

日常生活支援型ヒューマノイドにおける対人行動の展開

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

HRグループで目指している、人間の生活を見守り、日常生活における行動を物理的に支援してくれるヒューマノイドの実現を目指し、本年度は対人行動、音響理解に基づく行動決定、インタラクティブな行動教示・模倣システムの構築を行った。

はじめに

本研究グループでは今までに日常生活支援型のヒューマノイドとして、車輪移動型ヒューマノイドを開発して来ている。このロボットは上半身が川田工業社製の と呼ばれる市販のロボットで、下半身に電動車椅子の移動モジュールを取り付けたものである。移動機構を車輪とすることで、二足歩行の制御問題を気にすることなく、知能や対人インタラクションの問題に集中して研究を行うことが可能な構成となっている。以下に本年度に実現されたヒューマノイドの要素技術、および日常生活支援行動への応用例について述べる。

視聴力覚を統合した日常生活空間での支援行動

人間の日常生活の中には、単に視覚だけを用いて作業をするのではなく、音を聞いたり、力を感じたりして行動を進めて行くことがごく自然な姿である。日常生活支援行動にはこれらのセンシング情報の統合的な理解が必要である。視・聴・力覚を用いた作業としてゴミ捨てタスクに着目し、車輪

型ヒューマノイドロボットにおける実験を行った。実験の様子を図 に示す。図中 ～ ではロボット前面に設置されたトレイに置かれた飲料の容器を視覚で検出し、ペットボトルか缶かをパターンマッチングで分類している。また手首の力センサを用いて中身が入っているか否かを判定する。実際にゴミ捨て動作に移る前に、自分の稼働範囲に人間が立っていないかをチェックし(図中)、危険な場合には声で注意を促してから動作を実行する。ゴミ箱の縁の色を手がかりにゴミを分別した上で捨てることが可能となった。

音響処理に基づく行動決定

実世界では画像情報にノイズが乗りやすく、視覚だけでなく、聴覚も用いて状況の判断をすることが有効となる。図 は、音源方向の定位処理と視覚による物体認識を統合して、音の鳴っている携帯電話をユーザに手渡す実験の様子である。音源定位だけでは、似たような見た目の携帯電話が同じ方向にあった場合分別ができない。そこで、自ら候補となる携帯電話を手にとって動かしながら音源を定位し、能動的に対象物を動作させた結果と音源定位の結果を照合して、目的の携帯電話を同定することが可能となった。

また、ゴミの分別を行う際に視覚情報では判別が難しい場合には、自ら容器を叩き、発生する衝撃音を用いて容器の材質を判別する機能を実現した。例えば、アルミ缶とスチール缶は見た目はほとんど変わらないが、叩いた時に生じる音の特徴量に大きな違いが見られる。このように音響情報をアクティブに取得するための行為プランと音響処理の統合を実現した。

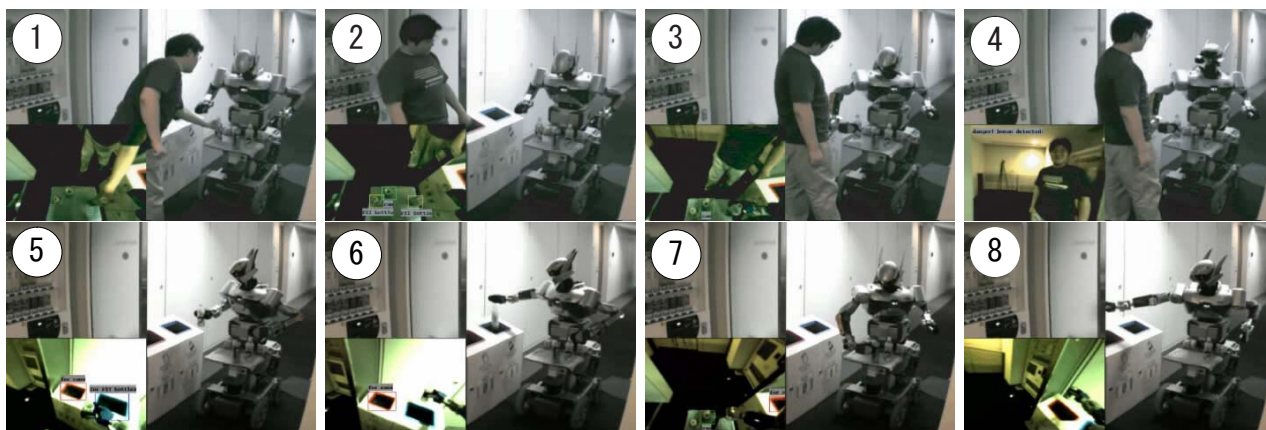


図 視・聴・力覚の統合によるゴミの分別実験の様子

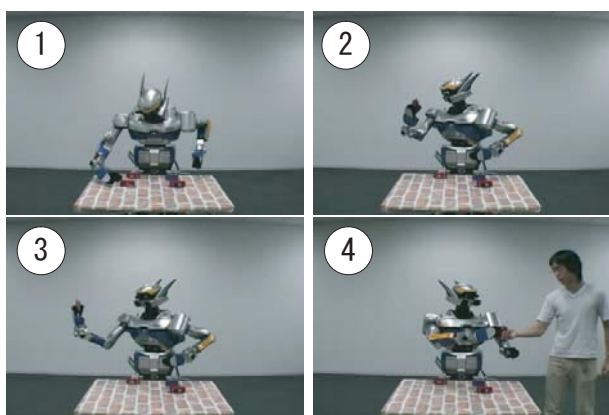


図 視覚と音源定位の統合による対象物の同定実験

レーザレンジファインダと 次元平面検出器を用いた環境理解

視覚以外の環境理解のセンシングデバイスとして、レーザレンジファインダを用いているが、これにステレオカメラによって取得した平面領域検出モジュールを付加し、環境の次元マップを獲得する手法を考案した。図に実験の様子と結果を示す。一番下の図が獲得されたマップである。壁面だけでなく、机の領域が判別されて検出されていることが分かる。

インタラクティブな対人行為

ヒューマノイドにタスクを実行させるための手段として、開発者があらかじめ環境を想定したプログラムを埋め込むのは非効率的である。未知の環境下における行動戦略をその場その場で教示し、学習して行くための基盤システムを開発した。

指さし動作認識による日常生活空間での対象物指示

状況に応じて、操作する対象物を指定し、どの場所に動かすのか、どのような作業を行えば良いのか、という情報を指定するには、自然言語だけでなく指さし動作を用いるのが自然なコミュニケーションの形態といえる。そこで、ステレオカメラによる指さし動作認識を導入した。検出された指さし方向の誤差を確率モデルで表現し、判別が難しい曖昧な場合には質問対話行動が生成されるよう、従来のヒューマノイドのための記憶モデルと統合できる形とした。

図に、道具の場所、道具の使い方を指さし動作によって教示している実験の様子を示す。ポットでお湯を注ぐためには給湯ボタンを押す動作が必要となるが、このボタンの場所と動作のさせ方を教示できるように、文脈によって指さしの意味を切り替えて理解する枠組みの提案を行った。



図 指さし動作による動作の教示実験

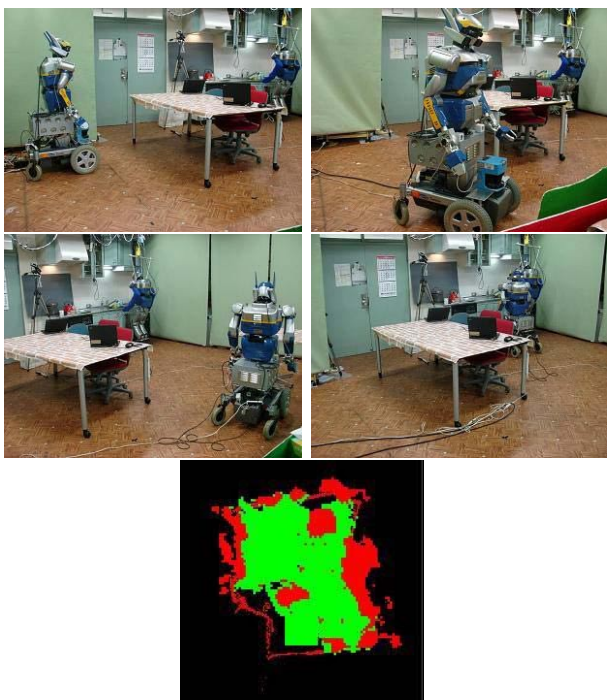


図 レーザーレンジファインダと平面検出モジュールによる 処理

タスクの着目点と感覚運動の相互想起モデルによる模倣

人間によって実演された行動を観察し、模倣することで新しいタスクの実現方法を獲得させるために、現在までに開発してきた連続分布型隠れマルコフモデルを用いた感覚運動パターンの相互想起モデルを基盤とする、原始的なシンボルを介した目的レベルの模倣手法を考案した。さらに、単純に教示された運動パターンを再生することで模倣をするのではなく、タスク達成のために満た

すべき条件を模倣対象とすることで適切な目的を達成する「目的レベル模倣」を目指した。

目的を達成するために満たすべき条件を「着目点」と呼び、その最もプリミティブな情報として、手先の位置姿勢、左右の手先の相対位置姿勢などの幾何学的な拘束条件を採用した。人間から教示された感覚運動パターン、および着目すべき拘束条件パターンは、上記の相互想起モデルによって、図のように空間上の静止点としてシンボル化される。教示が終了した後、ロボットが人間の動作の模倣を行う際、観測された人間の行動は、空間上のある点に転写され、その点に最も近い既存の点に対応する動作パターンおよび着目点情報が想起される。この着目点情報付きの動作パターンを模倣対象とすることで、目的に沿った動作を再現して行くことが可能となる。

コップに水を注ぐ、机の上を布巾で拭く、の2つの動作について、モーションキャプチャシステムを用いて運動パターンと着目点情報をあらかじめ教示し、原始シンボル空間を作成した。なお、使用した着目点としては、左右の手先の相対位置の拘束、手先の位置姿勢の拘束などである。教示と学習が終わった後、人間がこれらの動作を連続して行って見せ、ロボットがその動作を認識しオンラインで模倣する実験を行った様子を図と図に示す。図から分かるように、人間が理想的な動作と違う動作を行った場合でも、動作パターンから満たすべき拘束条件を想起することが可能なため、適切な動作に修正するモジュールが働き、適切な条件を満たした動作が生成されていることが分かる。

おわりに

現在ヒューマノイドは、実世界情報システムプロジェクトで開発されたショールームにおいて、料理や飲み物の配膳、ゴミの片付けタスクなどを実現することを目標に据えている。来年度は対人音声対話システムを組み込み、状況に応じてユーザーと対話しながら日常支援行動を行う最終段階へと進めて行く予定である。

参考文献

五十棲 赤地 平田 金子 梶田 比留川 ヒューマノイドロボットの開発 日本ロボット学会誌

杉山 吉海 岡田 稲邑 稲葉 生活音の認識と音源定位によるヒューマノイドの動作計画のための日常生活環境推定 第 回日本ロボット学会学術講演会講演論文集

得津 杉山 古城 岡田 稲邑 稲葉 物を叩いたときに出る音を覚えて学習するヒューマノイドの研究 第 回日本ロボット学会学術講演会講演論文集

川路 稲邑 岡田 稲葉 確率的表現に基づくロボットとの対話行動のための空間情報と文脈の記憶管理システム 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会

大久保 岡田 稲邑 稲葉 ロボットの日常生活支援行動のオンサイト教示のための指さしジェスチャー認識信学技報

稲邑 坂本 園田 古城 岡田 稲葉 タスクの注目点を対話的に教示可能なモーションキャプチャを用いた目的模倣システム 第 回日本ロボット学会学術講演会予稿集

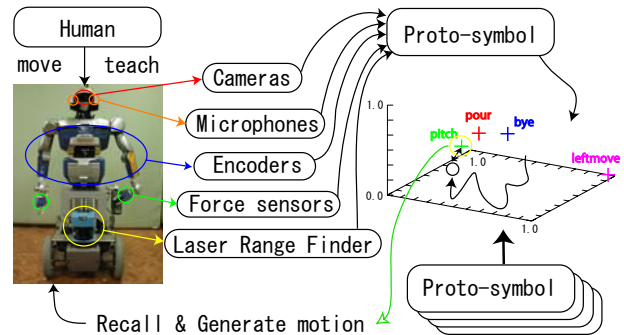


図 原始シンボル空間を用いた感覚運動の相互想起モデル



図 机を拭く動作の模倣実験

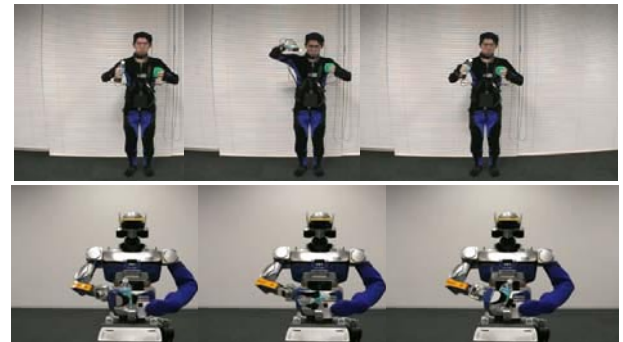


図 水を注ぐ動作の模倣実験