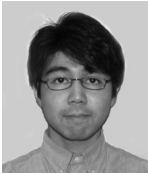


特集 ■アンドロイドやエージェントに感じる人の存在感

社会におけるロボットの存在



宮下敬宏

ATR

MIYASHITA TAKAHIRO



神田崇行

ATR

KANDA TAKAYUKI

1. はじめに

社会にロボットを置いてみて、どのように人々に影響するのか、新しい「存在」を試すことが、ロボットにとって重要になってきている(図1)。バーチャルリアリティの研究は、もちろん仮想空間における存在感が興味の対象となっているが、そもそも、我々は存在感という感覚について詳しく知らない。人工物が存在感を持つとは、いったいどのような現象なのだろうか？

特に、本稿では「社会における存在」について、考える。まるで人が活動しているかのように、社会の中に存在するロボット・エージェントとは、いったいどのようなものであろうか？特に、興味の対象を、「社会における存在(感)」としたとき、仮想空間で起きる感覚だとすれば、むしろ現実の社会で、より容易に起こせるのではないだろうか？そして、現実の社会(空間)において人工物がどのようにして存在感を持つか、明らかにしたとき、その知見が、仮想空間での存在感の研究に生かせるのではないだろうか？



図1 ロボットの存在とは？日常生活の中での実証実験
(ユニバーサル・シティウォーク大阪にて)

本稿では、主にロボット工学分野で進む、ロボットが社会で活動するための技術とロボットを用いた実証実験の試みを紹介することで、現実の空間から、バーチャル空間にむけて、「社会における存在」としての存在感に関する研究の可能性を示したい。

2. 社会にロボットが存在するために必要な技術

ロボットが社会に存在するためには、周囲の状況を把握できることが大前提となる。周囲の状況を的確に把握し、それに応じてロボットが振る舞うことができれば、ロボットには単なる機械とは異なる存在感が生じてくる。本章では、そのために必要となる技術として、広範囲に人の位置および行動を把握するための環境情報構造化プラットフォーム [1] と、近接距離において人の状況を把握するための触覚情報に基づく人の位置・姿勢の推定技術 [3] について紹介する。

2.1 ロボット周囲の情報を取得するための技術

街中や家の中などで活動する際には、人にとってもロボットにとっても、相手と自分の存在や状態を瞬時に把握することが重要となる。例えば、自分の周囲のどこに人がいて、どのようなことをしているのか、という情報を、人は常に、しかも容易に把握している。しかし、ロボットがそのような情報を取得するためには、多くのセンサと複雑なセンサ情報処理が必要となり、容易に取得することは難しい。そこで、我々の研究グループでは、ロボットが社会で活動するための基盤技術として、人の位置と行動の情報(環境情報)をロボットや携帯端末などに無線 LAN を介して提供するプラットフォームを開発し、京都と大阪の2箇所に設置した [2]。大阪(大阪市此花区

にある複合商業施設)に設置したプラットフォームの外観を図2に示す。ここでは、3種類のセンサシステム(カメラ、無線IDタグ、レーザレンジファインダ(LRF))によって、照明条件など環境の変化に対して頑健な人の位置計測を実現している。また、人の位置情報を蓄積し統計的に解析することで、人の行動の分類を行っている。プラットフォームの出力例を図3に示す。

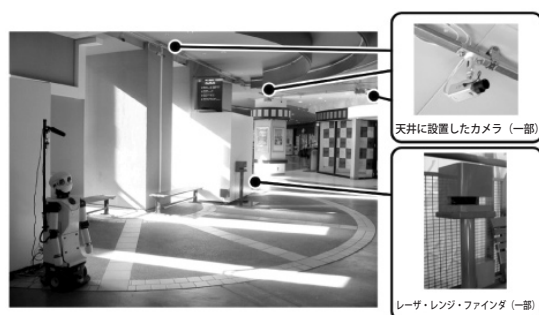


図2 環境情報構造化プラットフォーム外観



図3 プラットフォームの出力例
* 口絵にカラー版掲載

ロボットは、自らがセンサなどを持っていなくても、このプラットフォームのネットワークに繋がることで、これらの情報を実時間で利用することができ、あたかも人の存在感を感じているかのように振る舞うことができるようになる。

2.2 触れ合いの中での人の状況の把握

人とロボットが触れ合うくらいの近接距離になると、人の存在を意識したロボットの振る舞いを実現するためには、さらに詳細な情報として人の姿勢の把握が必要になる。近接距離で人の状況を把握する際に重要となる

のは、ロボットの触覚(全身の皮膚感覚)である。全身の鋭敏な皮膚感覚は、単に触られている場所とさわり方だけを伝えるものではない。例えば、親に子どもが後ろから抱きつく場面を想像して欲しい。そのとき親は、子どもがどこにどのような姿勢で抱きついているかを、目で直接見ずとも、皮膚感覚とこれまでの経験とを照らし合わせることでほぼ正しく把握することができる。我々の研究グループでは、全身に柔らかな皮膚と鋭敏な触覚を持つロボットを用いた人の位置・姿勢の推定技術を実現している。この技術では、あらかじめ、ロボットとコミュニケーションする人の位置と姿勢をモーションキャプチャシステムで計測し、その情報とロボットの全身の皮膚感覚を対応づけて記憶しておく。実際に人と触れ合うときには、この記憶を利用して、相手の位置と姿勢を推定する。図4は、ロボットが皮膚感覚のみで人の位置と姿勢を推定し、その推定結果を利用して、相手の顔を見る仕草をしているところを示している。



図4 皮膚感覚のみによる人の位置・姿勢の推定

この技術によって、例えば、人がロボットの後ろから肩をたたき呼びかけたとき、ロボットは、ふと後ろを振り向くことができるようになる。筆者の経験では、このような振る舞いは、ロボットの存在感を単なる置物や機械とは異なる、人に近いものへと変化させる。

3. ショッピングモールにおけるロボットの存在

次に、実社会の中でロボットを用いた実証実験として、ショッピングセンター(図5)で顧客に道案内や情報提供を行う案内ロボットのフィールド実験を紹介する。これまでに、大学などの受付ロボットや、ショッピングセンターなどで来客に道案内や商品情報の提供を行うロボットは実現されてきているが、これらは情報提供サービスの側面に注目したものであった。

しかし、ショッピングセンターで活動する案内ロボットには道案内や情報提供する役割に加えて、来客に親しまれる役割が求められる。ショッピングセンターは人が日常的に利用する施設である。地元の人が何度も訪れる場所であるため、同じ人と何度も接することが重要となる。ロボットは目新しいため、始めは多くの人を引きつけるが、すぐに飽きられる事もある[4]。そこで、我々は、人と何度も接することができ、その人と顔見知りになるような対話を行うようなロボットの実現を試みた。

3.1 ロボットシステムの構成

ロボットシステムの構成の詳細は、文献[5]に示すが、ここでも簡単にその概要を紹介する。ロボットシステムは、主に、人間型ロボット Robovie、床センサ、RFID タグから構成される。図7に示すように、ロボットは床センサ上に配置され、ロボットの周囲の人の位置を知り、人がセンサ上に来ると、人の方を向きながら対話するように設計されている。また、RFID タグ(図6)が希望者に、実験モニタとしてアンケートを回答することを条件に無償で配布された。RFID タグの利用者は、対話開始時に、ロボットに取り付けられたタグ読み取り機にタグを触れることで、ロボットがタグの持ち主の名前を呼び、対話を続けるように設計されている。雑音下での音声認識はいまだ困難であるが、道案内などを行うロボットにとっては正確な認識が欠かせないため、音声認識機能はひとまず人間のオペレータが代替する、Wizard of OZ (WOZ) 法によって研究を進めることにした。

ロボットは、ロボット主導型の対話[6]を進める。店舗のおすすめ情報に関する対話コンテンツのみでなく、人に親しみを与え、長期的に関係が続くような対話コンテンツも用意された。また、ユーザのリクエストに反応して、ショッピングモールの中の100か所以上の場所・店舗を、「〇〇は、そっちにあるよ」といった指さし[7]を交えた直観的な方法によって案内することができる(図8)。

3.2 実験の結果

実験はイオン高の原ショッピングセンターで行った。ショッピングセンターは4階からなり、1階が駐車場、2階から4階には150店程の専門店が入っている。実験期間中の来場者数は1日約2万5千人である。ショッピングセンターは駅に隣接しており、ロボットは人通りの多い駅方向への出口に繋がる2階の通路に設置した。実



図5 ショッピングモールの外観と情報ディスプレイ



図6 RFID タグ



図7 実験システムの構成



図8 指さしを交えた道案内

験は平日の13:00～17:00に行った。実験期間は7月23日～8月31日の6週間であり、そのうち混雑する土日やお盆(8月13日～17日)を除く25日を実験日とした。実験期間のうちの始めの3週間は、モニタ参加者を募るためにスタッフが呼び込みを行った。残りの2週間は全く呼び込みは行わなかった。

ロボットの、1 日毎の対話回数を図 9 に示す。10 日目に最も少ない 72 回、11 日目に最も多い 134 回の対話を行ったが、実験現場での呼び込みを無くした実験終盤にも対話回数が少なくなることはなく、実験期間を通してほぼコンスタントに毎日平均 105.7 回の対話を行った。

実験モニタには、332 名が参加した。ロボットに会いに来た平均日数は 2.1 日となった。図 9 にモニタ参加者の 1 日ごとの対話数を示す。1 日のモニタ参加者の対話数も実験終盤に減少することなく、ほぼコンスタントに平均 28.0 回だった。

1 日の中では、昼食後の 1 時ごろには混雑し、3 時ごろには人が少なくなる (図 10) といった変動はあったものの、図 9 に示すように、25 日間行った実験の終盤にロボットの対話相手がいなくなることはなく、ロボットの周りも寂れなかった。

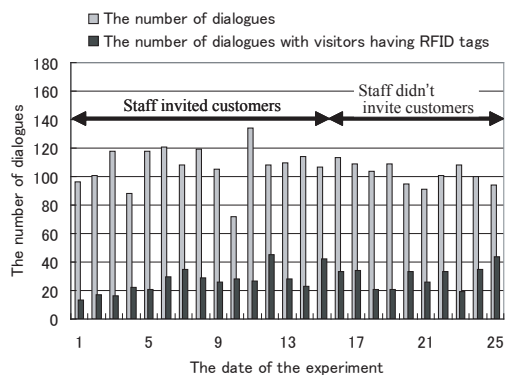


図 9 1 日ごとの対話回数



(a) 混雑時

(b) 非混雑時

図 10 ロボットの周囲の様子

実験前後でのロボットの印象やロボットの案内・情報提供の効果を調べるために、モニタ参加者に、実験前後にアンケートへの回答を求めた。顔見知りになる効果やその結果が情報提供の効果に及ぼす影響、といった詳細な結果は [5] に示すが、ここでは簡単に、ロボッ

トが社会の中で役割をもって存在することができたことを示すために、その情報提供の効果に関する部分を紹介したい。

案内・情報提供の効果

ロボットの案内・情報提供の効果を尋ねた。ロボットの情報提供の効果については、回答者 235 人中 99 人がロボットが話題にした店舗に訪れ、63 人がロボットの話した内容をきっかけに買い物を行った。ロボットの情報をきっかけに買い物をした理由では、

- ・チョコチップ (アイス) を勧められて、食べた事なかったもので一度食べてみたいと思ったから
- ・ (ロボビーが話題にした) 映画が面白そうだった
- ・ (そのクレープを) ロボビーが食べた事がないと言ったから
- ・ クレープ: (ロボビーが) 何度も話題にするので、子供が食べたがった為

といった回答があった。これらの結果から、ロボットの口コミ型情報提供により、人は商品や店舗に興味を持ち、商品を購入したと考える。

また、ロボットの情報提供が人にどの程度の興味を与えていたのかを調べるために、ロボットと他の広告媒体のそれぞれからの購買経験を比較した (図 11)。比較対象としては、実験を行ったショッピングセンターに、店舗や新商品の情報を表示するために設置されていた大型の広告ディスプレイを用いた。広告ディスプレイの外観を図 5 に示す。設置場所の適切さについては両者間に有意な差は見られないが、それ以外の項目の、それぞれが提供する情報の役立ち度 ($F(1,229) = 40.96, p < .01$), 提供される情報への興味 ($F(1,229) = 69.52, p < .01$), それらの情報をきっかけにして訪れた店舗数 ($F(1,226) = 36.19, p < .01$), それらの情報をきっかけにして買い物をした回数 ($F(1,226) = 7.66, p < .01$) に関して、ロボットの方がディスプレイに比べ有意に高い評価を得た。この結果から、ロボットは、

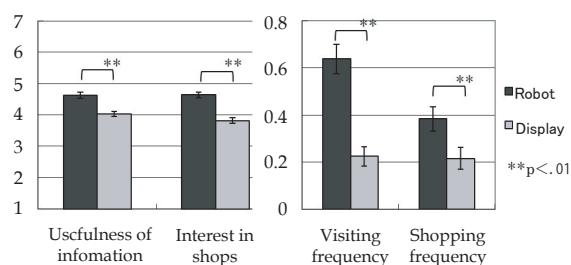


図 11 ロボットが購買行動に与えた影響

広告ディスプレイに表示される情報よりも、アンケート回答者にとって、興味を持ち、役に立つ情報を提供できたと考える。

4. リアルからバーチャルへ

本稿では、ロボットが社会に存在するための技術と、ショッピングモールでのロボットによる情報提供サービス実証実験を通して、社会におけるロボットを紹介した。現実の社会に存在するためには、常に変化する周囲の環境を把握し、その意味をふまえて行動する必要がある。また、社会において他の人々と共有した経験を、次の行動に生かすことも極めて重要である。これらに対応した技術が、環境情報構造化プラットフォームと、RFID タグによる顔見知り対応可能なロボットシステムである。本稿で紹介した研究成果から、現実の空間でロボットは役に立ち、社会の中で存在することができるようになってきたと言えるのではないだろうか？

ロボットが社会の中で存在できるようになれば、社会とロボットとの間に関係は生まれ、自ずと存在感が生じる。ショッピングモールでの実験結果が示すように、ロボットが対話相手にもたらす情報は、広告ディスプレイとは明らかに違う効果を持ち、その情報をきっかけに購買行動が生じていることから、人々は、ロボットにこれまでの道具とは異なる存在感を抱えていることがわかる。

現実の社会（空間）におけるロボットの存在感とはどのようなものなのか、どのような仕組みに基づいて成立するのか？これらの疑問は、現実社会に存在するロボットを実現し、人々との関係を構築しなければ、解明することは難しい。本稿で述べたように社会におけるロボットシステムの研究・開発を進め、社会とロボットとの関係を様々な視点で構築することによって存在感に関する知見を蓄積する。これが、現実の空間、さらにはバーチャル空間での存在感研究の礎となることを願っている。

参考文献

- [1] 宮下敬宏, 神田崇行, 西尾修一, 萩田紀博: 施設内外の人計測と環境情報構造化プラットフォーム, 日本ロボット学会誌, Vol.26, No.5, pp.35-38 (2008)
- [2] Nishio, S. et al., :Robotic Platforms Structuring Information on People and Environment, in Proc. 2008 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS2008)
- [3] Miyashita, T. et al.,: Haptic Communication Between

Humans and Robots, Robotics Research, Springer Tracts in Advanced Robotics 28, pp. 525-536, Springer, ISBN-10: 3540481109 (2007)

- [4] Kanda, T. et al.,: Interactive Robots as Social Partners and Peer Tutors for Children: A Field Trial, Human Computer Interaction, 19(1-2), pp. 61-84 (2004)
- [5] 宮下善太, 神田崇行, 塩見昌裕, 石黒浩, 萩田紀博: 顧客と顔見知りになるショッピングモール案内ロボット, 日本ロボット学会誌, Vol. 26, No.7 (2008)
- [6] 神田崇行, 石黒浩, 小野哲雄, 今井倫太, 前田武志, 中津良平: 研究用プラットフォームとしての日常活動型ロボット“Robovie”の開発, 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol. J85-D-I, No.4, pp. 380-389 (2002)
- [7] 杉山治, 神田崇行, 今井倫太, 石黒浩, 萩田紀博, 安西祐一郎: コミュニケーションロボットのための指さしと指示語を用いた3段階注意誘導モデル, 日本ロボット学会誌, Vol. 24, No. 8, pp. 964-975 (2006)

【略歴】

宮下敬宏 (MIYASHITA Takahiro)

ATR 知能ロボティクス研究所 室長

1993 年大阪大学基礎工学部卒業, 2000 年大阪大学大学院工学研究科電子制御機械工学専攻博士後期課程単位取得退学. 博士(工学). 2000 年(財)科学技術振興機構 研究員, 和歌山大学システム工学部助手を経て, 2002 年より現職. 専門はロボット工学. 著書『知の科学 コミュニケーションロボット』(共著), 『超五感センサの開発最前線』(分担執筆)など.

神田崇行 (KANDA Takayuki)

ATR 知能ロボティクス研究所 主任研究員

1998 年京都大学工学部卒業, 2000 年京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻博士前期課程修了, 2003 年京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻博士後期課程修了. 博士(情報学). 2003 年より現職. 専門はヒューマンロボットインタラクション. 著書『知の科学 コミュニケーションロボット』(共著)など.