

# 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：プロジェクト概要と進捗

松日楽信人(東芝), 吉見卓(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:

### Project introduction and progress

Nobuto MATSUHIRA, Takashi YOSHIMI (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. And to verify the performance of the robot system, the field experiment will be done in the shopping mall to solve the actual problems.

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

## 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、作業計画知能モジュール、インタラクション知能モジュール、知能化環境モジュール、作業対象物情報取得知能モジュール、移動マニピュレーション知能モジュールの研究開発を行い、実証試験により検証する。最終的に各モジュールは公開することを目指す。本稿ではプロジェクトの概要について紹介する。

## 2. 社会・生活分野作業知能モジュール群の開発

少子高齢化による人手不足を補うために、人手による作業を代行する作業対象として、また、波及効果も大きいと考えられるテーブル片付け作業を行うことで、基礎的な知能モジュールの確立を目指す。

テーブル片付け作業には、公共施設での人との安全性、有限であるが多用な食器群、構造品があり、ハンドリング方法、ふき取り作業などの力制御、収納ワゴンとの連携作業、ロボットへの教示の問題など、現在、ロボットを実用化する際の多用な課題を含んでいる。この作業に絞ることにより、特定の環境下では確実かつ安全に作業の実行できるロボットシステムを開発する。そのために以下の知能モジュール群を開発する。表1には経産省次世代ロボット知能化技術開発[1]の基本計画との対応を示す。また、図1には提案するロボットシステム構築例を示す。

### (1) 作業計画知能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

作業対象物追跡・位置管理に関する知能モジュール群

### (2) 作業遂行知能モジュール群の開発

作業対象物認識に関する知能モジュール群

対人作業に関する知能モジュール群

## 3. 各知能モジュール群の開発状況

### 3.1 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

ロボットに作業を行わせるための計画知能として「実時間プランニングモジュール」と「知識・状況管理モジュール」

を開発する。「実時間プランニングモジュール」は実時間で直面した状況に対応した複数のプラン群を作成、保持、修正する。状況に応じて選択したプランに従い、作業遂行の実行命令を出力する。このモジュールは分散配置した「知識・状況管理モジュール」が持つ知識や状況を利用して、時々刻々変化する状況に応じた行動計画を立てる。H19年度は「実時間プランニングモジュール」については、アクション実行部の外部モジュールと内部モジュールのインタフェースを検討した。「知識・状況管理モジュール」については、外界監視部における外部モジュールと内部モジュールのインタフェースとイベント対応部のコマンドを検討した。

### 3.2 作業対象物情報取得知能モジュール群の開発

実際の公共施設で、テーブル片付け作業を RT システムで行うには、テーブル上で片付けるべきものと、その位置と姿勢を認識する知能が必要である。片付ける物体の認識と位置と姿勢の検出を、視覚や近接覚・触覚などを用いて行う作業環境認識知能モジュール群を開発する。H19年度は「環境情報センシングモジュール」用に各種センサ(カメラ、LRF など)を評価した。また、「特定の作業対象物体の認識プロトタイプモジュール」として、楕円認識による皿やコップ認識を行った。そして、「作業対象物体の部分エッジ抽出プロトタイプモジュール」としてスプーンやナイフの形状認識の検討を行った。「触覚による単純幾何形状の認識プロトタイプモジュール」の開発では、触覚センサを試作し、直線や円弧の認識を行った。さらに、作業環境認識知能モジュール群の一部として、位置管理モジュ

表1 提案する作業知能モジュール群

基本計画の要求		提案するモジュール群
(1) 作業計画知能モジュール群の開発	① 作業計画に関する知能モジュール群	分散知識を利用したロボストな作業計画知能モジュール インタラクション知能モジュール
	② 作業対象物追跡・位置管理に関する知能モジュール群	作業対象物情報取得知能モジュール 知能化環境モジュール
(2) 作業遂行知能モジュール群の開発	① 作業対象物認識に関する知能モジュール群	作業対象物情報取得知能モジュール 作業環境認識知能モジュール
	② 対人作業に関する知能モジュール群	インタラクション知能モジュール 移動マニピュレーション知能モジュール 知能化環境モジュール

ールヘデータを登録する「環境変化登録モジュール」のインタフェース規格を定めた。

### 3.3 移動マニピュレーション知能モジュール群の開発

ロボットがそのテーブルに近づくために、ロボットの軌道計画とマニピュレーションを行う移動マニピュレーション知能モジュール群を開発する。H19年度は「移動モジュール」と「アーム操作モジュール」については、オープンロボットコントローラアーキテクチャーに基づいた関数群（インタフェース）を検討した。「最適把持位置姿勢生成モジュール」については、ロボットの立ち位置姿勢とアーム手先の位置姿勢の決定方法を検討した。また、冗長性を持つロボットアームにおいて、ユーザが指定する手法で冗長自由度を決定し、現在値との偏差を出力する「冗長性利用モジュール」を開発した。「冗長性利用モジュール」のサブモジュールとして、アームアングル指定冗長性解法モジュール、目的関数指定冗長性解法モジュール、ノルム最小解冗長性解法モジュールを開発し、産総研が開発した、ロボットのソフトウェア開発とシミュレーションのためのソフトウェアプラットフォーム OpenHRP3 上に実装し、動作の検証を行った。

### 3.4 インタラクション知能モジュール群の開発

インタラクション知能モジュールの研究開発は、作業計画および作業遂行知能モジュール群と密接に係り、作業における人とのインタラクション部分を支援する。人との「音声認識」や「指差しなどのジェスチャー認識」のマルチモーダルな相互作用を持ち、対人作業に関する知能モジュール群を、人と対話可能な部品化させた「サービス記述」群で実現し、人からの新たな作業指示（中断、停止、変更）へ対応し、一連の片付け作業を完結させるモジュールである。遂行中のエラーに伴う計画変更や、人への問い合わせの機能も実現する。本モジュール群は、マルチモーダルインタラクション、知能の部品化とマイニング、構造化環境情報の形成と「空間知」構成から成る。H19年度は、これらを統合し、対人作業に関する知識モジュールを構成し、人の指差し動作による変更命令を用いることで、遂行知能の1つのサービス記述に置き換えられることを示した。さらに、マルチモーダルインタラクションにおいては、「ノンバーバルインタラクションモジュール」として、人の指差し動作を画像処理により認識するモジュールを開発した。サービス記述遂行モジュールでは、「知能の部品化技術のプロトタイプモジュール」として、ロボットの動作を細分化し、その組み合わせにより作業を実行可能なモジュールのプロトタイプを開発した。また、「手順実行推移の知的情報共有技術プロトタイプモジュール」として、作業の実行推移状況を関連モジュールに伝達するモジュールのプロトタイプを開発した。

### 3.5 知能化環境モジュールの開発

実際の公共施設内では様々なオブジェクトや、環境内を移動する人やロボットなどの位置情報を管理し、必要に応じてそれを提供し、また、人とロボットが共存する環境での

安全性を保証するには、人とロボットの位置関係に応じて安全度を評価しつつ、ロボットを動作させる必要がある。さらに、利用者へのサービス提供、空間のデザインまでも必要となってくる。知能化環境モジュール群としては、「位置管理モジュール」、「環境サーバ」、「安全度評価モジュール」、「サービス提供モジュール」などのモジュール開発と、その外部提供を目的としたモジュール実用化、実証試験のためのシステム統合化、サービスコンテンツの設計・開発、空間デザインの検討などを行う。H19年度は、「位置管理モジュール」や「環境サーバ」において、位置データの登録・提供を行うための機能設計と、それを利用する際のスキーマなどの標準プロトコル設計を行うとともに、これに基づき、静止・可動オブジェクト「位置管理モジュール」のプロトタイプを試作を行った。「安全度評価モジュール」に関しては、知能化環境が監視機能として安全度を評価し、ロボットへの動作許可を指示するという枠組みを提案し、その評価手法、安全な動作の実現方法などの検討を行った。「サービス提供モジュール」に関しては、公共施設で様々なサービスを提供するための標準プロトコルの基本設計を行った。さらに、サービスコンテンツに関しては、提供するサービスの検討と、情報提示するコンテンツの試作、商業施設の知能化空間デザインの検討を行った。

## 4. おわりに

本稿では、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の概要およびH19年度の成果概要について紹介した。今後、なるべく早くモジュールの公開を目指して開発を進めていく。また、モジュールの相互利用や、作業サブWGにても、他提案機関などとの打合せを重ね、出口イメージの明確化を進めている。

なお、本研究開発はH19年度経産省次世代ロボット知能化技術の研究開発として実施されたものである。

### 参考文献

[1]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10，2008

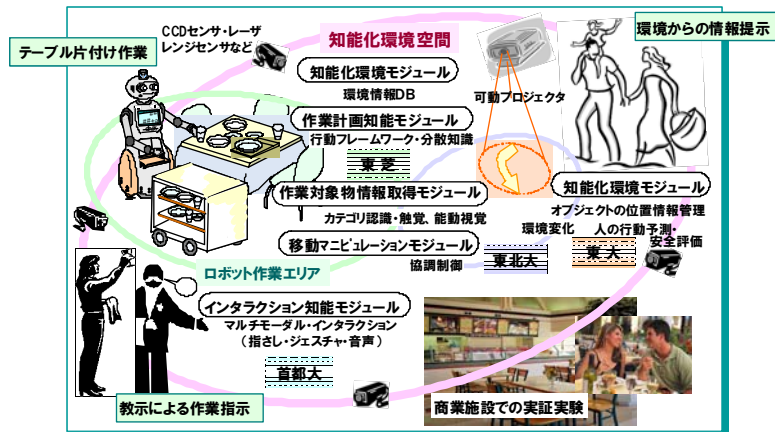


図1 提案するロボットシステムのイメージ