

連続市民講座 第5回 (平成24年11月17日開催)

# 人の気持ちの分かるロボットを目指して

人と共に生きるロボットの開発

## 講演録

### 講座概要

身の回りにロボットがいて、いろいろと助けてくれるような時代が近づいています。でも、その操作が難しくては困ります。これまでの機械は、使い方を覚えて、そのとおりに操作しないと動きません。しかし、人間同士なら、細かいことを言わないでも、その状況での相手の行動を見て、相手が何をしたいかが分かります。この講座では、人の動きを見て、その人のして欲しいことを察して動くロボットを紹介します。

### 講師プロフィール



大学院理工学研究科 教授

久野 義徳

1954年 岐阜県生まれ

略歴:

1982.3 東京大学大学院工学系研究科修了

(工学博士)

1982.4 ~ 1993.3 (株)東芝 研究開発センター

1993.4 ~ 2000.3 大阪大学工学部助教授

2000.4 ~ 現在 埼玉大学理工学研究科教授

専門: コンピュータビジョン、知能ロボット、ヒューマン  
インタフェース

主な業績:

- ・コンピュータビジョン: 技術評論と将来展望 (新技術コミュニケーションズ 1998)
- ・高齢者介護施設におけるコミュニケーションチャンネル確立過程の分析と支援システムの提案 (情報処理学会論文誌 2009)
- ・観客を話に引き込むミュージアムガイドロボット: 言葉と身体的行動の連携 (電子情報通信学会論文誌 2009)

埼玉大学/読売新聞さいたま支局 共催

後援 埼玉県 埼玉県教育委員会 さいたま市 さいたま市教育委員会 彩の国さいたま魅力づくり推進協議会

協賛 埼玉りそな銀行 武蔵野銀行 埼玉縣信用金庫 さいたまコープ 埼玉大通り商店会 埼玉県商工会議所連合会

## 人の気持ちの分かるロボットを 目指して

人と共に生きるロボットの開発

平成24年11月17日  
大学院理工学研究科教授  
久野 義徳

ご紹介ありがとうございます。理工学研究科の久野と申します。今日は寒い中、また雨もぱらついてきておりますけれども、沢山おいでくださいましてありがとうございます。

今日のタイトルは「人の気持ちの分かるロボットを目指して 人と共に生きるロボット」となっておりますが、読心術などによってロボットが人の気持ちが分かるといった話ではなくて、皆さんが実際に生活の中でやられていることを、ロボットでも実現しようという研究です。

### 人の気持ちの分かるロボット

はじめに、こちらのビデオをご覧ください。これは深谷市の介護施設でのビデオを撮影した例ですけれども、この手前のおじいさんがテーブルに近づいてくると隣の女の子がテーブルの上を片付けてくれて、次におじいさんが椅子を引いて座ろうとすると、うまく椅子が引けないので、椅子の手すりに触ってこちらの人に振り向くと、こちらの人が椅子を引いてくれる。それで座ることができた。この間、言葉は一切使っていないわけです。このおじいさんが近づいてきたということは、この椅子に座りた

いんだなと思って、女の子はテーブルの周りを片付けてくれる。また、おじいさんが椅子に触り介護者の方を見れば、椅子を引いて欲しいということが伝わる。こういった行動は、言われればそうかと思いますが、皆さんが日常でよくやられていることですよ。みなさんも家族の中では言葉を使わなくても、次に何をしたら良いか以心伝心というかほぼわかることができますよね。それはなぜ分かるかということ、毎日そうしているからということと、そういう状況で、そういう動きをしていると、次はこういうことをしたいんだろうということが分かるからなんですね。そういうことをロボットにもさせたい。そういうことで「人の気持ちが分かるロボット」と言っています。

いままでの機械というのは人の気持ちが分からない、つまりある手順に従って、きちんと指示を与えれば、仕事をしてくれる。自動販売機などは、手順通り行えばちゃんと欲しいものを買えますよね。しかし、そのような機械では、使い方が分からない時何もしてくれないですよ。例えば、海外などに行って自動販売機を利用しようとした時、使い方が分からず迷っていたら、人間であれば使い方が分からないのかと思って、使い方を教えてくださいよね。困っていたら手助けしてくれるような機械ができればずっといいですよ。そういったことをしてくれることを含めて、「人の気持ちの分かる」と、大げさかもしれませんが言っています。

先ほどのビデオを見ても、全ての行動はコミュニケーションであり、人間が動いて何かしているというのは無意識的に相手に何らかのメッセージを送っているわけです。

こういう状況でこう動けば、こうして欲しいということを伝えているわけですね。こんな難しいことを言わなくても、皆さん普段の生活の中で、相手を見ながら、コミュニケーションをとって必要な対応をしているわけです。そういったことが今までの機械にはできなかった、そういうことで、そのようなことができる機械を作りたいということです。

この講義の中で色々な言葉が出てきますが、「人間とロボットのインタラクション」という言葉があります。コミュニケーションという言葉は皆さんご存知かと思いますが、この講義の中ではインタラクションという言葉をはほぼそれと同じ意味で用いています。インタラクションは日本語でいうと相互行為という言葉が用いられます。つまり人間と人間がどういうふうに行動をしあっているかということになります。最近では人間と共生するロボットが期待されているわけですが、そういったロボットにとって人間とのインタラクションというのが是非必要になってきます。ロボットが人間同士できるように行動すべきかという議論はあるのですが、段々、人に似たロボットが広まってくると、そういったロボットに対して、人間のように動いてくれるんだなと期待するし、そういうものとして対応した行動をする。ですから、少なくとも人間がする行動を認識して、それに対応する行動をとってあげなければならない。ということで我々はこのテーマに必要性を感じて研究を行っています。また、特筆すべきなのは、社会学の研究者である埼玉大学の山崎敬一教授らと共同研究を行っていることです。山崎先生は人間の行動について

研究をされているのですが、山崎先生と共同して、人間同士での行動を観察、分析して、それをもとにロボットを実現して、人の気持ちが分かるロボットを目指して研究を進めています。そのために、実際の介護施設や、美術館などにも協力して頂いています。

今日は次の3つのロボットについてお話しします。始めに、人にものを説明するミュージアムガイドロボット、どのような説明を行えば、うまく人を引き付けながら説明を行うことができるか研究を行っています。次に、介護ロボットとありますが、実際の介護というのは力作業とかがありますが、それは我々の専門でないのでそういった話ではなく、ここで言っているのは人からの依頼を受け付ける部分についてです。日本の一般的な介護施設では、一人一人に介護する人が決まっているわけではないので、手のあいている人に介護を頼まなくてはなりません。どうやってものを頼むかを調べて、それをロボットに実現したという話です。3番目は人の心を読むとは少し離れているのですが、人に一緒についていく車いすです。今日はこの3つについて紹介をしていきたいと思います。

## ミュージアムガイドロボット



図1：ミュージアムガイドロボット

人が説明を行う場合、聞き手の方向に振り向くであるとか、聞き手が頷いたらこちらも相槌をうってあげるだとか、そういったいろんなことをやってあげないと話が進んでいきませんよね。そのように我々は相手の動きを見ながら話をうまくしているということで、人間はどうやってうまく話をしているのだろう、ということを検討して、ロボットに実装して、実験して、本当にそれがうまくいっているかどうかを確かめるといった話です(図1)。

研究の初期の頃はロボットが一人に説明する場合を検討して、現在では複数の人に対して説明する場合について検討しています。

始めに、どう説明するかを調べるために色々な場所にビデオを設置して観察することにしました。こちらのビデオは埼玉大学の一角の展示スペースなのですが、それを研究されている先生に学生に対して説明をして頂いて、そこでのお互いの言葉と動きの関係を調べました。社会学の研究者である山崎先生と協力して会話分析を行ったところ、聞き手の方向に振り向くことや指さし、頷きなどの行動を用いながら説明する様子が多く見られました。こういうことが

ないと、相手が話にちゃんとしてきているか確認できないですよね。また、会話分析に TRP (Transition Relevance Place : 話者移行適格場) などという言葉がありますが、ようするに会話で話をしている時にそこで一つの区切りになって、次の人が割り込める場所のことですが、そういった話の切れ目で、人はよく相手に対して振り向くというような行動を取ることが分かりました。そこでロボットでもこういった話の切れ目で振り向くことで、聞き手のほううまく付いてきてくれるのではないかということで、ロボットを作りました。また、作成したロボットを用いて実際にロボットが会話の切れ目で振り向くことが重要か実験を行いました。比較のために会話の内容に関係なく振り向くロボットも作成して実験を行ったところ、会話の切れ目で振り向いた方が、ロボットが聞き手に振り向いたときの聞き手の振り向きや、聞き手の頷き、また振り向いて頷くといった行動を促すということが確認できました。さらに、どのタイミングで振り向くかということ調べてみたところ、いずれのロボットでも人の振り向くといった行動は観察できましたが、そのタイミングに違いがあることが分かりました。これは非常におもしろい結果で、話の切れ目で振り向くロボットに対しては、聞き手はロボットが振り向くとほぼ同時にロボットの方を見るわけです。それに対して適当な箇所で振り向くロボットに対しては、聞き手はロボットに遅れて振り向くことが多くありました。つまり、ロボットが変なタイミングで振り向いたため、何だろうと思い。ロボットの方を見たわけです。これは実験により顕著な違いが出ており、

話の切れ目で振り向くロボットの実験では24例中15例で、ロボットと同じタイミングで、同期したように振り向くといった結果が得られました。これはロボットの話に聞き手が引き込まれているといったふうに考えることができるといった、非常に面白い知見を得ることができました。

そのようにTRP(会話の切れ目)で振り向くことが有効だということが分かりました。そこで実際に美術館にロボットを持って行って実験しようとしたんですが、聞き手の方に振り向くためには、聞き手の顔の位置を知らなくてはなりませんよね。先の実験では聞き手に立つ位置を指定したのでよかったのですが、実際の現場でガイドする場合にはこのような指定はできません。そこで、聞き手の位置をロボットが知る必要があります。そこがこの研究で技術的に重要な点となります。この分野は最近非常に研究が進んでおり、皆さんがお持ちのデジタルカメラなどでも顔を検出するであるとか、笑顔を認識してシャッターを切るといった機能があると思います。そこで、我々も画像の中から人の顔を検出して、さらに顔の向きも見つけるような技術を開発しています。ロボットの構成としては、ロボットの上部にカメラを3つ設置して、聞き手の顔の動きを観察して、そちらの方向に振り向くといった行動をします。このようなロボットを使って、実際に倉敷にある大原美術館で実験を行いました。100組ぐらいの方に説明を行って、多くの場合で人間のガイドが行った時のような反応を聞き手から引き出すことができ、良いガイドロボットになっているのではないかと分かりました。

その次に、今までは一人に対してガイドすることを考えていましたが、複数人に対してガイドする場合にはどうしたらよいかについて調べました。実際のガイドでは、聞き手をガイドに引き込むために簡単な質問をよく行うのですが、どの人に質問をするかが重要になります。話をうまく進めていくためにはできるだけ答えを知っている人に質問をしたいわけです。実際に美術館で学芸員さんのガイドを観察すると、単刀直入には質問しないんですね。「ピカソはとても有名な画家ですね、スペインの画家で、色々な作品を描いていますよね。」など言いながら、聞き手の反応を見てから質問をするわけです。そして、自分が目を向けたときに、目をそむけるなど、ネガティブな反応をする人には質問をせず、目を合わせるであるとか、頷きを多くしているなどポジティブな反応を示した人に質問をするわけです。そういうことによって、会話をうまく繋げるために、答えを知っている人を選んで質問をするわけです。実際に予備実験を行って、ロボットが知識のある人に質問した場合と、知識のない人に質問した場合でアンケートを行ったところ、知識のなかった人はロボットの質問に対しても答に困ったという人が40%ほどいました。ということで、やはりロボットがガイドを行う場合でも答えを知っている人、知らない人を選んで質問したほうが良いということなので、そのようなロボットを作ろうということになりました。ではどうしたらよいかということになりますが、今までのロボットに幾つかの機構を追加して性能を上げました。始めの頃は360度全方向

の画像を撮影できる全方位カメラを使用していたのですが、顔を大きく撮影する必要があったため、3人のお客さま専用ということになってしまいました。3台のカメラを用いて、1つのカメラで1人の人を観察するというので、カメラ画像から人の顔の動きを追跡して、顔の振り向き、頷き、また、かしげといった動作を認識するようにしました。顔の振り向きや、頷き、かしげといった人の顔の動きを捉えることができるので、聞き手の反応がポジティブなものか、ネガティブなものかを判断することができます。このように拡張したロボットを用いて、横浜にある JICA 横浜海外移住資料館というところで実際に実験をさせて頂きました。展示品についての質問を行い、答えが分かったと思われる人に質問をしようという実験を行いました。この実験の様子は TV にも取り上げられています。

### 介護ロボット

続いて、介護ロボットについてお話ししたいと思います。介護ロボットと言っても実際に介護を行うわけではなくて、介護ロボットのために依頼を受け付ける、適切な身体行動をとって依頼を受け付けるという話です。

介護の必要性を今さら言う必要はないかと思いますが、介護の重要性、必要性から、多くのロボットが研究されています。例えば、理化学研究所の RI-MAN であるとか、SECOM の My Spoon、こういったロボットは物理的なアシストをしてくれるロボットですが、我々はそのあたりの機械系の部分は専門ではないため、コミュニケーション

ン、インタラクションの部分を研究しております。

研究では実際の介護現場を撮影させていただいて、そこでの人間同士のインタラクションを調べています。実際の介護施設では多くの高齢者の方が毎日みえますが、その人たちを相手に何人かの介護士さんが働いています。日本の介護施設では、特定の介護者の方が特定の人を担当するといったことはあまり決まっていないということなので、高齢者の方がなにかサービスをしてほしい時には誰かに頼まなくてははいけません。そのときにどうするか、声をかければ良いのですが、観察してみるとそういうことはほとんどありませんでした。介護士さんがそのメッセージをどうやってか察知して、お世話をしているようにみえる。それを非常にうまくやっているようだということで、どうしてかを観察して、分析して、ロボットにも実装して、実験してみようと考えました。

こういうようにたくさん人がいる中でも、基本的に行うサービスは1対1で行うものですが、それぞれのサービスは「誰かから誰かに頼んで、やってもらって、それが終わる。そして、次に移る。」という4つのフェーズからなっています。まず、“始まり”ですね。手が空いている人に頼まなくてはならないので、介護士さんは手が空いているということを示さなくてはならない。次に“対応している”という状態、これは外から見れば、何かをやっているということがすぐに分かります。それからそれが“終わった”というフェーズ。また最後の“次の番”のフェーズでは、次の順番をうまく伝えなくてはならない。このように依頼や

サービスを考えてみると、この4つのフェーズでうまく身体を使っているということが分かりました。

このビデオの例では、この介護士さんはまず辺りを見回しています。見回しているということは、今、手が空いているということを示しているわけです。そうすると、なにか依頼したい高齢者の方はそちらの方に視線を送ります。高齢者の方からすれば、自分のメッセージを送るタイミング、介護士さんがこちらを見てくれるタイミングを待ってから目を向ける。介護士さんからしたらそういうタイミングを作ってあげる。そうしたら、目と目が合った時にサービスを受けたいのだと分かって、最後に高齢者の方が手を挙げて、介護士さんがそちらに向かうという状況をこのビデオは説明しています。そのようにしてたくさんビデオを分析すると、依頼の開始時のステップでは、“対応可能性の表示”、“受け手性の表示”、“確認の表示”という3つが標準的に行われます。介護士さんの側から見ると、始めに対応可能性を示す。これは見回しのような行動が当てはまります。次に受け手性を示す。受け手性の表示というのは、依頼者からの信号を受け取るため、ある範囲の人を見ることで、そちらからの依頼を受け付けることができるということを示すことです。そうすると高齢者の人はそれを感じて、視線を向け、介護士さんが気付いて近づいてくると確認のため、手を挙げたり、声を出したりします。実際には、ほとんどの場合、2番目の状況の時に、ちょっとした信号を出すことで用があるということが伝わっているということが分かりました。

そこで、これをロボットでもやってみようということを考えました。ただ、ぐるぐると見回るロボットではなく、人の位置を検知し見回るといった行動をするロボットが必要で、そういうロボットが呼びかけやすくいいだろうという考えで実験を試みました。最初に作成したロボットは、セグウェイと全方位カメラとWebカメラを組み合わせたもので、全方位のカメラで人を検知し、その方向に頭を向ける。そして頭に付けたWebカメラで人の反応を調べるといったものです。ロボットは顔を向けていない時の反応と顔を合わせた時の反応を見てその人が本当に自分に興味があるか、自分の方を見ているのかを判断します。そこで、そのように周りを見つめるといった行動が重要かどうかを調べる実験を行いました。被験者にロボットとアイコンタクトをしてもらう実験を行い、ロボットに対して、「優しい 怖い」のような形容詞の対をたくさん示して、それらについてどの程度に感じたかというアンケートを回答して貰いました。そうして統計的な手法でアンケートを解析すると、見回しながらアイコンタクト行った場合は、そうでない場合に比べて、人は優しいとか、親しみやすいとかいうような親近性の高い印象をロボットから受けるということが分かり、親近性の点でこういう動きをするロボットが良いということが分かりました。このようにしてサービスを始める時には見回しを行って、目が合ったらやって来てくれるロボットを作ることができました。

先ほどは、“始まり”のフェーズについて考えましたが、4番目の“次の番”のフェ



ーズについても考えました。次の番というのは、今の状況では一度に1人にしかサービスをできないので他の人はそれらが終わるのを待っていなければならないんですが、その時にどうするかということです。例えばキオスクなどで物を買う時に、隣の人が先に会計をしている時に、定員さんが自分に目配せをしてくれれば、自分のことを分かってくれて次に会計をしてくれるんだと思って、少し安心することがありますよね。こういったことが自然に介護施設でも起きているといったことが分かりました。視線には次の番を示す機能があり、うまく使われ方をされていることが分かりました。

そこでロボットの視線でも、それを向けることで“次の番”を示す機能があるか調べてみることにしました。ロボットがお茶を配るシーンを想定し、一人の人にサービスしている時に、他の人から呼び掛けられたらそちらの方を向き、次のサービスの順番を示してやることで、サービスを待っている人にどんな影響を与えるかを調べました。またロボットの外装には頭部と洋服を着せることで、人間のような外装に変えています。(図2)



図2：介護ロボット

実験では、手を挙げた時にロボットが振り向いてくれる場合と、振り向かず他の行

動を続ける場合を40名ほどの被験者を使って調べました。そうすると、とても面白い結果が得られました。ロボットが振り向く場合では、振り向かれた人は直ぐに手を下ろしますが、ロボットが振り向かない場合では、手を挙げてもロボットが何も反応しないので、ずっと挙げっぱなしということが多くありました。当たり前のように思われるかもしれませんが、振り向かない場合ではロボットに手を挙げたことが伝わらなかったと思い、ロボットが前の仕事を終えてこちらに向かってきてくれるまで、手を挙げ続けるという例が多く見られました。実験の結果を見ますと、振り向いた場合では、19人中17人がすぐに手を下ろすのに対して、振り向かない場合では20人中全員がすぐに手を下ろすことはせず、手を挙げ続けるや、何度も手を上げるといった行動が見られました。またロボットについてのアンケートを取ると、振り向いた場合の方が「すぐに気付いてくれた」、「呼びかけやすかった」という点で有意な差を得ることができました。このように、ロボットが振り向くだけでも、ずっとロボットが呼びかけやすく、サービスを依頼しやすくなるということが分かってきました。また同様の結果が外国人に対しても得られることが確認できています。



## ロボット車いす



図 3：ロボット車いす

最後にロボット車いすについてですが、これは介護者の動きと周囲の環境を見ることで適切に介護者についていくというものです。まず、このビデオは車いすの人が介護者の人と買い物に行っている様子です。普通に車いすに乗っている方の買い物に介護する人が付き添っているようにみえます。しかし、会話分析などでは、このように介護する側と介護される側としたカテゴリーに分けられたうえで人が行動するというのは、悪いというわけではないですが、ある意味ではそういう状況が好ましくない場合もあります。ということで、多くの場合、介護者と一緒に行動するのだけれども、一緒に出かけた時に友達同士に見える関係の方が望ましいということで、介護者と並んで動く車いすを開発しています。並んで動くことで会話もしやすいのでそういう車いすを作るのがいいだろうと言うことで開発を進めています。事前の実験で、介護者が車いすに後ろから付いていく場合と、横に寄り添って車いすと移動する場合にどちらが親しそうに見えるかアンケートを行ったところ、多くの人が横の方が親しげに見えると回答し、やはり寄り添って動いた方が

いいということが確認できています。

このような車いすを開発する上で課題となるのは、車いすが曲がるために、介護者の動きを予測して車いすを制御しなくてはならないということです。これについても、実際に観察を行ったところ、車いすを操作する人は、寄り添っている人の体の向きから次に移動する方向を決めているということが分かりました。このことを利用して、介護者の体の向きをセンサーで見て次に行く方向を予測することで、この問題を解決しています。具体的にはレーザー測域センサーというある平面上での物体とセンサーとの距離を計測できるセンサーを用いるのですが、このセンサーを用いると人の肩の形状が楕円型に見えるので、その楕円の単軸の向きに車いすの移動の向きを設定するようにしました。この部分がこの研究の技術的に難しいところになっています。

また、いつも横に並んで動けば良いかというところではなく、例えば、狭い通路や、人とすれ違う時、またドアを通る時などは別の陣形を取る必要があります。そういった状況では、一列になって介護者の後ろをついていく必要があるため、そういった状況を自動的に認識して状況に応じて、介護者に併進する場合と追従する場合を切り分けています。実際にはどのようにやっているかということ、すれ違う人などは車いす上部に設置してあるセンサーを用いて、前方にある障害物などは、車いすの足元に設置してあるセンサーを用いて障害物を検出することで一時的に車いすを追従するモードに切り替えて障害物を避け、その後介護者に併走するモードに戻すといったことを行っています。

また、介護施設では人手不足ということ  
で、一人で複数の車いすを移動させなければ  
ならない場合もあります。介護施設に持  
って行って実験を行った際に、複数の車い  
すでも並んで移動して付いてきてくれると  
嬉しいといった意見も頂きました。そこで、  
一人の介護者に複数台の車いすが付いてい  
けるようにすることも研究しています。こ  
のビデオは2台での例ですが、環境に応じ  
て介護者に並んだり、1列になったりと、  
陣形を変えながら移動する研究を行って  
おります。これはまだ実験的なものですが、  
このように研究、開発を進めております。  
これらの車いすは最近 TV などのメディア  
で取り上げていただいています。

## おわりに

「人の気持ちの分かるロボットを目指し  
て」ということでしたが、人の行動とその  
時の状況を良く見ることで、その状況で人  
のして欲しいことが分かるということが基  
本になっています。社会学の研究者と共同  
して人間の行動を分析して知見を得て、そ  
れを実際にロボットに実装して、そして有  
効性を確認するという方法で研究を進めて  
います。今日は実際には、ミュージアムガ  
イドロボットでは人を引き付けてガイドす  
るにはどうすればよいか、介護ロボットで  
はサービスをする時に人に対してどうい  
う行動をすればよいかについて考えまし  
た。ロボット車いすでは、人と周囲の状況  
を観察することで、介護者に寄り添って  
移動する車いすを開発していることを紹  
介させていただきました。以上になります、  
本日はどうもご清聴ありがとうございました