

実生活環境におけるオンライン動作教示・学習機構を備えた 対話型環境適応ヒューマノイドシステム

稲葉雅幸 稲邑哲也 加賀美聡

情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻

概要

ヒューマンロボティクスグループで目指している最終目標の形態として「人間が生活する実空間において、人をさりげなく見守り、必要な時に適切な物理的支援を行うことのできるヒューマノイドロボットの実現」がある。昨年度までに、この目標に到達するための研究プラットフォームである、上半身がヒューマノイド・下半身が移動台車機構であるヒューマノイドロボットを開発した。本年度では、これを実際の人間生活空間に進出させるための基本機能の構築と、そのために必要となるハードウェア・ソフトウェア基盤の整備を行った。



図 1: 導入した実世界生活支援行動の実験環境

1 実世界生活環境での行動へ向けた システム環境

1.1 キッチン・ダイニング環境の導入

実際の「人間が生活する実環境」として、キッチン・ダイニング環境を導入し、その環境内でヒューマノイドが人間から指示を受け、料理や飲み物を適切な場所に配膳し、不必要となった食器を片付ける、という応用アプリケーションに向けた実験環境を整えた。

研究室の一角に設置したキッチン・ダイニング環境を図 1 に示す。この環境において、皿、食器や机の認識、基本的な道具の取り扱い実験を行った。

1.2 ヒューマノイドプラットフォームのシステム改良

昨年度に導入したヒューマノイドプラットフォームを用いて、実世界生活空間での行動実験をよりロバストに実現するために、以下のハードウェアの改良を行った。

高度な自律行動のためのレーザレンジファインダ
自然な生活空間で人間と共に行動するためには、人間の存在する位置の把握や障害物の認識等は非常に重要なタスクとなり、カメラ画像だけでなく、精度の高いセンシングが求められる。そのために、レーザレンジファインダ (Laser Range Finder, 以下 LRF) を導入した。導入した LRF は SICK 社製の LMS-290 で、前方 180 度の水平線面に存在する障害物までの距離を数 [mm] 単位での誤差で最大約 8[m] まで計測することが可能である。これを用いた距離マップで、部屋から部屋へ移動するナビゲーションが可能であることも確認した。

道具の取り扱いのための冗長自由度ハンドの導入
当初取り付けられたいたハンドの自由度は手首 2 自由度があったが、道具を取り扱うことを考えた場合、この自由度配置はややもの足りないものとなる。そこで今年度は手首自由度を 1 増やし、腕全体で 7 自由度とすることで冗長マニピュレータを構成することとした。

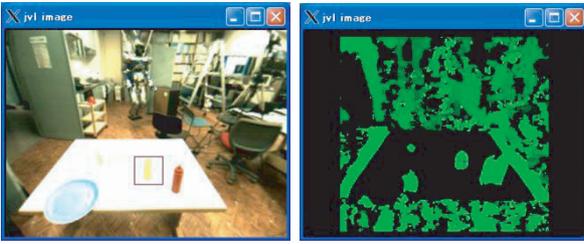


図 2: 3次元視覚処理に基づく物体把持実験(左) 入力画像(右) 3次元距離計測結果

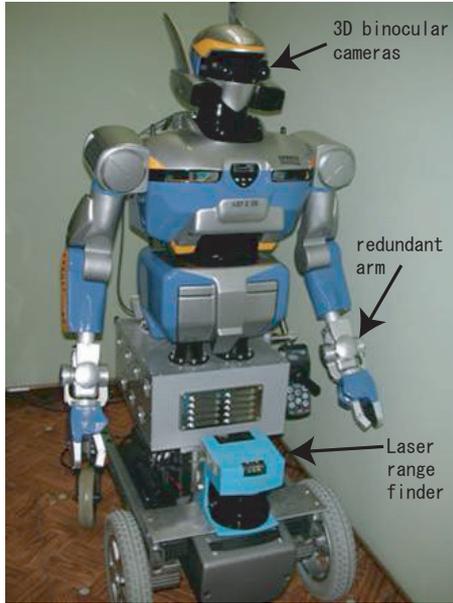


図 3: 改良後のヒューマノイドプラットフォーム

ハンドアイシステムのためのリアルタイム3次元視覚 また、前節で述べたようなキッチン環境で道具を扱ったり、人間を認識したりするための実時間3次元視覚システムを導入し、視覚に基づく自律的物体把持のためのハードウェア・ソフトウェア基盤を構築した。その実時間画像処理の内部画面を図2に示す。また、改良したヒューマノイドロボットプラットフォームの全体像を図3に示す。

2 自律行動と動作教示を統合する遠隔操縦システムの構築

複雑な実世界生活環境において、ヒューマノイドロボットに適切な動作を行わせるため、環境の



図 4: 遠隔操作のためのインターフェース

3次元形状モデルと目的行動のタスクモデルを与え、モーションプランナーで動作系列を生成する手法を開発してきた[1]。このアプローチの問題点としては、環境の形状モデルを精度よく構築することの困難性が挙げられる。実際の生活環境においてヒューマノイドロボットを使用することを考えた場合、机や椅子など、多数の日常生活用品の3次元モデルをあらかじめ記述することは困難であり、視覚センサを用いてモデルを獲得することも処理時間的な側面から非現実的である。このようなアプローチに代わって考えられるのが、人間に質問を行ったりアドバイスを求めたりすることで、簡単な動作を覚えてもらうことのできるインターフェースの実現である。

もともと人間とともに活動し、人間を支援するという前提で用いられるロボットであるので、教示を行うユーザが負担を感じることなく動作を獲得できるようなインターフェース技術が求められる。また、ただ単純に動作を人間が教示するだけでなく、その教示された行動を学習することで、よりユーザに負担をかけないように努力をしたり、ロボットの自律行動に対して人間が好みの動作を操縦によって修正する、などの応用の仕方が可能となり、ヒューマノイドの行動実現の可能性が大きく広がる。

このような方向へ向けた動作教示システムの開発に際して、自律行動と動作教示を同時に行い、それぞれのモードを対話的に切り替えることで状況に応じた適切な動作を実現することが可能になった[2]。具体的には、状況判断マネージャーがセンサや人間からの指示を常に観察し、その場の状況に応じて適切と思われる行動を推論する機構をベイジアンネットワークによる推論モデルで実現し、判断の正しさを確信度というアナログ値で

出力する。マネージャの判断の確信度が高い場合にはユーザの指示に対して確認を求め、確信度が低い場合にはユーザに対して指示を仰ぐなどの行動の切り替えを行う。



図 5: 遠隔操作による日常生活支援行動のオンライン教示実験



図 6: 屋外環境におけるデモンストレーション実験

この遠隔操作システムを用いて、日常生活支援行動を教示する実験の例を図 5 に示す。

2.1 屋内外における遠隔操縦実験

ユーザがロボットに指示を送る際、図 4 に示すような遠隔操作デバイスを用いる。ここにはジョイスティック型の入力デバイスを含め、6次元の位置姿勢を入力することのできる3次元マウスなども導入しており、音声認識・音声合成による音声インタラクションも可能となっている。

このヒューマノイドロボットの特徴は、研究室の限られた環境に留まらず、いつでもどこでも移動し行動し続けられることである。実際に、大学

が属している町内の催し（餅つき大会）において、ロボットのデモンストレーションを依頼された際にも、事前調査情報がほぼ存在しない状況にもかかわらず、その場のオンライン操縦によって、食器を受け渡す行動や、臼に水を入れる行動などを実現することに成功した。その実験の様子を図 6 に示す。

3 ポータブルなオンライン全身動作教示デバイス

前節で説明した遠隔操作型のインタフェースでは、ジョイスティック型の入力デバイスを用いているが、より自然な動作教示のためには人間がその場その場の状況に応じて実際に動作をパフォーマンスしてみせるのが一番効果的である。そのためにモーションキャプチャシステムの導入を図った。ここで、ヒューマノイドロボットがいつでもどこでも行動することを踏まえて、屋外での実験などにも活用できるようなポータブルタイプのモーションキャプチャシステムを選定した。



図 7: ポータブルなモーションキャプチャデバイス

導入したモーションキャプチャデバイスは Animazoo 社製の Gypsy Gyro で、図 7 のように全身に 17 個のセラミックジャイロセンサーを装着することで動作の計測を行う。一つ当たりのジャイロセンサは 3 軸の姿勢を 120[fps] のサンプリングレートで計測することが可能であり、装着する人物のキネマティクスパラメータを設定することで、全身のリンクの位置姿勢も求めることができる。このモーションキャプチャで計測した動作に基づいてロボットの動作を生成させる際、人間とロボットのキネマティクスパラメータは当然異なるため、手先の位置姿勢を注目すべき物理量とし、それを再現するような処理を逆運動学を解くことで実現している。このモーションキャプチャシステムを用いた動作教示の様子を図 8 に示す。



図 8: モーションキャプチャデバイスによるオンライン動作教示

4 対話による共有経験の記憶機構

昨年度までに、ユーザからの曖昧な指示に応じて音声対話を行い、目的の行動を可能とするためのシンボルレベルでのインタラクションシステムの開発を行ってきた。今年度はこのシンボルレベルの対話に加え、人間・ロボット・環境間の物理的なやりとりの履歴を経験として記憶し、それを学習や行動発達に利用するための拡張記憶モデルの構築に取り組んだ [3]。

この記憶モデルは図 9 のように人間から教示された時系列動作パターンや対話に用いられたシンボル情報だけでなく、視覚センサ、レーザレンジファインダなどを用いて取得した空間的環境モデルを保持することが可能となっており、人間とロボットがどのように環境内に存在しながらインタラクションを行ったのか、ということが解析可能になっている。

5 おわりに

本年度は人間の生活空間環境における適応行動の実現に向けて、身体インタラクションによるオンライン動作教示システム、教示と自律行動の統合、対話経験や記憶の管理、等の基本的機能の充実を図った。来年度ではこれらのサブシステムを統合し、キッチン環境等の実環境において、人間の生活支援のためのシステム統合の方法論、対人行動への展開などにむけて取り組んで行く予定である。

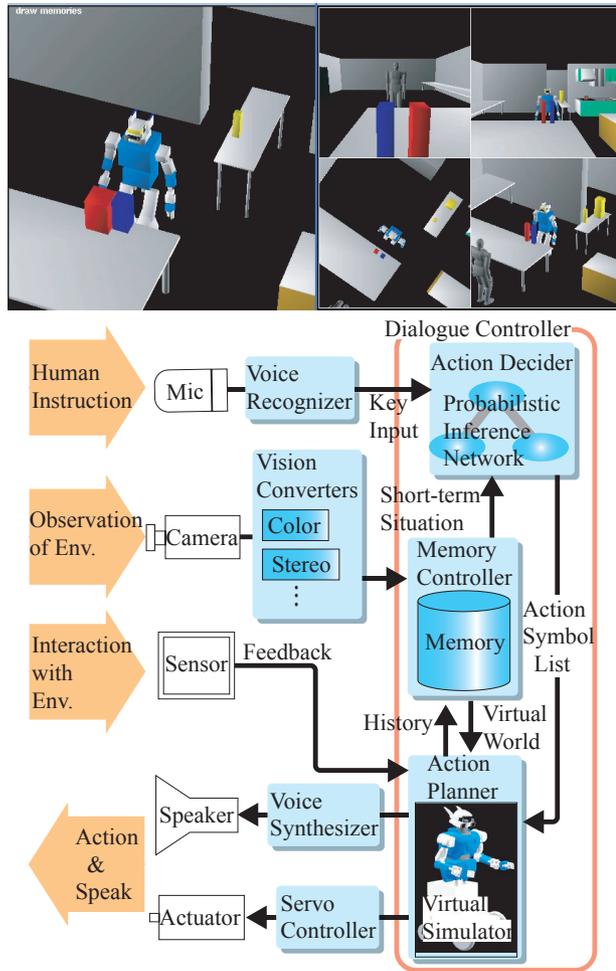


図 9: 環境空間記憶を伴う経験記憶システムの概要

参考文献

- [1] Kei Okada, Atsushi Haneda, Hiroyuki Nakai, Masayuki Inaba, and Hirochika Inoue. Environment Manipulation Planner for Humanoid Robots Using Task Graph That Generates Action Sequence. In *Proc. of the Int'l Conf. on Intelligent Robotics and Systems (IROS'04)*, pp. 1174–1179, 2004.
- [2] 古城直樹, 園田朋之, 稲邑哲也, 稲葉雅幸. 自律行動と遠隔操作の対話的切替え機構を備えたヒューマノイドシステムの構成法. 第 5 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, pp. 527–528, 2004.
- [3] 川路友博, 岡田慧, 稲邑哲也, 稲葉雅幸. 物体の存在確率を表現する空間記憶を観察と対話によって獲得するロボットの行動決定システム. 第 5 回 SICE システムインテグレーション部門講演会講演概要集, pp. 170–171, 2004.