

# 人間型ロボットにおける対話エージェント

Communication Agent embedded in Humanoid Robot

西山高史\*, 星野洋\*, 澤田一哉\*, 馬場朗\*, 関根剛宏\*, 山田和喜男\*, 寺澤章\*, 仲島了治\*,  
徳永吉彦\*\*, 米田光徳\*\*

Takashi NISHIYAMA, Hiroshi HOSHINO, Kazuya SAWADA, Akira BABA, Takehiro SEKINE, Wakio YAMADA,  
Akira TERASAWA, Ryoji NAKAJIMA, Yoshihiko TOKUNAGA and Mitsunori YONEDA

松下電工(株) ソフトテクノロジー研究所\* システム開発推進部\*\*

(〒571-8686 大阪府門真市大字門真 1048, {takashi, hoshino, sawada}@ai.mew.co.jp, {baba, sekine}@trc.mew.co.jp,  
yamada@crl.mew.co.jp, {terasawa, tokunaga, yonedam}@icrl.mew.co.jp)

**Abstract:** METI has launched a national 5-year-project called Humanoid Robotics Project (HRP) since 1998FY. Because humanoid robots have a human-like figure and are able to walk in a biped way and can take an action like a human being, we consider applying the humanoid robot platform in HRP to service fields of caring people such as the elderly, patients, etc. Taking the technical limitation of the current humanoid robot into account, we assume a situation where the robot serves such people. We consider the class of users: a nurse, a patient, and a person in a remote site. A communication agent embedded in the robot is introduced, which communicates with such classes of users.

**Key Words:** humanoid robotics system, communication agent

## 1. はじめに

近年, 人間型ロボットの研究が実ロボットとしてもソフトロボットとしても盛んになりつつある[1]. 本報告では, これら実ロボットならびにソフトロボットに共通して組み込み可能な, ユーザとの対話エージェントに関する我々の取り組みについて述べる.

以下2, 3章では, 経済産業省プロジェクト「人間協調・共存型ロボットシステムの研究開発」(平成10~14年度)の後期フェーズ(平成12~14年度)において, 筆者らが開発した対人サービス向け人間協調・共存型ロボットシステムにおける対話エージェントを紹介する[2],[3]. 人間型ロボットは人間らしい形状と動作を伴う対人親和性から, 対人サービス分野へ馴染みやすいと考えた. 我々は人間型ロボットを病室の模型に配し, 被介護者を含めた様々なユーザの行動をロボットに支援させるシーンを想定し(Fig.1), システムを実稼動させる研究を行った. ユーザとして介護者, 被介護者ならびにその遠隔地家族を想定し, それらのユーザは人間型ロボットに組み込まれた対話エージェントとコミュニケーションできる.

経済産業省プロジェクトで開発した対話エージェントは, 人工知能を応用して知的機能を組み込んだものであるが, 人間同士の対話にみられるような感情を伴った交流にはほど遠い. そこで4章では, 総務省プロジェクト「ヒューマノイド・エージェントの構成技術と応用に関する研究」(平成14~16年度)で最近着手した, 人工感情を有する対話エージェントへの取り組みの一端について紹介する.

## 2. 対人サービス向け人間協調・共存型ロボットシステム

1. で述べたように, 我々は対人サービス向け人間協調・共存型ロボットシステムのユーザとして, 介護者, 被介護者ならびにその遠隔地家族の3つのクラスを考え, それらクラスのユーザニーズとして以下を想定した.

- 1) 介護者は自らの作業の一部をロボットに任せたい.
- 2) 被介護者は身の回り作業をロボットに助けて欲しい.
- 3) 遠隔地家族はロボットを介して被介護者と身近な感覚で会話したい.

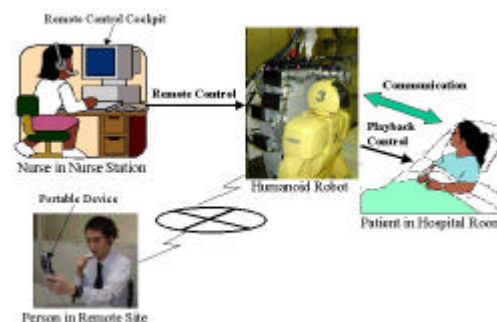


Fig.1 対人サービスシステムの活用シーン

いずれのクラスのユーザも, 人間型ロボットに自らの要求を依頼することになるので, これらユーザとロボットのインタフェースとして対話エージェントを導入した. 対話エージェントは Fig.2 に示すように人間型ロボットに組み込まれたもので, 以下のように振る舞う.

- ・ 3つのクラスのユーザからの要求を解釈する.

- ・ 要求が定型作業か非定型作業かを自らのもつ知識に照らして判断し、各作業の実行を担当する制御部に実行を依頼する。
- ・ 制御部における作業の実行状況を監視し、必要であれば人間型ロボット周囲の人に実行状況をわかりやすく提示する。

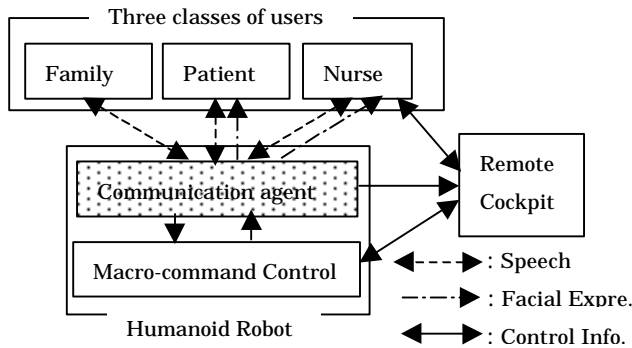


Fig.2 人間型ロボットにおける対話エージェント

ここで定型作業とは、本システムのユーザが人間型ロボットに教示し登録したものを指す。本プロジェクトでは、定型作業の教示システムとして**拡張動作ライブラリシステム<sup>1</sup>**と呼ばれる VR システムを開発した。これはロボットとその稼動環境を VR 環境で実現したもので、定型作業を実行するコマンドを VR 環境内で事前にシミュレートし、確認の上でコマンド登録するものである。登録されたコマンドを逐次実行する部分は**マクロコマンド制御部<sup>2</sup>** (Fig.2) と呼ばれる。一方、非定型作業とは、未だコマンド登録されていない作業を指すもので、人間操作者の直感や大局的な判断が必要と考えるものである。本プロジェクトでは人間操作者として介護者を想定し、介護者がロボットを遠隔操作するための**遠隔操作コックピット** (Fig.3) を開発中した。



Fig.3 遠隔操作コックピットの外観

### 3. 対人サービス向け人間型ロボットにおける対話エージェント

#### 3.1 対話エージェントの概要

2.で述べた3つのクラスのユーザが人間型ロボットに作業を要求する場合、ユーザに負担のかからないのは音声を使う場合である。したがって対話エージェントは、

ユーザと音声による対話を通じて、ユーザの要求する作業内容を絞り込み、理解、把握する。

ユーザが人間型ロボット周辺にいる介護者あるいは被介護者の場合、対話エージェントはこれらのユーザと face to face で対話できる。したがって対話エージェント自体は、これらのユーザ要求に対する自らの理解状況に関し、音声以外の別のモダリティも使ってユーザ（介護者、被介護者）に表現できる。そこで本プロジェクトでは、CG による擬人的な顔と人間型ロボット自体の動作も表現手段として活用した。一方、ユーザが遠隔地家族の場合、対話エージェントはネットワーク経由で遠隔地家族と対話する。プロジェクトでは遠隔地家族のために**携帯端末型ロボット操作インターフェース**を試作した。これを使って遠隔地家族はネットワーク経由で対話エージェントと対話できる。ネットワーク経由の場合、遠隔地家族と対話エージェントとの対話のモダリティは音声のみである。

#### 3.2 対話エージェントの機能

- 本プロジェクトでは対話エージェントは、
- 3つのクラスのユーザとの音声対話
- 複数ユーザからの要求対応
- 介護者あるいは被介護者に対する顔表現
- 人間型ロボットの身振り制御
- 人間型ロボット実行タスクのスケジュール管理
- 定型・非定型作業の実行アサイン
- 類似対話あるいはタスクの記憶と活用

の7つの機能を持つものとして構成した。Fig.4 は対話エージェントの構成を示したものである。以下これらの機能を順に説明する。

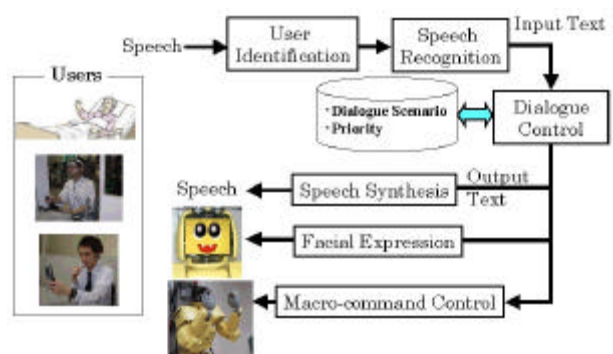


Fig.4 対話エージェントの構成

#### 音声対話機能

まず、いずれのクラスのユーザから音声入力があるかを音声チャンネルを通じて識別<sup>3</sup>し、その上で音声を認識し、何を応えるか判断して（対話制御）、音声合成を行う。音声認識エンジンには Julius[4]、音声合成エンジンには ProTalker を使用した。ユーザがロボットに要求するタ

<sup>1</sup> 共同研究先の日立製作所が開発した。

<sup>2</sup> やはり共同研究先の日立製作所が開発した。

<sup>3</sup> 話者識別機能を導入すれば、音声チャンネルを参照せずとも識別できる。

クの表現には多様性や不完全性があることを想定し、少しでも対応できるよう設計した。一例としてロボット動作の属性が“動作内容”、“対象物”、“対象物の場所”の3つから成る場合、これらの属性と値を、音声対話を介して求める音声対話システムを試作した。

遠隔地家族は携帯端末型ロボット操作インタフェースを用いて対話エージェントと音声対話し、ロボットを遠隔操作できる。また遠隔地家族は、対話エージェントとではなく、被介護者と直接コミュニケーションしたい場合もある。この場合対話エージェントは、遠隔地家族と被介護者のコミュニケーションを傍聴し、次のように振る舞う。すなわち対話エージェントは、遠隔地家族の発言の中に、ロボットの身振り動作に変換できる単語、例えば「こんにちは」や「良かったね」などを認識すると、その身振り動作の実行をロボットに指令する。これにより遠隔地家族は、自らの言葉にロボットの身体動作を付与して被介護者に自らの意思や感情を表示することができる。さらにこのように遠隔地家族が被介護者との間でコミュニケーションをする場合は、映像・音声の双方向通信が可能である。すなわち、遠隔地家族の端末にカメラ付き携帯電話である FOMA 端末を用い、被介護者は人間型ロボットと対面しながら遠隔地家族とコミュニケーションする。ロボットにはマイク、カメラ、小型液晶ディスプレイが搭載されているので、これらを介して遠隔地家族と映像・音声を使った双方向コミュニケーションを実現した。

#### 複数ユーザからの要求対応

あるユーザからの要求に基づいて定型作業をロボットが実行している間に、他のユーザからの要求を対話エージェントが受け付け、何らかの対応をする機能である。例えば、ロボットが介護者の代りに被介護者に体操インストラクションを実行している間に、他ユーザから電話がかかってきて対応を行うなどである。

#### 介護者あるいは被介護者に対する顔表現

小型液晶ディスプレイをロボット頭部に搭載し、CGで描画した顔を提示した。顔表現は、対話エージェントが被介護者あるいは介護者との対話に際し、これらユーザの要求する作業内容に対する自らの理解状況をユーザに提示する手段として重要である。また、実際に人間型ロボットの動作状況を補完する表現手段としても有効であった。例えば、対話エージェントが被介護者の要求を理解できている/できていない、タスクをロボットが上手く実行できている/できていない、などを“喜び”、“落胆”、“真剣さ”などのCG顔で表現した。

対話エージェントが自らのCG顔をユーザに提示する場合、小型液晶ディスプレイはユーザに対して正対させる必要がある。一方、介護者がロボットを遠隔操作する場合は、ロボットに予め搭載された両眼カメラが正対する必要がある。ここでは小型液晶ディスプレイを Fig.5 に示すように両眼カメラの上部に設置し、遠隔操作時は両

眼カメラが正対し、対話エージェント時は両眼カメラを真下方向へチルトさせ、小型液晶ディスプレイが正対するようにした。

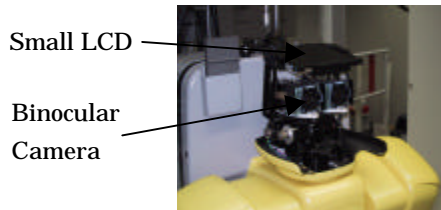


Fig.5 小型ディスプレイの搭載状況

#### 人間型ロボットの身振り制御

対話エージェントは、被介護者あるいは介護者と対話する際、音声合成、顔表現と共に、ロボットの手、腕によるポインティング動作、頭部の首振りも整合、統合制御を行った。

#### 人間型ロボット実行タスクのスケジュール管理

対話エージェントは、最初に介護者の指示する概略スケジュールを受理し、その実行状況を管理する。すなわち、複数の個別タスクとその実行順序を介護者から指示されると、一つ一つマクロコマンド制御に実行を依頼する。未実行タスクの実行を依頼するとき、その時点で他のタスク実行の割り込み要求がないか確認し、もしあれば割り込みタスクを優先させるかどうかを優先順位基準に照らして判断する。もちろん、割り込みタスクの実行要求がなければスケジュール通り次のタスクを実行する。

#### 定型作業・非定型作業実行の割り振り

タスクには、マクロコマンド制御と遠隔操作制御を組み合わせるものがある。対話エージェントは、マクロコマンドを構成する個々のコマンドの中で、遠隔操作による実行が必要なコマンドについて、その実行時点になったときに遠隔操作者にその実行を依頼する。

#### 類似対話あるいはタスクの記憶と活用

対話エージェントに、実行済みの対話やタスクを記憶し、以後の類似の実行の際に活用する仕組みを導入した。ここでの記憶とは、ロボットの動作環境に存在し得る「モノ」のリストと「場所」のリストを予め用意しておき、ロボットがユーザからの要求に基づいてこれら個々の“モノ”と“場所”を関係付ける動作を実行した際、記憶することを意味する。単純な仕掛けにも拘わらず、対人サービスロボットには汎用的で応用が広い機能である。

### 3.3 対話エージェントの実現・動作例

3.2で述べた対話エージェントを実現するため、ここでは対話プロセスを有限オートマトンでモデル化した。

対話エージェントの動作例として、介護者の依頼に基づく被介護者への薬の運搬、被介護者からの依頼に基づく備品の取得、遠隔家族と被介護者の会話の際に傍聴するなどの実験を行った。Fig.6は、人間型ロボットが薬を被介護者に手渡す場面の写真である。

類似対話あるいはタスクの記憶と活用の一例として、「おみやげを置いてくる」シーンを取り上げた。すなわち一度、被介護者が対話エージェントに対し、「おみやげを置いてきて」と頼んだとする。対話エージェントは人間型ロボットによる「おみやげを置いてくる動作」を通じて、「おみやげが机の上に置かれている」ことを記憶する。その後で再び被介護者から「おみやげを取ってきて」との要請を受けたとき、「おみやげが机の上に置かれている」ことを記憶しているので、エージェントは「どこにありますか？」などと聞くことなく、「では取ってきます」と伝えておみやげを机まで取ってくることになる。



Fig.6 薬の手渡し動作の状況

## 4. 人工感情を有する対話エージェントに向けて

### 4.1 人工感情の導入

3. ままでに述べた対話エージェントでは、エージェントが入手するユーザからの情報は音声のみである。また基本的には音声認識に基づく対話制御を行っているのみである。しかし人間が相手と対話する際には、相手の音声のみならず顔の表情や身振り手振りなど、マルチモーダルな情報から相手の感情を読み取り、自らも何らかの感情を抱いた上で、やはり音声、顔、身振り手振りを駆使して表現、対話している。

近年、コンピュータに感情を持たせることで、よりユーザに親しみを感じさせる試みとして人工感情あるいはアフェクティブ・コンピューティングと呼ばれる研究が進みつつある[5]。本章では、対話エージェントに人工感情を導入し、これを人間型ソフトロボットに組み込む研究として最近着手した総務省プロジェクト「ヒューマノイド・エージェントの構成技術と応用に関する研究」(平成14～16年度)について紹介する。

### 4.2 交流パターン分析組込み対話エージェントの構想

対話エージェントがユーザと違和感なく身振りや感情を使って対話するためには、エージェント自体が対話の文脈を理解すると共に、ユーザの感情を推定できる必要がある。さらにエージェントは、ユーザとの対話を上手く進める戦略を持ち、これに基づいて自らの感情をコントロールして自らの発言ならびに発言と整合する身振りをユーザに示さなければならない。これらをエージェントに備えるためには、

- ・ ユーザ感情の推定規則(アルゴリズム)
- ・ 推定したユーザ感情に対してエージェントが現在と

るべき感情を規定する規則

- ・ 現在のエージェント感情のもとでエージェントが発話する内容と身振りを規定する規則

の3つを整理する必要がある。

そこで本プロジェクトでは、人間同士の対話の状況や文脈を想定し、双方の対話内容と身振りや感情表出のパターンに関し、心理学における交流パターン分析[6]を参考にする。すなわち交流パターン分析の知見から上記3つの規則を作成し、ヒューマノイド・エージェント(人間型ソフトロボット)に組み込むことを目指す。

交流パターン分析では、人間の心理状態を5つの自我状態(CP, NP, A, FC, AC)で捉え、それら個々の自我状態における人間の性質、言葉、声・声の調子、動作・表情・ジェスチャの特徴が分類されている。さらにコミュニケーション時の2者それぞれの自我状態と、これら自我状態の間の交流パターン、ならびに交流時の言葉の特徴が知見として示されている。現在、これら交流パターン分析の事例を参照して、対人サービスの文脈で典型的な2者間の対話シナリオを作成している。これらの対話シナリオに沿って、2者が実際に対話する際の音声、顔画像を取得し、データベースとして蓄積する仕組みを整備中である。またこれらと並行して、顔画像の時系列変化からユーザの表情を推定するアルゴリズム[7]についても検討を進めている。

## 5. おわりに

本報告では、人間型ロボット(実ロボット、ソフトロボット)に共通して組み込まれるユーザとの対話エージェントに関する我々の試みを紹介した。

なお本研究の一部は、経済産業省・産業技術応用研究開発制度の一環として新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委託を受けて実施したものであり、また一部は総務省・戦略的情報通信研究開発推進制度からの委託を受けて現在推進中のものである。

## 参考文献

- [1] J. Rickel *et al.*: Toward a New Generation of Virtual Humans for Interactive Experiences, *Intelligent Systems*, pp.32-38, July/August 2002.
- [2] 製造科学技術センター: 平成13年度「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発」CD-ROM版, 2002.
- [3] 西山他: 対人サービス向け人間協調・共存型ロボットシステムにおける対話エージェントの開発, SICE SI2001 講演論文集, pp.455-456, 2001.
- [4] 鹿野他: 音声認識システム, オーム社, 2001.
- [5] R. W. Picard: *Affective Computing*, The MIT Press, 1997.
- [6] 杉田: 交流分析, 日本文化科学社, 1985.
- [7] 下田他: 動的顔画像からのリアルタイム表情認識システムの試作, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.1, No.2, 1999.