

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2005～2008

課題番号：18500154

研究課題名（和文） ヒューマトロニクス指向共同注視型対話ネットワークロボットシステム

研究課題名（英文） Humatronics Oriented Interactive Network Robot System base on Joint Attention

研究代表者

山口 亨 (YAMAGUCHI TORU)

首都大学東京・システムデザイン学部・教授

研究者番号：40251079

研究成果の概要：

情報インフラストラクチャの整備が進む一方、社会的な情勢として少子高齢化が進み、それに伴い情報弱者とのIT格差が進んでいるのが現状である。情報弱者のインフラ利用の妨げになっているのは、情報機器の操作が困難であることが大きな要因となっている。

そこで本研究では、以下の二点を研究目的とし、達成した。

- 1) ロボット操作におけるユーザーの意図認識方共同注視機構の構築
- 2) ネットワークを介してロボット間でユーザーの意図・環境情報を共有

1) 空間に配置された、複数のアンコンシャス型ロボット（カメラ+オブジェクト認識モジュール）により、ユーザーの動きを観察し、位置座標および顔の向きや指差し動作の計測を行った。本研究では正確な位置座標を求めることに重点を置くのではなく、ロボストを含んだ状態でのエリアとしての認識に留め、オントロジーを利用し直接ユーザーが行なうコマンドに加え状況を考慮することによりユーザーの意図を認識した。主インターフェイスとして、実際の部屋を模して作成されたバーチャルルームを用いた。顔の向きと立ち位置からユーザーがロボットに意識が向いているか否か認識した。

Java3D を用いてバーチャルルームを構築し、床・壁・物体などが個々のオブジェクトとして配置され、それぞれのオブジェクトの性質（移動可能・不可能、重量、色、等）を把握できるバーチャルロボットとした。顔の向き、立ち位置、指差されている方向・エリアの推定及びオブジェクトの性質から、ユーザーが注視するオブジェクトの推定を実現した。さらに推定したオブジェクトを強調表示することで、そのオブジェクトにロボットも注視しているということをユーザーに示した（共同注視）。

2) ビジブル型ロボットは、ユーザーの意図及びバーチャル空間上で注視されたオブジェクト情報を、ネットワークを介して獲得し、実空間に実在するオブジェクトを持ち上げる、または指定場所まで移動する、というサービスを提供した。ネットワークを介してロボットに指示を出すため、遠隔地に存在するロボットの操作も可能とした。

さらに、1)、2)を統合した全体システムを構築した。全体システムでは、ロボットにオントロジーを用いることにより、人が注意を向けている対象からロボットが人に提供すべきサービスを推測した。人が起こす行動はある程度その場によって振り分けられると考えられている。従ってロボットが提供すべきサービスもある程度その場に依存すると考えられる。しかしひとつのロボットにサービスを提供するための情報を全て格納することは不可能である。そこで個々のロボットには個々の基本的なオントロジーを用い、その場その場で必要とされる細

かい知識は、環境に記述するシステムを構築した。システムはユーザーが指差し動作によりロボットにコマンドを送り、それに対してロボットがサービスを提供する。指差し動作は同じ動きであっても、状況によって異なる意味を持つため、オブジェクトのプロパティ等環境情報を考慮することで、指差しの意図を理解する人とロボットの共同注視型対話ネットワークロボットシステムを実現している。

本研究ではアンコンシャス型、バーチャル型、ビジブル型ロボットがオントロジカルネットワークを介して環境情報を共有する。ロボットが個々のオントロジーを用いて環境情報からその状況を判断し自らの行動を決めることによってサービスを提供する。ロボットがサービス提供に必要な環境情報をその都度参照することにより、個々のロボットの情報量を軽減し、またロボット間での情報共有が可能となった。ロボットが人の注意対象である場所や物の性質から人の指差し動作の意図を推測しサービスを提供することにより、より状況に即したサービスを提供する例を実機実験で検証し、評価実験を行い、その有用性を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
18年度	2,800,000	0	2,800,000
19年度	500,000	150,000	650,000
20年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	300,000	4,100,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：情報工学、ソフトウェア工学

キーワード：意図認識、オントロジー、ネットワークロボティクス

### 1. 研究開始当初の背景

近年、ロボット研究は急速に進展し、消費者の関心も依然として高い。また、複数の企業より、福祉施設や一般家庭へ向けたロボットを開発・販売が開始されている。しかし、ここで問題となっているのが情報格差である。情報技術の恩恵を受けるには仕様手順・方法を習得する必要があり、利用者、特に高齢者にとって大変な負担となっている。このことは高齢者向けに販売された携帯電話一つとってみても明らかである。機能を縮小し操作を減らすだけでは、本当の意味で十分に情報技術の恩恵を受けたとはいえない。

こうした社会的背景の中、情報バリアフリー・ナチュラルインターフェイスを備え人間を空間的にサポートするネットワークを利用した人間中心型コミュニティホームの構築は急務である。

### 2. 研究の目的

前述の背景から本研究では、情報インフラの整備されたコミュニティホームに生活するユーザーを支援する空間的知的インター

フェイスを想定する。まず、ユーザーの行動を観察し、状況を考慮することで、ユーザーの意図を理解する。これは「ヒューマトロニクス」の考え方に基づいているものである。さらに、ユーザーの意図をネットワークを通して他のロボットと共有し、空間全体が自律的に適切な行動を取るロボットシステムを提案する。これにより、指差し動作など人と人とのコミュニケーションで自然に用いる動作をロボットの操作コマンドとして利用することが可能となり、「他者との対話」と「ロボットとの対話」の差を感じない自然な対話を提供する。ユーザーの動きやロボット・オブジェクトの位置を把握するためのアンコンシャス型ロボット、実際に支援を行なうビジブル型ロボット、インタラクティブな操作を提供するバーチャル型ロボット、3タイプのロボットがネットワークを通して連携し、支援を行なう。バーチャルルームによるナチュラルな対話機構と、オントロジー（人間同士のコミュニケーションに見られる共通基盤の工学的表現）を用いた人間意図の共有を可能にするネットワークインテリ

ジェンスに基づくバーチャルロボット空間（バーチャル空間内を利用することによって自然な対話を実現し、対応する実世界においてネットワークロボットが協調してバーチャル空間とリンクさせる）により実現する。この際、以下の1)、2)について実現し、さらには1)、2)、を統合した全体システムの構築を目指す。

### 3. 研究の方法

#### 1) ロボット操作におけるユーザーの意図認識方共同注視機構の構築

空間に配置された、複数のアンコンシャス型ロボット（カメラ+オブジェクト認識モジュール）により、ユーザーの動きを観察し、位置座標および顔の向きや指差し動作の計測を行なった。本研究では正確な位置座標を求めることに重点を置くのではなく、ロボストを含んだ状態でのエリアとしての認識に留め、オントロジーを利用し直接ユーザーが行なうコマンドに加え状況を考慮することによりユーザーの意図を認識する。主インターフェイスとして、実際の部屋を模して作成されたバーチャルルームを用いた。顔の向きと立ち位置からユーザーがロボットに意識が向いているか否か認識する。インターフェイスとして用いたバーチャルルームを図1、ユーザーの注意方向の計測実験風景を図2に示す。

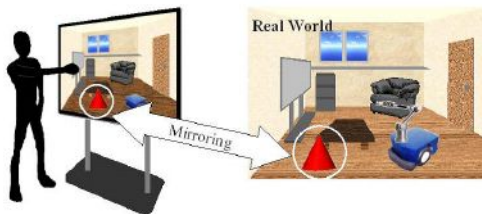


図1 システム概要図：実際の部屋とミラーリングされたバーチャルルーム内のオブジェクトを指差し。ユーザーはバーチャルルームを通してロボットやオブジェクトを移動させることができる。



図2 ユーザーの注意方向の計測実験風景：ディスプレイ上の3つのカメラによってユーザーの動きをトラッキングする。

Java3D を用いてバーチャルルームを構築し、床・壁・物体などが個々のオブジェクトとして配置され、それぞれのオブジェクトの性質（移動可能・不可能、重量、色、等）を把握できるバーチャルロボットとした。顔の向き、立ち位置、指差されている方向・エリアの推定及びオブジェクトの性質から、ユーザーが注視するオブジェクトの推定を行なう。さらに推定したオブジェクトを強調表示することで、そのオブジェクトにロボットも注視しているということをユーザーに示した（共同注視）。

#### 2) ネットワークを介してロボット間でユーザーの意図・環境情報を共有

ビジブル型ロボットは、ユーザーの意図及びバーチャル空間上で注視されたオブジェクト情報を、ネットワークを介して獲得し、実空間に実在するオブジェクトを持ち上げる、または指定場所まで移動する、というサービスを提供した。ネットワークを介してロボットに指示を出すため、遠隔地に存在するロボットの操作も可能とした。

### 4. 研究成果

前述の1)、2)を実現し、さらに、1)、2)を統合した全体システムを構築した。全体システムでは、ロボットにオントロジーを用いることにより、人が注意を向けている対象からロボットが人に提供するべきサービスを推測した。構築したオントロジーを図3に示す。

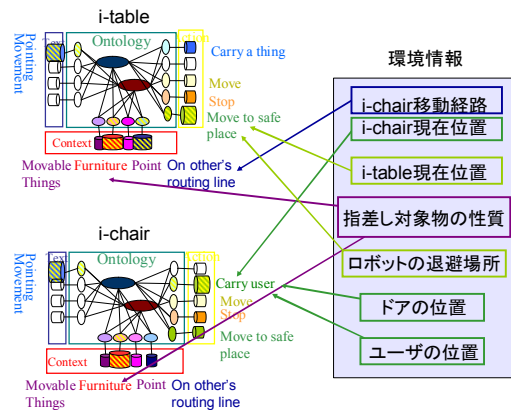


図3 指差し対象が家具だった場合の環境情報参照例

人が起こす行動はある程度その場によって振り分けられると考えられている。従ってロボットが提供するべきサービスも一定程度その場に依存すると思われる。しかしひ

とつのロボットにサービスを提供するための情報を全て格納することは不可能である。そこで個々のロボットには個々の基本的なオントロジーを用い、その場その場で必要とされる細かい知識は、環境に記述するシステムを構築した。

この全体システムはユーザーが指差し動作によりロボットにコマンドを送り、それに対してロボットがサービスを提供する。全体システムのシステム構成図を図4に示す。

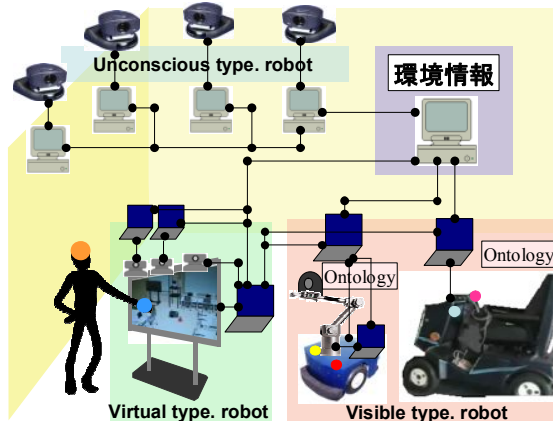


図5 全体システム構成図

指差し動作は同じ動きであっても、状況によって異なる意味を持つため、オブジェクトのプロパティ等環境情報を考慮することで、指差しの意図を理解する人とロボットの共同注視型対話ネットワークロボットシステムを実現している。

本研究ではアンコンシャス型、バーチャル型、ビジュアル型ロボットがオントロジカルネットワークを介して環境情報を共有する。ロボットが個々のオントロジーを用いて環境情報からその状況を判断し自らの行動を決めることによってサービスを提供する。ロボットがサービス提供に必要な環境情報をその都度参照することにより、個々のロボットの情報量を軽減し、またロボット間での情報共有が可能となった。サービス提供の実験風景を図6に示す。



図6 サービス提供実験風景

ロボットが人の注意対象である場所や物の性質から人の指差し動作の意図を推測しサービスを提供することにより、より状況に即したサービスを提供する例を実機実験で検証し、有用性を示した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計12件)

- ①Atsuhiko Nakamura, Toru Yamaguchi, Eri Sato-Shimokawara, “Intelligent Network Mobility using Environment Information” Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2008), Nagoya, Japan Pp317-322 (CD-ROM) (September 17-21, 2008)
- ②Yusuke Fukusato, Shoichiro Sakurai, Eri Sato-Shimokawara, Toru Yamaguchi, “Service Offer System in “Kukanchi: Interactive Human-Space Design and Intelligence” using Natural Gesture”, Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2008)
- ③Atsuhiko Nakamura, Toru Yamaguchi and Eri Sato-Shimokawara, “mobility Services Considering situation by using Environment Information” Multisensor Fusion and Intelligent Systems (MFI2008), Seoul, Korea, Pp296-300 (CD-ROM) (August 20-22, 2008)

- ④王司亮、山口亨、佐藤英理、環境情報の汎用化の基づくロボットアームの動作生成、第25回日本ロボット学会学術講演会論文 集 (RSJ2007)、CD-ROM 1C25 (2007/9/13-9/15)
- ⑤Shoichiro Sakurai, Toru Yamaguchi, Eri Sato, “Recognizing Pointing Behavior using Image Processing for Human-Robot Interaction” 2007 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM2007), ETH Zurich, Switzerland (CD-ROM) (2007/9/4-9/7)
- ⑥Tomo Okawa, Masako Miyaji, Eri Sato, Jun Nakazato, Toru Yamaguchi, “Information support system using intention recognition considering situation in human-centered city”, The 13<sup>th</sup> International Conference on Advanced Robotics (ICAR2007), Lotte Hotel, Jeju, Korea, Pp449-455 (CD-ROM) (2007/8/21-8/24)
- ⑦山口亨、櫻井翔一郎、佐藤英理、指差し動作による人間-ロボット間のナチュラルインターフェース、第22回ファジィシステムシンポジウム講演論文集、CD-ROM Pp639-642 (2006, 9/6-9/8)
- ⑧中村耕太、吉田好春、山口亨、嗜好属性と身体属性に基づく店舗向きサービスロボットシステム、第7回(社)計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SICE SI2006)、CD-ROM Pp538-539 概要集 Pp183 (2006/12/14-12/17)
- ⑨ Toru Yamaguchi, “Humatronics and RT-Middleware”, 13TH INTERNATIONAL MULTI-CONFERENCE ON ADVANCED COMPUTER SYSTEMS (ACS2006), Międzyzdroje, Poland, Pp159-162 (Vol. II) (2006 10/18-10/20)
- ⑩Eri Sato, Aika Nakajima, Toru Yamaguchi, “Gestural Interaction Using Pointing Movement Considering Situation”, The 7<sup>th</sup> International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2006), Tokyo, Japan, Pp440-444 (CD-ROM) (2006 9/20-9/24)
- ⑪ Jun Nakazato, Toru Yamaguchi, “Intelligent Networked Mobility Based on Human Interaction with RT Middleware”, The 7<sup>th</sup> International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2006), Tokyo, Japan, Pp335-338 (CD-ROM) (2006 9/20-9/24)
- ⑫Yoshiharu Yoshida, Jun Kawakatsu, Toru

Yamaguchi, “Purchase Support System Using Personal Tastes Acquisition Method”, The 7<sup>th</sup> International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2006), Tokyo, Japan, Pp434-439 (CD-ROM) (2006 9/20-9/24)

6. 研究組織  
 (1) 研究代表者  
 山口 亨  
 (2) 研究分担者  
 (3) 連携研究者