

ロボストに作業を実行するための 作業知能モジュール群の開発：システム統合と実証実験

松日楽信人(東芝),小川秀樹(東芝),浅間一(東大),山口亨(首都大学東京),近野敦(東北大)

Development of intelligent software modules for robots to perform tasks with robustness: System integration and verification test

Nobuto MATSUHIRA, Hideki Ogawa (Toshiba Corporation), Hajime ASAMA (The University of Tokyo),
Toru YAMAGUCHI (Tokyo Metropolitan University), and Atsushi KONNO (Tohoku University)

Abstract - To perform the tasks by robots in actual environments, the performance of robots are not sufficient to cope with these tasks. Robots need more robust performance against actual environments. Thus, our group proposes new robot system to perform tasks more robustness through the development of robust sensing, recognition, and motion control. These software modules have been developed and integrated for a verification test in the Toshiba Science Institute. Interim goal was attained.

Key Words: Software modules, Robustness, Robot System, Actual tasks, System integration

1. はじめに

現在のロボットでは、環境条件などが少しでも異なると作業が実現できない。これを解決しないと実用化は困難である。そこで、本プロジェクトでは、作業環境や作業内容、作業対象物が変わっても、確実かつ安全に作業を遂行できるロボットシステムを実現する。そのために、公共施設内でのテーブル片付け作業を対象に、各知能モジュール群の研究開発を行い、実証実験により検証する[1]-[3]。本稿ではプロジェクトのH21年度の主な成果として各知能モジュールの開発状況と実証実験について紹介する。

2. 各知能モジュール群の開発状況

2.1 分散知能を利用したロボスト作業計画モジュール群の開発

作業計画に関する知能モジュール群として、知識・状況管理モジュールと実時間プランニングモジュールを開発し、これらモジュールのインタフェース部をRTコンポーネント化して、検証実験用ロボットに実装した。統合デモでこれら2つのモジュールは、マルチモーダルインタラクション知能モジュールとシナリオ管理モジュールから、RTMを通じてイベント通知を受け、実時間プランニングモジュールでテーブル上の食器を片付けるためのプラン作成指示を出すことを確認した。また、実時間プランニングモジュールは、空間知サーバからテーブル上にある食器類の情報を得て、これら食器類を片付けるためのプランを作成し、作業遂行知能モジュール群に対し、RTMを通じてロボットへの移動アクション、および食器類への作業アクションの実行を命令すると共に、テーブル片付け作業の開始・終了状態を、環境DBに記録することを確認した。

2.2 作業対象物情報取得知能モジュール群の開発

ステレオ楕円認識モジュールとラベリング機能を追加したBag-of-Key pointsを用いた作業対象物認識モジュールを組み合わせることで、同じ外形を持つが模様の異なる作業対象物を別の対象物として認識することが可能となった。局所特徴パターンの抽出には、SURF (Speeded Up Robust Features) を用いた。

2.3 移動マニピュレーション知能モジュール群の開発

移動マニピュレーション知能モジュール群の開発は、テーブル上の食器類をワゴンへ移動させるハンドリング作

業を例に、動作計画モジュールとアームや移動機構などアクチュエータ各部の運動制御モジュールの開発を行い、RTコンポーネント化した。移動プロトタイプモジュールは、LRFによる距離情報を元にテーブルへの自動接近機能を実装し、ロボスト性を高めた。アーム操作プロトタイプモジュールは、冗長性利用モジュールと連携し、7自由度の検証実験用マニピュレータで手先位置制御機能を実装した。最適把持位置姿勢生成モジュールは、食器とハンドの位置とその相互距離から把持位置姿勢および把持のためのアーム中継点を算出した。

2.4 インタラクション知能モジュール群の開発

マルチモーダルインタラクションモジュールの開発では、ノンバーバルインタラクションモジュールとバーバルインタラクション知的融合モジュールを統合したモジュールを開発し、人のジェスチャと音声指示から片付け開始、中断、変更の作業指示を認識することが可能となった。さらに、作業不能時処理モジュールを開発し、命令が実行不能である場合、人に情報の提供及び作業依頼をすることが可能となった。また、教示ログ知的融合モジュールの検討に基づき、収集したログデータの選別を実施した。

サービス記述遂行モジュールの開発では、手順中断・変更・停止モジュールを開発し、マルチモーダルインタラクションモジュールからの作業中断・停止・変更命令を受け取って、サービス記述列を変更することで片付け作業を遂行することが可能となった。さらに、知能の部品化技術プロトタ

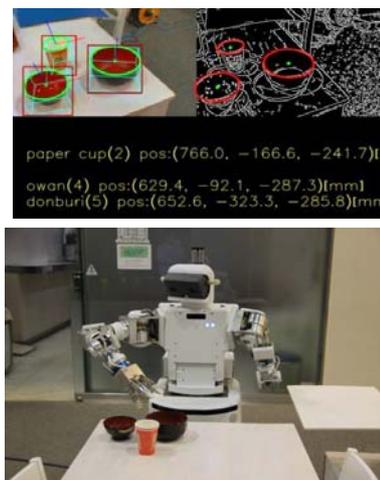


図1 科学館での実験の様子
(上は画像処理状況を示す)

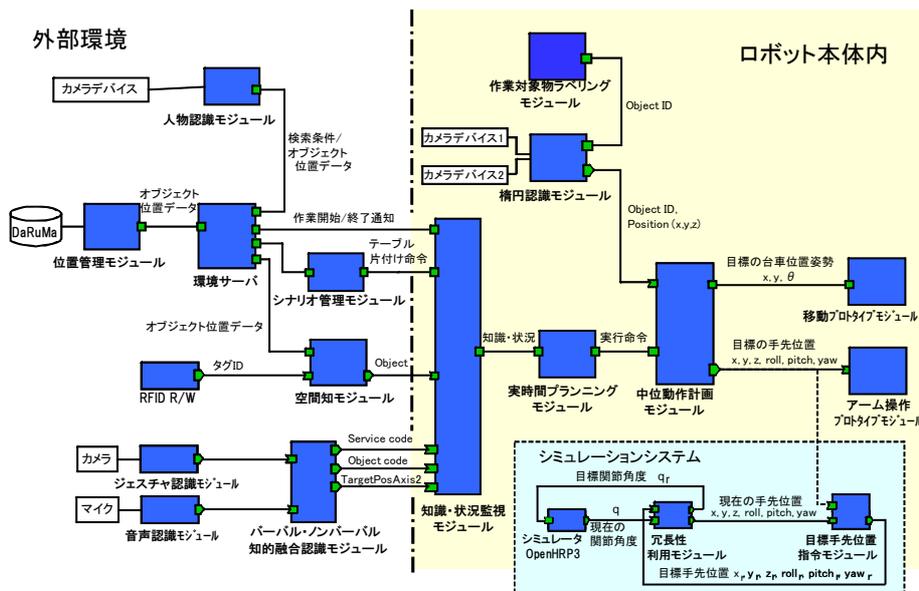


図2 各知能モジュールによるシステム統合

イプモジュールを改良し、グリップ先端の赤外線センサ及び圧力センサと連動することで把持判定を行い把持のロバスト性を向上した。

2.5 知能化環境モジュールの開発

位置管理モジュール・環境サーバでは、静止オブジェクト、可動オブジェクト、移動オブジェクトの位置情報を登録及び検索するモジュールのプロトタイプを作成した。また、これらのモジュールと接続することで、作業全体のシナリオを管理するテスト用モジュールの実装を行った。位置管理モジュール・環境サーバを他機関で開発されたモジュールと接続し、ロボットによる一連の片付け作業を実行できることを確認した。

安全度評価モジュールでは環境内に設置されたセンサ情報に基づいて人の移動軌跡を予測し、周囲に存在する移動ロボットの安全度を評価するモジュールのプロトタイプを作成した。具体的には、センサによる位置情報と周囲の地図情報から、数秒後に人がいる可能性のあるエリアを正確に予測することで、移動ロボットの安全かつ効率的な移動が可能になることを示した。

表1 中間目標とその結果

項目	中間目標	達成度と内容
作業計画	作業計画を立てる上で情報が不足している作業指示を3つ以上認識し、ロボットが遂行可能な具体的な作業計画を立てる。	○ 作業対象に関する3つの不足情報、RFIDによりテーブル上の食器情報を取得、画像認識により食器の位置の計測と種類の認識、RFIDにより食器の扱い方を取得、を得て片付け作業を実施。
作業対象物追跡・位置管理	作業対象物が置かれている位置を管理し、その場所を提示できる。また床のように広い場所の場合、500mm以下の精度で位置が提示できる。管理する作業対象物は6つ以上。	○ 環境サーバと位置管理モジュールにより、作業対象物の位置管理が可能。データは要求された座標系での提示が可能。RFIDによりテーブルに置かれた食器類の位置を管理(食器6種)。位置精度はテーブル上で約10mm。
作業対象物認識	距離が500mm離れた位置から広さ500mm×500mmの領域に置かれた6種類以上の形状が異なる作業対象物に対して、マニピュレーションに必要な情報を認識し、提示できる。作業対象物が重なった状態で置かれている場合、一番上にある作業対象物の情報を提示できる。	○ ステレオ構内認識モジュールとBag of Keypointsを使った特徴点ベースの画像認識で、6種類の食器を認識し、位置・姿勢を出力。距離が500mm以上離れた位置から広さ500mm×500mmの領域に対して実施。統合デモで上記の認識による6種類の食器(お椀2種、コップ2種、皿、バスケット)のハンドリングを実施。
対人作業	6種類以上の形状が異なる作業対象物に対して、指定のマニピュレーション機能を4つ以上実行できる。またそれらを組み合わせ、作業対象物の移動作業を行う。さらにマニピュレーション中に新たな作業指示(中断、停止、変更)が出た場合は、作業計画を変更し遂行できる。	○ 統合デモで次の4つの動作を実施。 ・6種類の食器をテーブル上から把持して、ワゴン上、あるいはトレーに入れる ・人から食器を手渡しで受け取る ・音声により片付け作業の中断、停止、順序変更を実施 ・作業不能時(倒れ、動作範囲外)に音声により人へ提示し、修正後、作業実施 別途、バラ積み食器からフォークをピックアップする作業を実施

3. 科学館での実証実験

H21年9月には首都大学東京にて各要素の実証実験を行い、H22年3月には、実験室からより実環境に近い東芝科学館のフロアでテーブル上の食器片付け作業を対象とした東芝コンソーシアム全体の統合接続デモを実施した。図1に実証実験の様子を示す。また、図2には各機関で開発したロボット内外の各モジュール間の接続を示す。これら一連のデモ作業の遂行により、表1に示すようにプロジェクトで与えられた中間目標を達成していることを確認した。

4. おわりに

本稿では、ロバストに作業を実行するための作業知能モジュール群のH21年度の開発成果について紹介した。中間目標を達成し、今後は、動作の完成度の向上をするとともに、安川電機グループと連携した新体制にて研究開発を進めて行く。

なお、本研究開発はNEDO技術開発機構次世代ロボット知能化技術の研究開発[2]として実施されたものである。

参考文献

- [1] 松日楽ほか：ロバストに作業を実行するための作業知能モジュール群の開発、第26回日本ロボット学会学術講演会、展開セッション10、1F2-07、2008
- [2] 佐藤、比留川：次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト、第26回日本ロボット学会学術講演会、展開セッション10、1F1-01、2008
- [3] 松日楽ほか：ロバストに作業を実行するための作業知能モジュール群の開発：システム統合化に向けて、第27回日本ロボット学会学術講演会、展開セッション10、1D3-01、2009