

共有経験に基づく対話行動を行うヒューマノイドロボット

稲邑哲也 稲葉雅幸 井上博允

情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻

概要

人間の日常生活を見守り、それを支援するためのロボットには、人間とのコミュニケーション能力、経験からの学習や推測機能などが欠かせない。従来までのロボットにおけるコミュニケーションの研究と、学習や推論に基づく行動計画の研究は、それらの間に密接な関係があるにもかかわらず、独立に進歩を続けて来ていた。ここでは、これらの二つの機能の間の密接な関係について考察を行いながら、それを日常生活で人間を支援するようなヒューマノイドロボット上において実装する方法論についての提案を行う。また、このようなタスク指向、コンテンツ指向のロボットにおいてハードウェア/ソフトウェアの開発研究をスムーズに行うためのプラットフォームの提案を行う。

1 はじめに

現在のヒューマノイドロボットの研究は、二足歩行制御やボディ機構の開発など、基本的な行動実現に関する部分についてはある程度のレベルに到達しつつある。近年ではペットロボットや留守番機能を持つロボットに注目が集まるようになってきており、これからのヒューマノイドロボットの研究の方向性としても、実際の日常生活の場面において、本当に有効に活用できるような、ハードウェア/ソフトウェアの双方を統合的に考慮したタスクやアプリケーション等のコンテンツ展開に重要性が求められて行くであろう。

そのような研究の展開を行う際に重要となるのが、人間を見守り、話しかけ、手を差し伸べる、という対人行動であるが、その中でも特に、開発者が埋め込んだ枠組みではなく、ユーザから教わったことを順次蓄積しながら、その場その場の状況に対応して行く能力に焦点を当てるべきであると考えている。

本稿ではそのコンセプトを実現する上でハードウェア/ソフトウェアの双方から有効となる

アプローチを提案する。2章で、経験を蓄積し、それに基づいて環境やユーザのモデルを獲得し、対人行動を発達させるための情報処理の枠組みについて述べる。3章では、「実験室で数十秒だけ動作し、その後は電源を切る」というのではなく、日常生活空間において長時間連続して稼働し続け、人との対話経験を蓄積するための、ヒューマノイドロボットのプラットフォームを提案する。

2 共有経験に基づくヒューマン・ロボット・インタラクション

日常生活空間における人間との対話行動を考えると、問題点となってくるのが、

- ・ 学習や行動を中断せずに動作し続ける行動の連続性
- ・ センサノイズやユーザの曖昧な指示などの不確実性への対応
- ・ 新規の環境への適応性
- ・ ユーザ個人の嗜好などのモデル化

などの点である。これらの問題に対応するために、対話経験を蓄積するのであるが、経験データを直接記録するのではなく、統計を用いて確率的に表現するアプローチを取り、ベイジアンネットワーク[1]と呼ばれる統計モデルを導入した。ベイジアンネットワークは複数の事象間の因果関係を確率を用いて表現する推論モデルであり、実際に移動ロボットの地図獲得、コンピュータのエラー診断、対話システムなど、幅広く応用されている手法である。これを用いたロボットの行動モデルを図1に示す。

この行動モデルでは、まず でロボットは人間からの教示された行動と、その時に観察されるセンサデータを蓄積する。 でそのデータ間に存在する因果関係を統計的なパラメータによって記述し、ユーザが指示を行わない自律モードの においては、センサデータから適切な行動を推論して、 矛盾や曖昧性が残る場合にはその推論結果

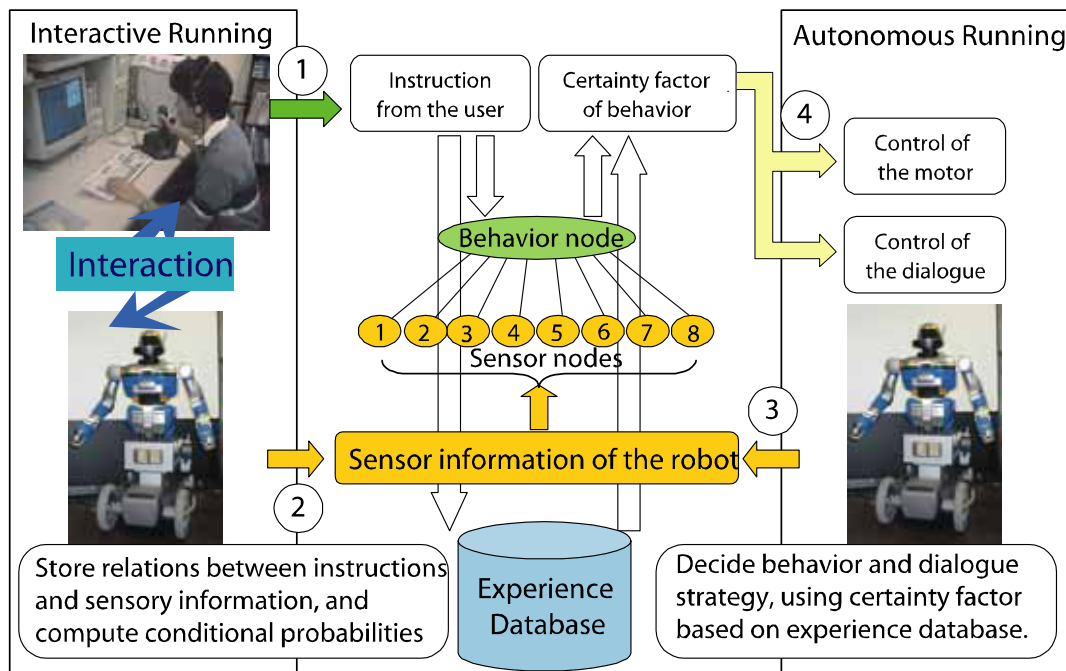


図1 統計的経験表現モデルとそれに基づく意志決定・対話生成の構成

を参考にして質問や提案を行う．ということが可能となっている．

このモデルの利点は，

(a) ロボットと人間がインタラクションを重ねた経験から単純な統計計算を用いて，オンラインでの意思決定モデルの獲得が可能になる．

(b) 言語的な対話の結果を表現しやすく，事象間の関係をシンボルで説明する事が可能である．

(c) ユーザの好みや嗜好などを反映した行動モデルを構築する事が可能である．

(d) 意思決定に必要な情報のうち，一部の情報が得られただけで，経験を活用してある程度の精度で意思決定を行う事が可能．

という所にある．

具体的にはこのモデルを用いて新規環境での障害物回避行動戦略の学習，物体の見え方とその表現の仕方の学習，ユーザと効果的な対話を複数存在する物体から対象物を特定するタスク[1]，などを実現している．

3 コンテンツ指向型ヒューマノイドプラットフォーム

一般的にヒューマノイドのような複雑で自由度の高いロボットのアプリケーションを構築す

るためには，画像処理，音声処理（音声認識），運動制御，物体認識・把持操作，センサ情報の取得と記憶，経験からの学習等，様々な種類の情報処理モジュールを必要とする．コンテンツ指向のヒューマノイドの場合，この傾向は顕著であり，特に大規模なデモンストレーションを計画した場合，単一の研究室，個人レベルではソフトウェアが設計できない状態にある．

実際に，本 21 世紀 COE の持つ特徴の一つである融合型プロジェクトの枠組みでは，ネオサイバネティクスグループにおいて，CG の擬人化エージェントが顔の表情を用いたり，自然な発話をしたりして人間とインタラクションをするためのソフトウェアプラットフォームが開発されている．このようなプロジェクト同士を融合して行くにはソフトウェアやハードウェアのモジュール化，プラットフォーム化が必要不可欠になる．

すなわち，各研究グループ，各開発者が共通のプラットフォーム上でコンテンツを設計・開発し，それを持ち寄ることでアプリケーションが統合できるような枠組みを設けることが非常に重要な戦略となってくる．平成 15 年度は，このような戦略に基づいたヒューマノイドロボットプラットフォームの開発を進めたので，ここに述べる．



図2 ヒューマノイドロボットプラットフォーム HRP-2W

3.1 ヒューマノイドのハードウェア構成

人間とロボットが経験を共有し、その蓄積された経験から行動知能を発展させていく研究を実施するために、上半身がヒューマノイド、下半身が車輪の移動機構であるヒューマノイドプラットフォームを開発した。上半身のヒューマノイドによってマニピュレーションなど様々なタスクを可能とし、車輪による移動機構により、転倒の危険性を排除して、高度な知能の研究に集中できるプラットフォームとした。

図2に開発したヒューマノイドを、図3にその構成図を示す。

このヒューマノイドの上半身は、1998年より5カ年計画で実施された経済産業省・NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)の「人間協調・共存型ロボットシステムの開発」(通称HRP:Humanoid Robot Project)で最終成果として開発されたヒューマノイドロボット HRP-2[2]である。頭部に2自由度、片腕に6自由度、腰部に2自由度のアクチュエーターを有し、電池駆動で自立動作が可能となっている。また、無線LANにより外部の計算機資源とも容易に接続可能な構成となっている。外界の認識のためのセンサと

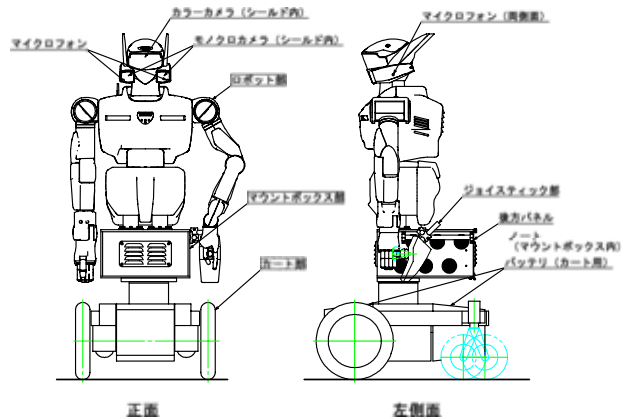


図3 プラットフォーム構成図

して、色情報取得用のカラーカメラ×1個、3次元形状把握・環境モデル構築のためのモノクロのステレオカメラ、音声認識・音源定位のための4つのマイクロフォン、物体との接触検知や人間と触れ合いながらの対話行動を実現するための6軸力センサ(左右の手首)などを搭載している。

下半身部は市販の車椅子を利用しており、2つの駆動輪を用いた移動が可能となっている。また、垂直に上下するスライド機構の上に上半身ヒューマノイドモジュールを搭載することにより、身長を最高171cm、最低141cmと変動させることが可能となっている。足によるかがみ込み動作ができない分、このスライド機構で手先のリーチング範囲をカバーすることが可能である。

また、長時間のインタラクションを継続的に行い、経験データを蓄積し続けられるようにするため、電池にはゲルバッテリーを採用し、連続稼働5時間を実現している。



図4 (左)スライド機構が一番低い位置の状態 (右)スライド機構が一倍高い位置の状態

3.2 ソフトウェア構成

ヒューマノイドプラットフォームは、モータ制御、軌道計画、から始まり、外界のセンシング、画像処理、音声対話処理、ユーザインタフェースなど、多数のサブシステムから成る。また、5つの研究グループの研究成果をこのプラットフォーム上で統合することを予定しているが、その際、問題となるのが、共通APIの欠如やOS・プログラミング言語の差異による統合の不整合、複数プロセッサ上のプロセスの煩雑な非同期通信・統合の必要性、である。本プロジェクトではこれらの問題を解決するために、ネットワーク分散型プログラミングを実現する枠組みであるCORBAを導入した[3]。これによりIDLによる共通APIの記述が可能となり、各グループが個別に、独自のOS、独自のプログラミング言語を用いて各サブシステムを開発することが可能となった。このソフトウェアシステムの構成を図5に、構築したシミュレーション環境を図6に示す。

ヒューマノイドのみならず、様々なサブシステムを統合して実現する必要がある複雑なシステムを、複数のグループで開発する場合、このような分散処理の枠組みは実際の処理の分散化だけでなく、開発や統合をスムーズにすることが期待される。

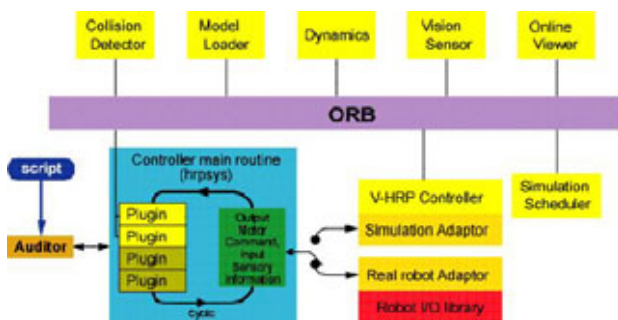


図5 CORBAに基づくネットワーク分散型のヒューマノイドソフトウェア構成

4 おわりに

日常生活という実世界を対象として、人間と対話を行いながら行動を発達させて行くためのアプローチを示し、プロジェクト融合型のアプリケーション開発を可能とするヒューマノイドロボットのプラットフォームの開発を行った。

このヒューマノイドロボットプラットフォームは21世紀COEの各研究グループが共有して用

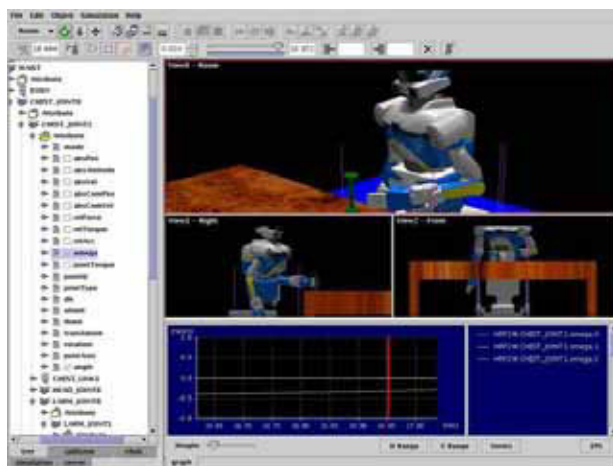


図6 ヒューマノイドのシミュレーション環境



図7 視覚と音声対話を用いた人間とのインタラクション実験

いることができる体勢を目指しており、本年度はそれに向けた第一歩としてソフトウェア開発についての講習会を3回行い、共通プラットフォームとしての位置づけを展開した。

平成16年度以降は、知覚・認識、行動計画、経験に基づく意志決定、対話制御等の各情報処理を統合させ、部屋の片づけタスクや建物内での配達タスクなど、コンテンツ指向の研究を進めて行く予定である。

参考文献

[1] 稲邑：“ロボティクスにおけるベイジアンネットの応用 - 実世界で活動するロボットのための経験的自律行動モデル -”，人工知能学会誌，Vol.17, No.5, pp.546-552, 2002。
 [2] 五十棲：“ヒューマノイドロボットプラットフォームHRP-2の事業化”，日本ロボット学会誌，Vol.22, No.1, pp.15-17, 2004。
 [3] 金広：“ヒューマノイドソフトウェアプラットフォーム OpenHRP とその応用事例”，日本ロボット学会誌，Vol.21, No.6, pp.609-614, 2003。