

「時と場合」に応じた実世界異種ロボット協調システムのための 実験環境の提案

Experimental Environment for TPO - aware Collaborative System of Heterogeneous Robots

加茂 洋平†, 堀口 康人†, 射庭 彩人†, 後藤 憲人†, 佐々木 智樹†,
木下 知洋†, 篠原 大亮†, 松添 静子†, 木戸出 正継†
Youhei KAMO, Yasuhito HORIGUCHI, Ayato IBA, Norihito GOTO, Tomoki SASAKI,
Tomohiro KINOSHITA, Daisuke SHINOHARA, Shizuko MATSUZOE, Masatsugu KIDODE

This paper proposes an experimental environment for heterogeneous robots collaborative system with TPO-awareness. We have studied efficient heterogeneous robots collaborative system for the real world. To get information about robots, we use XML to represent robot characteristics in terms of its functions, physical sizes, and so on. Robots and server communicate information each other by a wireless LAN to solve TPO-awareness problems. The aim is to develop appropriate collaborative action. Currently we are building its testbed, where we might enjoy an experimental cafe with heterogeneous robots in our laboratory.

1. はじめに

ネットワーク環境が整ったユビキタス社会の到来が現実になりつつある中、ロボット技術とネットワーク技術を融合したネットワークロボットに関する研究が進められている[1]。その中で、人とロボットが共存する人間機械複雑共存系の実現を目指した異種ロボット群による協調作業の実現が試みられている。人間と同じ環境内でのロボット協調の実現は、経済産業省の技術戦略マップ2008[2]によると2015年頃にロボット間連携・協調技術が確立されると予想されている。

すでに発表されている研究として、国際電気通信基礎技術研究所(ATR)の小型人型ロボット、ロボビー・エムと人サイズロボットであるロボビーアールの2台によって構成される「親子ロボビー[3]」による卓上での物体操作に関する研究が行われており、慶応義塾大学の山口ら[4]や、奈良先端科学技術大学院大学の中山ら[5]は、ロボットごとに機能などが異なる異種ロボット群が、人から要求されるタスクを“多重オントロジーによって意味的に構築されたデータベース”を利用して判断することにより、各ロボットに適切にタスクを割り当てる研究が行われている。

また、企業においても本田技研工業株式会社(HONDA)ではアシモを2台協調させて案内業務及び飲み物のデリバリーサービス[6]の実用化が行われており。さらに、HONDAのアシモとATRのロボビーツを協調させることによる接客サービス[7]や、東芝と東芝テックが産業技術総合研究所と共同で、2台のロボットが連携して買い物客を支援するサービス[8]が研究されている。しかしながら、ここまで述べてきた先行研究は、あらかじめ用意された空間、問題において、限定されたタスクを解くことを目的にしており、ロボットがタスクに失敗することを明示的に扱っていない。そのため、予定外の事柄に対し

てシステムとして反応することができない問題がある。今後はより汎用的な仕組みへと進化し、様々な問題に対応できるロバスタなフレームワーク[9]へ改良が行われると思われる。

ここでは研究背景と、この研究の重要性を話した。以下では、現在開発を進めている時と場合に応じたシステムの状況を述べ、最後に、システムの適用先として開発を進めている「ロボットカフェ」についても述べる。

2. 異種ロボット協調機構

研究に利用する異種ロボット群を Fig.1 として、以下の3種類計6台のロボットと、パーソナルコンピュータを使用する。各要素は無線LANによって接続される。

- パペロ[10]：計4台（同種ロボット同士の協調）
- ロボビー：1台
（異種ロボットとの協調、人間との協調）
- 双腕ロボットアーム[11]：1台
（異種ロボットとの協調、人間との共同作業）

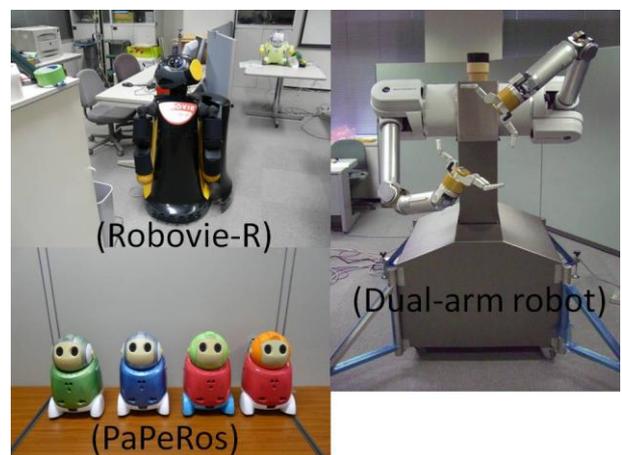


Fig.1 Group of heterogeneous robots in our laboratory

†奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科,
Nara Institute of Science and Technology,
Graduate School of Information Science,
[yohei-k,yasuhito-h, ayato-i,norihito-g,tomoki-s,
tomohiro-k,daisuke-s,shizuko-m,kidode]@is.naist.jp,

現在開発中の異種ロボット協調機構の概要を Fig.2 に示す。これまでの先行研究になかった機能として、今回新たに追加することを考えている機能は右下の「実世界対応部」(Real-world response) である。

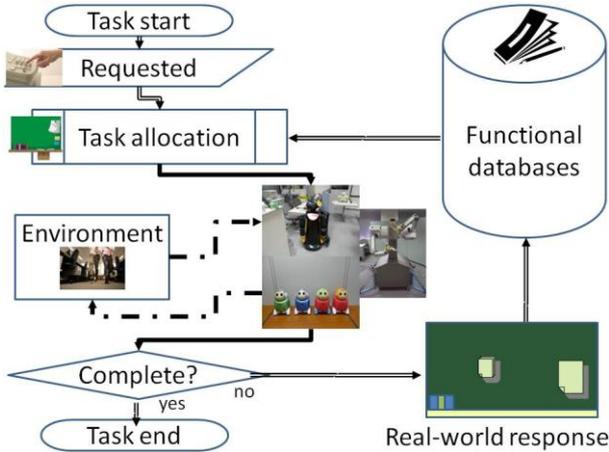


Fig.2 Overall system block diagram

その他の要素とその機能を以下に示す。

[環境 (Environment)]: 実験を行う空間そのものである。自律的に動作するロボットそのものと、その他のロボット達、操作対象物、そして最後に同じ環境に存在する人間も含んで考える。

[各種台帳データベース (Functional database)]: 人間があらかじめ作成し、必要に応じてシステムが情報を追加する。人間とシステムが共通して理解できるデータベースを作成するために、マークアップ言語である XML 言語 [12]を用いて構築している。作成するデータベースとして、以下の種類を考えている。

- ロボットサービス台帳
(人からの要求をロボットの行動を結び付ける)
- ロボット台帳
(ロボットの身体的な特徴を記入する)
- 操作対象物台帳
(操作対象物の情報を上書きする)

例としてロボット台帳を以下の Fig.3 に示す。

[タスク割り当て機構: (Task allocation)]: 前述の各種台帳データベースと、ロボットから得られた情報によって、あるタスクを特定のロボットに割り当てる。

[実世界対応部 (Real-world response)]: ロボットにタスクが割りあてられ、タスクが実行された結果を収集することにより、動的であらかじめ完璧にシミュレートできない実世界に対応していこうとする機構である。ロボットにタスクを割り当てる判断を行った要素とその値とともに、タスクの結果を成功と失敗で記録する。概念的には黑板モデル [13]と呼ばれるものである。タスク割り当て時に、過去の事例を利用することで、知的な判断が出来ることを目指している。

3. 通信内容

それでは、このシステムがあるタスクを実行するさいに、どのような通信が行われるのかについて述べる。

```

<root>
  <robot>
    <name>
      papero
      <height unit="millimeters">380</height>
      <width unit="millimeters">230</width>
      <depth unit="millimeters">310</depth>
      <weight unit="kilogram">6</weight>
      <sensor>
        <stereo_camera>
          <height unit="millimeters">280</height>
          <interval unit="millimeters">60</interval>
        </stereo_camera>
      </sensor>
    </name>
  </robot>
  <robot>
    <name>
      robovie-r
      <height unit="millimeters">1130</height>
      <width unit="millimeters">530</width>
      <depth unit="millimeters">550</depth>
      <weight unit="kilogram">57</weight>
      <sensor>
        <stereo_camera>
          <height unit="millimeters">1050</height>
          <interval unit="millimeters">100</interval>
        </stereo_camera>
        <omnidirectional_camera>
          <height unit="millimeters">1250</height>
        </omnidirectional_camera>
      </sensor>
    </name>
  </robot>

```

Fig.3 Robot Database by XML

想定しているタスクは、無線 LAN の環境が整えられた室内環境における物体搬送である。今回は、ロボットの身体的な特徴をタスク割り当てに利用するためである。タスクはある高さのテーブルの上に置かれた操作対象物をロボットが操作することとする。タスクの概観を以下の Fig.4 に示す。

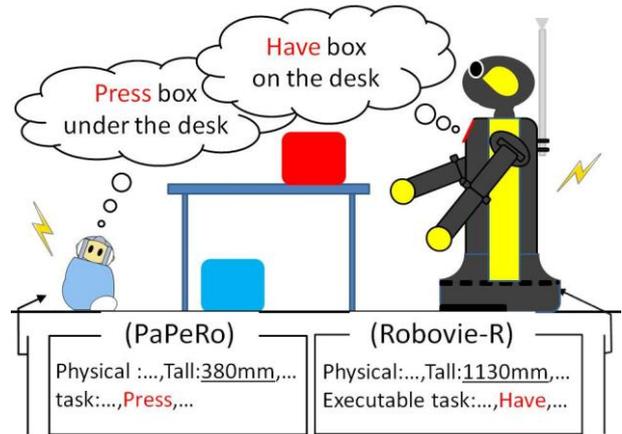


Fig.4 Schematic diagram of the experimental conditions

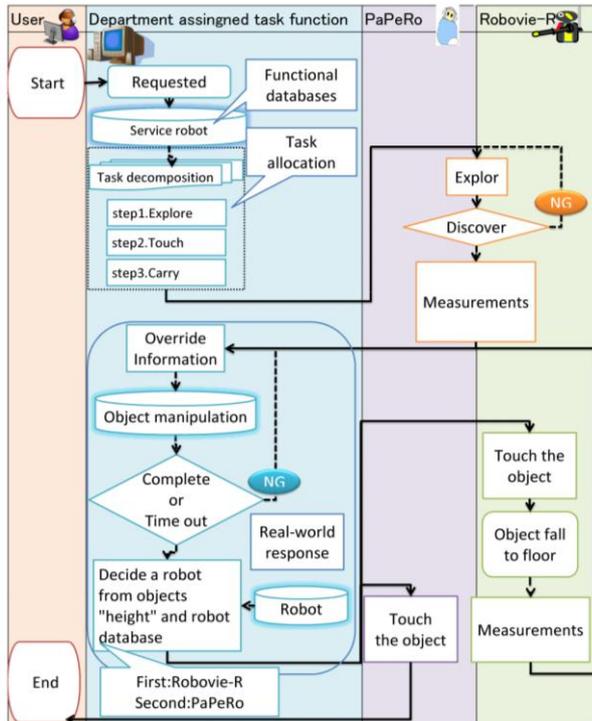
上記のタスクで想定している情報の流れを示す。現時点では、XML で表現したデータを読み込み、判断することが可能である。

1. 人間からのタスク開始要求がシステムに入力される。
2. タスクの開始信号が各ロボットに送信される。
3. ロボットサービス台帳により、ロボットに可能なタスクに分解される。
4. 動作可能なロボットにタスクが分配される。
5. ロボットが対象物を発見すると、物体の各種情報を計測する。
6. 情報が統合され、最適なロボットが選択される。

7. ロボットが物体操作を行い、「成功」か「失敗」を返信する。
8. 上記の事柄を繰り返し、人間からの要求を最終的に満足させる。

上記のデータの流れをフローチャートとして、以下のFig.5に示す。

Fig.5 Flow of communication



4. 異種ロボット協調機構の適用例

4.1 ロボットカフェ実験

上述した「時と場合」に応じた異種ロボット協調のためのシステムの構築を目指す中で、これからの展望として、人とロボットが複雑に絡み合って共存していく社会の一つのプロトタイプを提案する。それは複数台のサービスロボット群の協調による「ロボットカフェ」の実現化である。Fig.6にカフェの様子を示す。



Fig.6 Overview of “Robot cafe”

Fig.6において用いられているロボットは、第2章で紹介した「ロボピー」「パペロ(2台)」「双腕ロボットアーム」に加え、ロボットカフェにおいて新しく「フィノ」を用いる。「フィノ[14]」はFig.6においてテーブルの上に置かれている、設置型のコミュニケーションロボットである。Fig.7に「フィノ」を示す。



Fig.7 Image of “Phyno”

ロボットカフェではそれぞれ「クロスケ」「パピー・ポピー」「TETSUWAN」「フィノピオ」と呼称している。今後これらの呼称を用いる。

第3章で述べた問題設定は、オフィス内での物体搬送タスクであったが、これを拡張し、カフェの運営を異種ロボット群が全てを行い、人々にサービスを提供することをタスクとし、提案システムに導入することを考える。ロボットカフェにおけるシステムの概観はFig.8に示す通り、各ロボット、特に「パピー・ポピー」「フィノピオ」によって客の情報を取得し、中央のサーバを介して協調動作を行う。

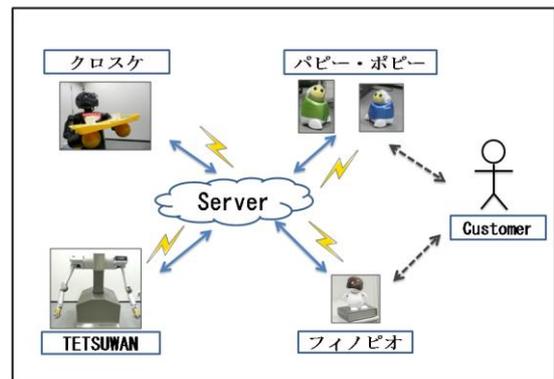


Fig.8 Overview of “Robot cafe” system

表.1 Task allocations of each robot

	配膳	接客	調理
TETSUWAN			○
クロスケ	○	○	
パピー・ポピー		○	
フィノピオ		○	

タスクは調理・配膳・接客に分割し、これらを各ロボットに割り当てる。各ロボットにおけるタスクの割りあてをTable.1に示す。

ここで各ロボットが持つタスクのより具体的な内容を以下に示す。

● TETSUWAN

ジュースや菓子等の物体の把持，注ぐ等の“操り”による調理。
物体の所定位置への移動。

● クロスケ

TETSUWAN から受け取った商品の配膳。
商品の受け渡し時における接客。
全方位カメラを用いての店全体の客数の把握と対応。

● パピー・ポピー

入店者に対しての席への誘導および注文の聞き取り，
客とのコミュニケーションといった接客。

● フィノピオ

入り口付近に通りがかかる客への声かけ・ジェスチャーによる接客。

上述した様に，これらのタスクにおいての協調では，接客から調理，調理から配膳，といったタスク間での協調の他，1つのタスク内における協調も考えている。例えば接客においては，「フィノピオ」が勧誘を行い，その先は「パピー・ポピー」がその後の接客を行う，また「クロスケ」も客との受け渡しの際に対話を行う。

また予想外の事柄が生じた場合でも，「時と場合」を考慮した知的な判断を下す。例えば急に客が複数人来店した場合には，「クロスケ」がそれを察知し，「パピー・ポピー」「フィノピオ」が会話によって対応を行う。その他「クロスケ」が，故障し動かなくなった場合でも，それを他のロボットが察知し，人間を呼ぶことでそのタスクを補完するなどが考えられる。

本稿では「ロボットカフェ」実現に向け，まずは中央のサーバでの処理システムを人間が加担することを想定している。今後，更に改善を行うと共に，提案システムのみで完全に自動化させることを目的とする。

4.2 ロボットカフェの将来について

4.1 節において，将来，人とロボットが複雑に共存する社会の実現の1つのプロトタイプとして，本システムを用いた「ロボットカフェ」を提案した。「ロボットカフェ」ではタスクを分割し多種のロボットに割り当てた。まずは実現化に向け，人間が加担し今後更なる改善を加えていく。本稿では「ロボットカフェ」を想定したが，今後様々な異種ロボットの協調によるサービスが展開されると考えられる。しかしそこには，人間がこれらロボットによって展開されるサービスに対して抱く感情・心理に対してなら評価されていない。今後は，人間の心情についての定量的な評価も行うことで本システムの有用性について考察していく。

5. おわりに

本論分では，これまでの異種ロボット協調システムの問題点を指摘するとともに，それらを解決するシステムの提案を行った。また，そのシステムを実際に運用する環境であるロボットカフェの提案も行った。今後は，これらの実現化に向けて開発を進めるものである。

はじめは，ロボット同士の協調を例題にしてシステムの開発を進めるものであるが，最終的に人間が意識する

ことなくロボットと同じ環境で協調動作することを考えている。簡単な実験環境から初めて，ロボットカフェ，ロボットパーク，ロボットタウンなどのように，規模を拡大しながら，ロボットと人間が共存する人間機械複雑共存系を実現することを目指す。

謝辞

最後に，本論文におけるロボットカフェは，奈良先端科学技術大学院大学の CICIP2009[15]年度の交付金によって行われている「ロボットと過ごす生活体験@NAIST Café」の一環として実施されているものである。

参考文献

- [1] 萩田紀博：“ネットワークロボット概論”，電子情報通信学会誌，vol.91，No.5，pp.346-352，2008年。
- [2] 経済産業省：“技術戦略マップ2008”，2008年。
- [3] 国際電気通信基礎技術研究所知能ロボティクス研究所：“次世代ロボット実用化プロジェクト（プロトタイプ開発事業）異種ロボット協調機構の研究開発”，2006年。
- [4] 山口新平：“多重オントロジーに基づくセマンティックロボットサービスの設計と実現”，2008年度人工知能学会全国大会，3j2-2，2008年。
- [5] 中山裕司：“オントロジーを用いた異種ロボットにおける情報共有機構の構築”，奈良先端科学技術大学院大学修士論文，2006年。
- [6] 本田技研工業 ASIMO が存在することで生まれる空間価値を提案したい：
<http://robonable.typepad.jp/robot/2008/02/asimo-6957.html>，2008年。
- [7] ユニバーサル・シティウォーク大阪で、ASIMO と Robovie-II の連携実証実験を実施～「ロボット喫茶店」でドリンクをデリバリー：
<http://robot.watch.impress.co.jp/cda/>，2008年。
- [8] 東芝と東芝テックなど，買い物支援ロボット開発，搬送・案内ロボの2台が連携：
<http://robonable.typepad.jp/news/2009/04/20090413-2-96c.html>，2009年。
- [9] 加茂洋平：“「時と場合」に応じた異種ロボット協調システムの基礎実験”，第一回情報処理学会関西支部ユニバーサルコミュニケーション研究会，2009年。
- [10] 藤田善弘：“パーソナルロボット PaPeRo の開発”，計測と制御，vol.42，no.6，pp.521-526，2003年。
- [11] BarrettHand：
<http://www.barrett.com/robot/products-hand.htm>。
- [12] 池田実：“XMLと情報共有”，情報管理，vol.44，no.1，pp.17-27，2002年。
- [13] 生天目章：“エージェント間の相互作用：望ましい関係性の創発”，計測と制御，vol.44，no.12，pp.864-874，2005年。
- [14] 上田博唯：“センサネットワークと家電製品とを統合したサービス提供”，電子情報通信学会技術研究報告，PRMU，パターン認識・メディア理解，vol.2005，no.137-148，pp.59-66，2006年。
- [15] CICIP(Creative and International Competitiveness Project) 学生の自主性に基づくプロジェクト型教育：
<http://isw3.naist.jp/IGSE/FD.html>