

実世界エージェントの協調における人間-ロボット間の コミュニケーション

Human-Robot Communication in a Cooperative Environment for Real-World Agents

小林 展英[†], 上野 敦志, 沢田 篤史, 武田 英明, 西田 豊明
Nobuhide Kobayashi, Atsushi Ueno,
Atsushi Sawada, Hideaki Takeda and Toyoaki Nishida

奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology

Abstract : This paper presents how we constructed “a tender environment for human beings”. The tender environment must provide people with means of natural and ubiquitous communication. To realize the environment, we adopt the concept of real-world multiagent system which enables the cooperation between robots and human beings. In most existing environment, people often have to use special devices such as to communicate with robots. While the terminal can provide a reliable way for human-robot communication, people who don't know the usage can't communicate with robots. In this study, two sets of new facilities are introduced to the robot. The first set of facilities is for understanding human gestures. It frees human-robot communication from any special devices. The second is for choosing the robot's behavior according to the communication status. It enables flexible communication between people and robots. Also, we propose a new type of agent called “Watcher” to acquire human requirements which are not directed to robots. Watcher acquire human requirements by observing the movement of people in relation to the other components of the environment.

1 はじめに

近年、様々なロボットが開発され、製品化されてきており、我々がロボットに接する機会も徐々に増えつつある。人間とロボットが共存するためのロボットのあるべき姿は、1950年にアイザック・アシモフが著した「わたしはロボット」の中で、ロボット三原則 [4] として述べられている。従来、この原則は、ロボットについて熟知している人間が、この原則を守るようにロボットを扱うことにより満たされてきた。しかしながら、今後、ロボットが一般の人々に受け入れられていくためには、特別な装置や専門の知識がなくてもロボットを思いのままに扱える必要がある。

本論文では、人間に負担をかけないロボットとのコミュニケーションと、場所に制限されない遍在

的なコミュニケーションを実現することにより、ロボットを思いのままに扱える“人間に優しい環境”を構築する方法について述べる。

2 人間に優しい環境

本章では、本研究の目指す人間に優しい環境の理想像および実現における課題について述べる。

2.1 本研究の理想像

本研究が目指す環境は人間の能力を高めることを目的としており、その手段としてロボットの導入が行なわれている。この環境において、人間とロボットは人間同士が行なうのと同様にコミュニケーションが可能であり、特別なトレーニングを行なうことなくロボットを扱うことが可能であり、かつ、より快適な環境を手に入れることができる [7]。

[†]連絡先：奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 知能情報処理学講座
〒630-01 奈良県生駒市高山町 8916-5
Tel:07437-2-5265 Fax:07437-2-5269
E-mail:nobuh-ko@is.aist-nara.ac.jp

2.2 実現における課題

本環境実現における課題を以下に示す。

- 人間-ロボット間における自然で円滑なコミュニケーション
- 場所を制限しない遍在的コミュニケーション
- 人間から要求される多種多様なタスクの処理

3 人間共存型実世界エージェント

「メディアータを用いた物理エージェントとソフトウェアエージェントの協調環境の構築」[3]では、他エージェントとの知識の伝達、および伝達により得た知識を利用できるロボットを、実世界エージェントとして定義している。本研究では、人間-ロボット間における自然で円滑なコミュニケーションを実現するため、実世界エージェントに、人間の身振りから意図を理解できる機能と、状況に適した行動を行なえる機能を加えることとした。以下このようなロボットを人間共存型実世界エージェントと呼ぶこととする。

3.1 構成

人間共存型実世界エージェントは、人間とのコミュニケーションを可能にするサブエージェント群と、他エージェントとのコミュニケーションを可能にするサブエージェント群から構成されており、これらのサブエージェントが互いに協調することにより、ロボットが人間と共存する環境で行動することを可能としている。図1に構成図を示す。

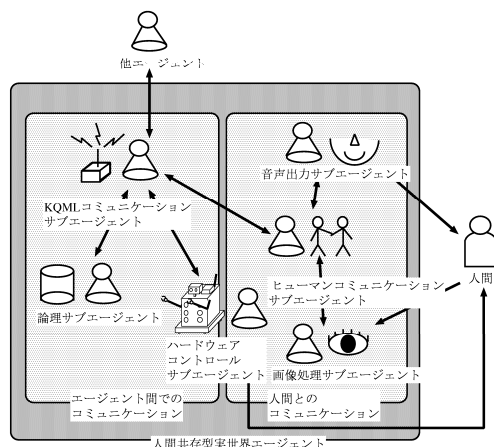


図1: 人間共存型実世界エージェントの構成

以下に人間共存型実世界エージェントを構成している六つのサブエージェントの機能について示す。

- KQML コミュニケーションサブエージェント
 - 他エージェントとの知識の伝達
- 論理サブエージェント
 - 実世界における基本的な行動
 - 実世界における自己状態の認識
- 画像処理サブエージェント
 - 画像情報による人間の動きの獲得
 - 獲得情報の伝達
- ヒューマンコミュニケーションサブエージェント
 - 人間の動作、位置関係、モードからの行動決定
 - 人間に対する自己状態の伝達依頼
- 音声出力サブエージェント
 - 人間に対する音声による自己状態の伝達
- ハードウェアコントロールサブエージェント
 - ハードウェアの制御

3.2 画像処理方法

人間の手の動きの検出は、一定範囲の黒い部分を人間の頭として判断し、その位置から左右の一定範囲中の手を追従することにより行なう [5, 2] (図2参照)。追従方法は、二枚の時間的に異なる画像から差分をとり、オプティカルフローを検出することにより行なっている [1]。

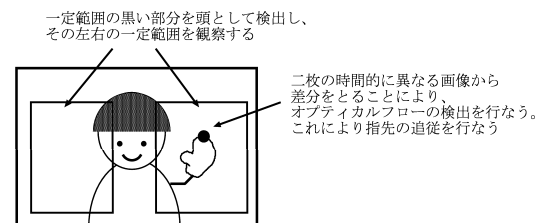


図2: 画像処理 (人間の身振りの認識)

3.3 コミュニケーション手順

本研究では、人間-ロボット間のコミュニケーションに身振りを用いているため、人間の身振りに対して意味づけを行ない、身振りの意味をロボットに認識させる必要がある。しかしながら、一つの身振りに対して一意的な意味づけしか行なわれていない場合、本研究が目指す“自然で円滑なコミュニケーション”が確立されたとは言えない。このため、本研究では一つの身振りに複数の意味をもた

せるため、人間とロボットがコミュニケーションを行なうことにより、あらかじめ作成したモード (図5参照)の中から適切なモードへ状態遷移を行なうこととした。また、人間の動きの獲得を行なう画像処理サブエージェントから伝達される動作情報と、図3に示すような動作定義に対する知識から人間が行なっている動作の認識を行ない、その認識された人間の動作、人間との位置関係、自己モードからその状態に適した行動の決定を行なう。その後、実世界に対して実際に働きかけることのできる音声出力、ハードウェアコントロールサブエージェントに対して、決定された行動の伝達を行なう。図4に、人間の動きを獲得してから実際にロボットが行なう行動を決定するまでの流れについて示す。

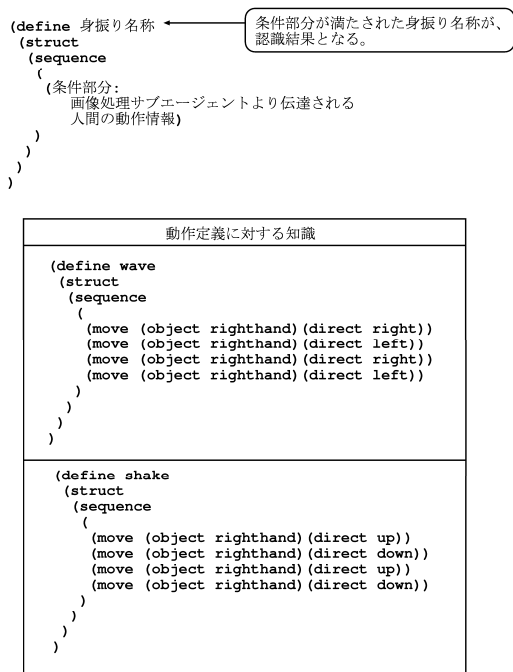


図 3: 動作定義に対する知識例

4 ロボットへの実装

本章では、第3章で述べた六つのサブエージェントを統合し、実際にロボットへの実装を行なった。

4.1 Kappa1a, Kappa1b

Kappa1a, 1b は、人間の身振りからその意図を理解し、自分の意図は音声と身振りによって人間に伝えるといったコミュニケーションが可能である。構築の際使用したハードウェアを図6に示す。

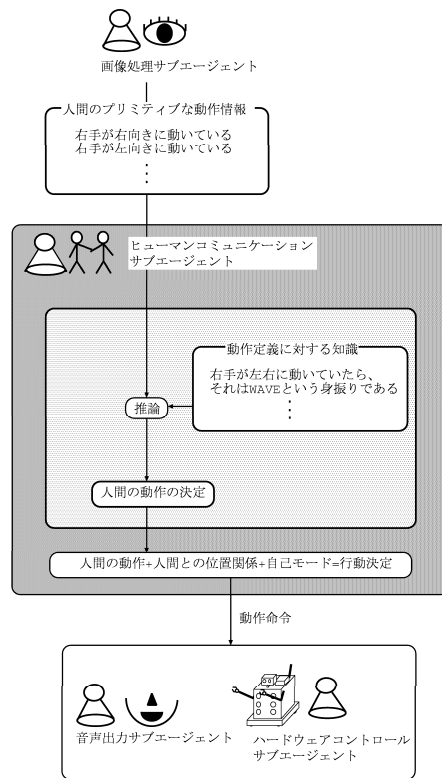


図 4: 人間の身振り→ロボットの行動

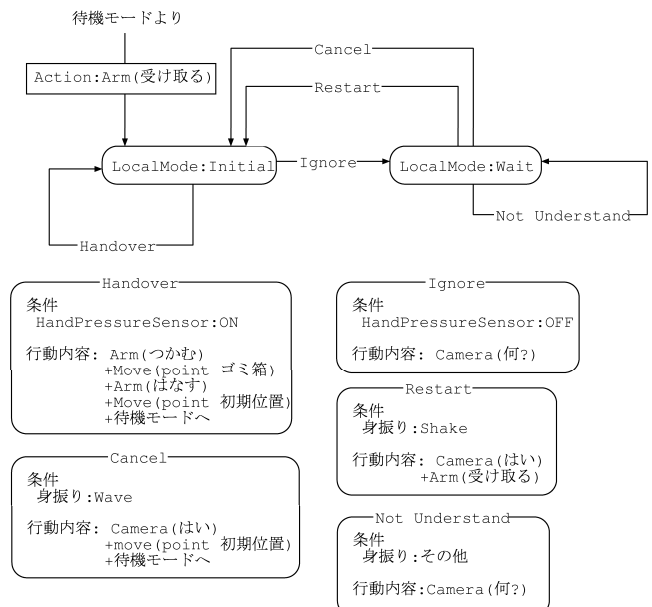


図 5: モード

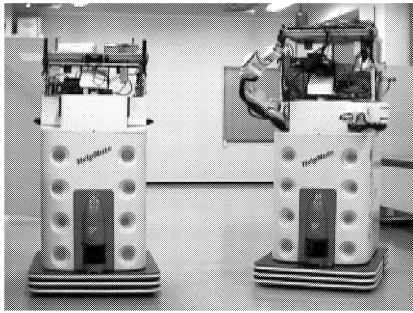


図 6: 概観図 :Kappa1a (右), Kappa1b (左)

エージェント化により Kappa1a,1b が獲得した機能を以下に示す。

- 人間の身振りの認識
- 身振り、位置関係、モードに応じた行動決定
- 人間に対する自己状態の伝達
- 与えられたタスクの遂行
- 他エージェントとの通信

4.2 棚エージェント、ドアエージェント

棚エージェント、ドアエージェントは、人間や他の人間共存型実世界エージェントの依頼に応じて、物の取り出しやドアの開閉を行なう。構築の際用いたハードウェアを図 7 に示す。棚エージェント、ドアエージェントにはカメラが装備されていないため、人間とのコミュニケーションを行なうことは不可能である。



図 7: 概観図 :自律型棚、自律型ドア

5 状態監視エージェントを導入した人間共存型実世界エージェントの協調環境

人間共存型実世界エージェントの構築により、人間-ロボット間におけるコミュニケーションをより自然かつ円滑に行なうことが可能となった。しかしながら、人間の意図をロボットのみが理解できる環境において、人間がコミュニケーションを行なう場合、常にロボットの視界の範囲にいる必要がある。このため、場所に制限されない遍在的なコミュニケーションを実現するために、環境中の人間を観察させる状態監視エージェントを導入する方法を提案する。本論文では、以下状態監視エージェントのことをウォッチャーと呼ぶこととする。

また、人間-ロボット間のコミュニケーションは、その直接かかわっている以外の人間、ロボットの参加を必要とすることも多い。このためには、複数エージェントをどう協調するかということが問題になる。このため仲介エージェント“メディエータ”を必要とする。

5.1 システム構成

図 8 に本協調環境のシステム構成を示す。本環境は、人間の意図を理解できる Kappa1a,1b、棚エージェント、ドアエージェントに加えて、場所に制限されない遍在的なコミュニケーションを実現するウォッチャー、複数の人間共存型実世界エージェントの協調を補佐するメディエータから構成されている。以上のエージェントを統合した環境全体で人間に接することにより、人間に負担をかけない優しい環境を実現する。

本環境において人間は、Kappa1a,1b、あるいはウォッチャーに対してタスク依頼が可能である。また、人間から依頼されたタスクは、人間共存型実世界エージェントが単独処理可能ならば自律的に処理し、処理不可能な場合には、複数の人間共存型実世界エージェントが協調することにより処理を行なう。

5.2 メディエータ

本環境では、複数の人間共存型実世界エージェントの協調を可能にするために、メディエータと呼ばれる協調の補佐を行なうエージェントを導入することとした。これにより、人間から与えられる様々なタスクに対応することが可能になる。以下にメディエータの機能について示す。詳しくは、「人を含んだ実世界エージェントの協調系におけるプランニングと実行」[6]を参照されたい。

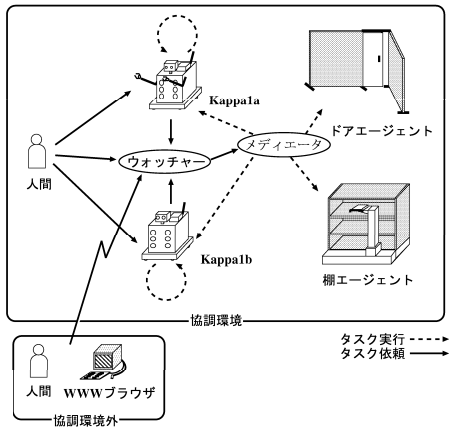


図 8: システム構成図

- 各人間共存型エージェントが処理可能なレベルまでタスクを分解
- 与えられたタスクを処理するプランを作成
- 作成したプランを各エージェントへ伝達

5.3 ウォッチャー

本エージェントは、場所に制限されないコミュニケーションを提供するために導入されたものであり、環境中の人間の意図を理解することによって、人間のサポートを行なう。これより、人間はロボットが自分の近くにいない場合でも、環境に対してタスクを依頼することができる。また、本エージェントにタスク処理能力はないため、実際のタスク処理はメディエータを起動することにより行なう。以下に本エージェントの機能について示す。

- **環境中の人間の観察**
人間に対して、場所に制限されない遍在的なコミュニケーションを提供するため、環境中の人間を観察することにより、人間の動きの獲得を行なう。
- **人間の意図の理解**
獲得した人間の動きから、人間が環境に対して依頼しているタスクの推論を行なう。
- **獲得タスクの処理のためのメディエータ起動**
本エージェントは、実世界に働きかけるハードウェアをもたないため、実際のタスク処理はメディエータを起動することにより行なう。
- **各人間共存型実世界エージェントの状態把握**
各人間共存型実世界エージェントの現在位置、および現在状態の把握を行なう。

本エージェントは、これらの機能を実現するために、他エージェントとの通信を行なう **KQML コミュニケーションサブエージェント**、タスク処理のためにメディエータの起動を行なう **論理サブエージェント**、人間の動きを画像情報として獲得する

画像処理サブエージェント、画像処理サブエージェントより獲得した情報から、人間の意図の推論を行ない、論理サブエージェントに対してタスク処理依頼を行なう **ヒューマンコミュニケーションサブエージェント**の四つのサブエージェントを統合することにより実現している (図 9 参照)。

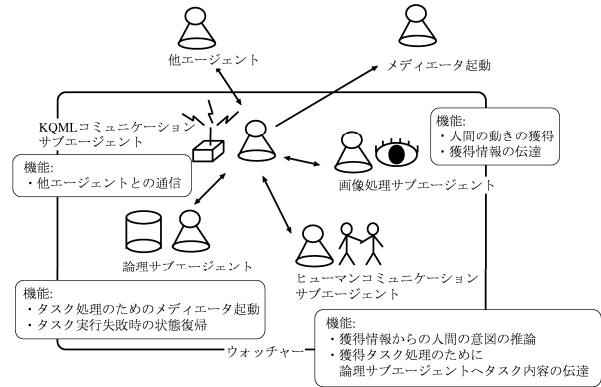


図 9: ウォッチャーの構成

また、ウォッチャーが人間の動きを獲得する方法は、環境中の人間の意図を獲得できる可能性のあるドアの前、テーブル近辺を観察し、人間の動きを検出することにより行なっている。検出方法は、観察領域中に一定範囲の黒色の部分が現れた場合、人間が観察領域に存在すると判断し、黒色の部分を人間の頭の位置とする。その後、二枚の時間的に異なる画像から差分をとり、頭の位置に対してどの位置に差分が出るかにより、人間の動きの違いを検出している。図 10 は実際に画像処理を行なっている画面を示している。

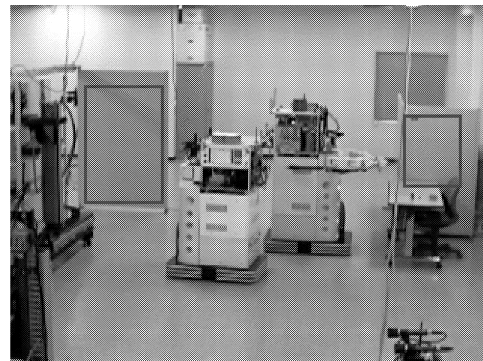


図 10: 画像処理画面

5.4 コミュニケーション手順

ウォッチャーは人間共存型実世界エージェントと異なり、実世界に対して働きかける機能をもっていない。このため、人間へのリアクションは獲得タスクを論理サブエージェントに伝達し、メディアータを起動することにより行なう。図 11 にウォッチャーが人間の動きを獲得してから、実際に人間に対してリアクションが行なわれるまでを示す。

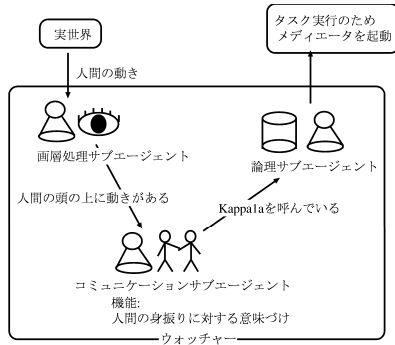


図 11: タスク獲得からその処理までの流れ

5.5 コミュニケーション方法

本環境におけるコミュニケーション方法の概略図を図 12 に示す。本環境は、人間に負担をかけない遍在的なコミュニケーション環境の構築を目的としており、これを実現するために、以下に示す三つのコミュニケーション方法を用意した。また、人間より依頼されたタスクは、人間共存型実世界エージェントが単独で処理する、ウォッチャーがメディアータを起動することにより処理するといった二つの方法で処理される。

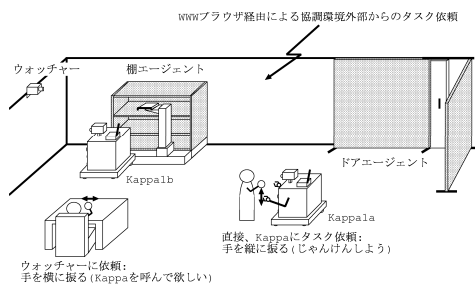


図 12: コミュニケーション方法の概略図

- 人間→人間共存型実世界エージェント
コミュニケーション機能を有する Kappala,1b に

対して、直接タスクを依頼する。依頼されたタスクは、人間共存型実世界エージェントが単独処理可能かどうかを判断し、その結果に応じた処理方法が用いられる。

- 人間→ウォッチャー
ウォッチャーに対して、Kappala,1b を自分の所に呼びたい、ドアを開けるなどといったタスクを依頼する。タスク処理は、メディアータを起動することにより行なわれる。
- WWW ブラウザ経由
自分が環境中にいない場合に、環境に対してタスクを依頼したい場合に用いる。依頼されたタスクは、ウォッチャーに伝達され、メディアータを起動することにより処理される。

6 結論

本研究では、人間-ロボット間における自然で円滑なコミュニケーションを可能にする人間共存型実世界エージェント、場所に制限されないコミュニケーションを可能にするウォッチャー、複数の人間共存型実世界エージェントの協調補佐を行なうメディアータを統合した環境を構築した。これにより、人間に負担をかけない人間-環境間のコミュニケーションを確立し、かつ人間の依頼に対して複数の人間共存型実世界エージェントが協調して対応できる環境を実現した。

7 展望

画像情報に加え、音声を利用するなどのコミュニケーションのマルチモーダル化を進めることが必要である。また、ロボットから人間が観察できない場合には、ロボットが自律的に観察可能な場所まで移動するような環境を構築する必要がある。

参考文献

- [1] 安居院猛, 中嶋正之. 画像情報処理. 森北出版株式会社.
- [2] Tony Heap. Model-Based Hand Tracking. <http://dream1.leeds.ac.uk/~ajh/tracker.html>.
- [3] 岩田他. メディアータを用いた物理エージェントとソフトウェアエージェントの協調環境の構築. 電子情報通信学会技術研究報告, AI95-42, pp. 1-8, 1996.1.
- [4] 川崎晴久. ロボット工学の基礎. 森北出版株式会社.
- [5] David Kortenkamp, Eric Huber, and R. Peter Bonasso. Recognizing and interpreting gestures on a mobile robot. In *AAAI-96/IAAI-96 Proceedings Volume Two*, pp. 915-921, 1996.
- [6] 松原他. 人を含んだ実世界エージェントの協調系におけるプランニングと実行. 人工知能学会研究会, 1997.3.
- [7] 上野晴樹. 自律サービスロボットにおける知能ソフトウェア工学的アプローチ. 人工知能学会研究会資料 SIG-KBS-9601 知識ベースシステム研究会 第 34 回), pp. 17-24, 1996.5.