。これらを用いれば、目的の手先姿勢を与えるのみで、障害物のある環境でどこにもぶつからずにアームを動かすこと可能となる。そこで、筆者らはこれらのソフトウェアを元にロボットの動作を実装した。

一方で、動作を効率的にデザインする開発環境を整える必要があった。そこで、上記ソフトウェアを python 上で呼び出すインターフェースを実装し、python シェルから対話的にロボットを動かすソフトウェアを実装した。前述したように、gazebo と連携することでシミュレーションでも実機とほぼ同様の動作確認を行うことができるため、シミュレータ上でセンシングも含めて動作を対話的にデザインし、それを実ロボットで実行させることで、ロボットが常に目前になくとも開発ができる環境を整えた。



Collect small objects

Hold up a dish



Pick up a cloth

Recognize and pick up a box

Fig. 3: 4 demonstrations by using PR2

3.3 ナビゲーション機能

全方位台車をもつ PR2 のナビゲーションのソフトウェアに関しては、actionlib としてまとめられている。PR2 には測域センサが二台搭載されており、台車上で水平スキャンを行うものと、頭部で y 軸まわりの揺動機構上に取り付けられたものがある。これらのセンサデータから衝突の危険性を判断し、ダイナミックウインドウアプローチと A* 探索を組み合わせて目的地までの走行を実現する。

ナビゲーションにおいても、アームの動作と同様に対話環境を整え、目的地まで走行させる簡易関数を実装した。

4 生活支援行動の実現

図 3 にデモンストレーションの様子を示す。本デモンストレーションにおいて構築したソフトウェアは複数の認識・動作生成機能を備えたが、それぞれでプロセスを別にして実行させた。例えば認識であれば、画像キャプチャソフトウェアが指定の周期で画像を更新しておき、認識プロセスが任意のタイミングで、subscribe されている画像データを取得し、処理を行う。その結果をメッセージに入れて、待ち受け側のメインプロセスがそれを受け取る。ロボットの動きは、そのメインプロセスから目標値を受けた別プロセス上で計画される。ROS を用いることにより、多種の認識・動作生成プロセスを並列に走らせることが容易に実現でき、効率的に開発を進めることができた。

5 まとめ

本稿では、米ウィローガレージ社によって開発されたロボット PR2 とロボット用ソフトウェア ROS の現状について、筆者らの短期滞在中に実装した生活支援行動と関連させて述べた。この開発成果は、jsk_tidyup_demos のパッケージ名で同社 Web サイトにて公開されている [1]。

謝辞

本研究の遂行にあたり、ロボットと制御ソフトウェアおよび研究環境を提供して頂いた Willow Garage 社の厚意に感謝いたします。

参考文献

[1] ROS documentation: <http://www.ros.org/wiki/>