解説

極限作業ロボットプロジェクトの教訓と残された課題 —中村桂子先生の指摘を踏まえて—

Results and Problems of Advanced Robot Project

—Partial Answer to Prof. Nakamura—

柿 倉 正 義* *東京電機大学

Masayoshi Kakikura* *Tokyo Denki University

以下では中村桂子先生の「日常的なことのできないロボット」に対するお答えを、極限作業ロボットのプロジェクトに参加した者の一人として、させていただきます。ただし、以下の記述はまったく私の個人的な見解であり、大勢のロボット研究者、就中、上記プロジェクトに参加された研究者・技術者のなかには私と意見を異にされるかたも多数おられることを、蛇足ではありますが申し添えておきたいと思います。

1. 「ロボットのイメージ」に関して

中村先生が「ロボット」という言葉に対して鉄腕アトムをイメージされるということには、まったく同感です。かくいう私も小学生時代に少年雑誌に連載された鉄腕アトムの漫画を読み、「夢」を膨らませたものです。そして、この夢を追って（そればかりではありませんが）ロボットの研究者になりました。

問題は、いわゆる、現在「産業用ロボット」などと呼ばれている機械が世の中に出現したときに、どなたがネーミングされたのかしれませんが、「ロボット」という言葉を用いられたことにあるのではないのでしょうか。むしろ、「高機能搬送機械」とか、せいぜい「マニピュレータ」ぐらいに留めておくべきだったのではないかと思います。

本来の「ロボット」という言葉には、やはり先生のおっしゃるように、鉄腕アトムのような夢のある意味を持たせるべきだと思います。

2. 「専門家の作ってくれるもの」について

「自分の代わりに働いてくれる」あるいは「自分のできないことをやってくれる」ロボットがあればいいな—と考えておられる方は先生だけではなく、世の中にはたくさんおられると思います。私などは「お手伝いさん」の代わりにしてくれるロボットがあればいいな、などと考えておりま

す。しかし、これはそう簡単には実現できそうにもありません。

このようなロボットの実現を本質的に困難にしている要因があると考えられますが、これは次の「思い通りに動くもの」と密接に関連すると思いますので、そこで述べたいと思います。

先生の文章のなかにも現れています「極限作業ロボットプロジェクト」では、「原子力発電施設作業ロボット」、「海洋石油開発支援ロボット」、「石油生産施設防災ロボット」などの開発を推進いたしました。なかなか、先生の意図されておられるようなロボットを創り上げるということはできませんでした。すなわち、上記の原子力発電施設のような複雑な環境で、何でもとは言いませんが、かなりの種類の作業をこなせるというロボットを創ることは、例えば人間の支援を利用する遠隔操縦のようなシステムを用いても至難の業でした。まして人間の援助なしで作業を行う完全自律型ロボットの実現は遙かに遠い道のりです。

このプロジェクトを担当した者の一人と言えることは、現在のロボット技術で実現できるのは、限られた環境で、限られた作業を行うことのできるロボットの開発なら、何とかなるかもしれない、というところでしょうか。すなわち限定環境下において限定作業を実行するロボットの実現というわけです。この環境（および作業対象物）と作業を限定するというやり方は、実現しようとするロボットの機能の程度によって多少の差はあるでしょうが、当分の間、ロボット開発において続けられるものと考えます。

3. 「思い通りに動くもの」について

先生の言われる「思い通り」、すなわち「あちらがこちらに合わせてくれること」での「あちら」であるロボットを実現するには解決しなければならない、いくつかの巨大な問題が含まれているように思います。これらのうちでどれが一番重要だとか、どれが一番難しいかはなかなか決められませんが、思いつくままにそれらの幾つかについて述べてみたいと思います。

まず最初はロボットが相手（人間あるいはロボット）の

原稿受付 1997年9月8日

キーワード: Image of Robot, Behavior Understanding, Common Sense, Emotion, Human-robot Interface

*〒101 千代田区神田錦町2-2

*Chiyoda-ku, Tokyo

「行動」あるいは「思考」を理解することに関する問題です。先生の文章中にもありますが、ロボットはこちらが何を考えているのか、何をしようとしているのか、を推察してくれなければ困ります。

現在ロボットの分野における研究として、人間あるいは他のロボットの行動を観察してその意味を理解し、手助けをするロボットの研究が盛んに行われております。これは近年における画像処理技術、特にその高速処理技術の進歩によって、そんなに複雑かつ高尚な行動でない限り、すなわち、産業用ロボットと人間が協調して作業をする、あるいはロボットとロボットが共同して作業をするというレベルならば、近い将来実現可能と思われる。

一方、「思考」に関してはそれほど容易ではないように思われます。ロボットに思考があるかないかは議論の余地のあるところでしょうが、ロボットのプログラムで実行しようとしていることが「思考」であると言えるならば、これはロボット間の通信によって理解することは可能でしょう。しかし、これと同じことをロボットと人の間で行おうとすると、事はそれほど簡単ではありません。人間の考えていることは基本的には言語で表現できるでしょうから、それを理解すればいいということになります。原理的にはまったくそのとおりなのですが、現実にはなかなかうまくいかない、いってないということは先生もご承知のことと思います。意味論の問題が解決されない限り、あまり高度なことは期待できないと思います。

次は「常識」の問題です。

先生の文章に「なぜ日常の問題を解決できない」という部分があります。まったくそのとおりで、これが現在のロボット研究における最大の課題であり、またボトルネックになっているところでもあります。

いま、部屋のなかを掃除するロボットを考えてみます。このようなロボットの素朴なものは一部の会社や事業所などでデモンストレーションをかねて使用されていますが、これらは床に落ちているものをすべて吸い込んでしまうものです。ところで、このようなロボットを本当に家庭で利用できるのでしょうか？ 我々が部屋を掃除するとき、何でもかんでも吸い取ってしまうなどということをするのでしょうか？ そうではありません。紙切れが落ちていればその紙切れが本当にゴミなのか、あるいは何か重要なことが記されているメモなのか判断するでしょう。また、丸めた紙屑が落ちていれば、それが鼻紙のような単なるティッシュペーパーを丸めたものなのか、あるいは中に何かが包まれているのかを調べるでしょう。このようなことを、ことほど左様にすべての場合にわたってプログラムし指示しておくとしたら、本来の掃除をするというプログラムの部分に比べて膨大なものになってしまいます。

このような問題の本質は人間の持っている「常識」と同

じようなものをどのようにしてロボットシステムに付与するかということでしょう。人間は生まれたときからある程度の行動ができるようになるまでに、長い年月を掛けて行動、すなわち、生きることに様々な常識を身につけていきます。これが人間の行動の基本的な原理と考えられます。いわば「常識」は「知能」と言い代えてもいいのかもしれませんが。このような「常識」をどうやってロボットに持たせたいのでしょうか。当然のことながら、ある作業を行うロボットに対して、その作業に関連するすべての常識を人間が考え、プログラムしてロボットに与えるなどということは、理論的にはどうであれ、実際問題としては不可能です。もちろんそのようなことを可能にする一つの試みとして様々な学習に関する研究が行われているわけですが、まだこの常識を獲得するレベルには達していないようです。

この常識の問題と深く関連するのですが、先生の言われる「現在のコンピュータは、私には“思い通りに動く”とはほど遠い存在です」が、「現在のロボット（すなわち計算機）の常識」のレベルを端的に表しています。現在の計算機は、以前のものに比べ格段に使いやすくなったとはいえ、先生の記述されておられる「時に、わけがわからないまま凍りついてしまったら、いったい何を考えているのやらさっぱりわからなくなってしまう」という状況を引き起こすことがしばしばあります。これが計算機ならまだ始末におえるのですが、ロボットだったらどうでしょう。多分怖くて仕方がありません。現にこのような状況の下で産業用ロボットによる災害事故が発生することがあります。このようなときに、必要であるのに、現在の計算機あるいはロボットに欠けているのは説明の機能でしょう。いま自分（計算機あるいはロボット）が何をしようとしているのかを人間に説明できることが大切です。特に体の不自由な人や寝たきり老人の看護などに使用されるロボットにはこの機能が不可欠です。自分が寝たきりで体を動かせないのに、ロボットが何も言わずに黙って自分のところへ近づいてくる場合を想像してみてください。

さて、その次の問題は「感情」です。「常識」はどちらかといえば論理の問題ですが、人間の行動には感情が付き物です。同じような場面における行動でも、そのときの感情次第でまったく違う行動になってしまうことは我々が日常よく経験したり眼にするところです。このような感情の問題が典型的に現れるロボットの例は「子守」をするロボットや前述した老人介護ロボットなどでしょう。動物実験によれば、小猿は鉄でできている形が雌の大人の猿にそっくりな人形よりも、形はまったく違っていても猿の毛に近い材料でできている人形のほうを好むそうです。これは感情の問題ではなく、多分、手触りの問題だと思いますが、同じようなことが感情面に関しても言えるのではないでしょ

うか、自分を憎んでいるという感情を持っている機械（ロボット）よりも、自分を愛しているという感情を持っている機械を好むのは自然の摂理でしょう。もっとも、現在のところ機械にどうやって感情を持たせたらいいのか、あるいは持たせられるものなのか私には分かりません。

さて、最後に取り上げたい問題はヒューマン・ロボットインタフェースの問題です。

先生もご指摘のように（「日常的なことを思い通りにやっていただけるロボットを作るには、やはりコミュニケーションが完全であることが不可欠です」）、ロボットは、最終的には何らかの形で人間と接触を持ちコミュニケーションを必要とします。このときに上記のヒューマン・ロボットインタフェースがいかによく構築されているかが問題となります。例えばある人が頭で、いかに素晴らしいことを考えていても、それを外部に伝える手段がなければ我々はその人の知能の程度を判断できません。これと同様に人間とロボットが最終的に情報を交換する部分には両者の意図（ロボットの場合を意図というのが適切かどうかは問題がありますが）するところが十分に伝わるようにする仕組みを構築することが必要です。そうは言っても工学システムはそのとき用いることのできる技術によってしか実現できませんから、いくら素晴らしいインタフェースの方式を考えたとしても、それがそのとき世の中に実現されている技術で構築できなければ無意味です。

極限作業ロボットの場合はその一つの研究課題として、人間オペレータによる遠隔地点からのロボットの操縦性を向上させるというものがありません。このために視覚情報や触覚・力覚などの感覚情報のフィードバック手法の研究、人間行動の理解に基づく支援動作や確認動作機能の研究

などが行われました。このプロジェクトが行われた時点（昭和58年～平成4年）に比べると、現在は計算機の速さをはじめ、画像処理技術、音声認識技術、マルチメディア技術、バーチャルリアリティ技術などが飛躍的に進歩していますので、ヒューマン・ロボットインタフェースも、より素晴らしいものが構築できると思います。ただし、この場合にも前記と同様に、ただ単に人間とロボットの間の情報交換の効率性だけを追求するようなシステム構成にするのではなく、人間の心理状態などにも配慮したシステム設計が大切だと思います。

以上先生のお書きになられた文章の順序に従って私なりの思うところを書いて参りました。正直のところ、これが先生の疑問に思われていることに対しての回答になっているとは思っておりません。私自身も30年近くロボットの研究に携わってきて、その奥の深さと難しさを改めて感じている今日この頃です。

先生の期待される、鉄腕アトムのような「夢」のあるロボットへの道のりは、まだまだ遠いと言わざるをえないようです。

柿倉正義 (Masayoshi Kakikura)

1942年9月4日生。1965年東京電機大工電子卒。同年、電気試験所（現電子技術総合研究所）入所。1980年情報制御研究室長、1988年自律システム研究室長。1974-1975年エジンバラ大学人工知能学科。1990年東京電機大工学部電子工学科教授。1986、1992年計測自動制御学会論文賞、工学博士（東京工業大学）。

（日本ロボット学会正会員）