解 説

人類の文化としてのロボティクス

Robotics as Culture of Mankind

白 井 克 彦* *早稲田大学

Katsuhiko Shirai* *Waseda University

インタビュー・編集 浅 間

一 東京大学 城 間 直 司 茨城大学

1. 人間とのコミュニケーション

—白井先生は、ロボット関係では、人間とロボットのコミュニケーションに関する研究をされていらっしゃると思いますが、人間とのコミュニケーションの部分で今のロボットの技術というのはどのようなレベルだとお考えでしょうか。

脳科学というのがかなり発達してきて、僕らが若いころに比べたらものすごくいろいろなことが分かってきてはいるとは思いますが、かといいいながら、まだまだ人間のことは分からないじゃないですか。だからそういう意味で言えばまだロボットというのは、我々のスケールから言えば少なくとも何ジェネレーションかは十分楽しめるというか、要するに人間が人間を探索していく。これはある意味で文化そのもののなのかもしれない。ロボティクスという学問も自然科学には違いないけれども、ものすごく人間そのものを意識して研究対象にしている学問で、工学の中ではちょっと異端というか、どっちかという役に立つものをつくり出すというのが工学だけれども、ロボティクスというのはそれだけではない、すごく大きくて深い。もちろん役に立つもの、というのもあるでしょうけれども。

それから人間と共存するというのかな。要するに人間の生活の中で使うものにみんな非常に期待しているところがある。親和性みたいな部分。介護ロボットみたいなものですね。そういうものをすごく期待されているし、いろいろな意味でロボット研究ってまだまだこれからじゃないの。

—白井先生の研究のはしりを少しお聞かせ下さい。

僕自身は1970年、もうちょっと前ぐらいから加藤一郎先生、大分前に亡くなれましたけど、僕より10年ぐらい上で、今、生きておられれば70半ば過ぎているぐらいの歳なんですが、その方が早稲田に移ってこられて生物系のいろいろなことを勉強しようということを始めました。アメリカで工業用ロボットなんかについて視覚の研究などが始まったし、そんなのもやりましたよなんて言ってね。

当時はまだ戦争後の義足とか義手の研究があったんですから、そういう研究に日本だって影響を受けた。そういうような時代だったけれども、そんなのを加藤先生はやっておられて、そこに僕も一緒に入れてくれた。僕は電気工学科ですから一緒に勉強したりしているだけだったんだけど、大学院のドクターぐらいのときかもしれない。一緒にやって、それが始まりなんです。生物工学会とかいって何人かの教員と一緒に、いろいろな学科の教員がいてがやがやとやっていて、そのうち集まって文献なんかを読んでるだけではつまらないから、じゃあ何かつくろうとなって。

じゃあ、何をやりましょうと。人間みたいな格好のものをつくったらどうか言って、じゃあタスク何しようとか話が盛り上って、2足歩行で一応目があって、手が2本あって、指も5本あってというようなものをつくろうということになったんですね。何をやるのかと聞かれたんですけど、私はメカなんかできませんよ。そこを上手にやる人はそれぞれにいたから。大照先生という方がいて、彼のところで視覚をとられちゃったから、視覚はできないと。じゃあ聴覚と。僕は音が割と好きだったから。単語の認識だとかそのぐらいはできるんじゃないのと言って、じゃあ私がやりましょうと言って、やったんです。

それがWABOT-1というやつで、1970年ぐらいに一応テストみたいなことをやったんだね。当時、コンピュータって実は全然まだで、16ビット、8キロワードだったかな。もちろん、遅いんだけど、コアメモリのHITAC10ですよ。

図1 白井克彦先生（2006年9月8日 早稲田大学応接室にて）

原稿受付 2006年11月27日

キーワード: Speech Understanding, WABOT, Culture

*〒169-8050 新宿区戸塚町 1-104

*Shinjuku-ku, Tokyo

HITAC10 でベーシックな仕様だから、8 キロワードのメモリですよ。それで 16 ビットのマシン。それで全部コントロールするんです。現実には全くできないので、しょうがないからそれぞれの動きのところだけのプログラムをつくって、順番にプログラムをインストールしながら、回しながらやるとか、何かある種の動きのところだけを動かせるだけのプログラムを入れてとかね。そんなのが第 1 号機です。

お金もなかったから、AD 変換器なんていうのを手づくりしてやったりね。音声のところは、リアルタイムで動く乗算器があるんですよ。ところが、アナログの乗算器というものは高くって買えないから FET の特性を使ってちょっとフィードバックかけると乗算らしく見える。そんなものをアナログで試作したりね。それを外側からコントロールしなきゃいけない。

とにかく今だったら何でもないぐらいのものだけれども、年単位かかって一生懸命つくってやっていたんですよ。

—ロボットと人間のコミュニケーションの本質的な問題は、単に高速化だけでは解決しないような気がするんですが。

全くおっしゃるとおりでね、ロボットを対話しながら動かすということを初めてやったわけだ。対話というのを当時やっているところは世界中でも完全な対話モードはなかった。そういう意味でいうものすごく早い研究になったんです。ただ、当時 DARPA のプロジェクトで Speech understanding というプロジェクトが、ほとんど同じ時期なんですけれども進行していた。内容は僕らはあまりよく分からなかったんだけど、ほとんど同時に進行していて、僕らのほうがほんのちょっと早かったかもしれない。大体同じに進行していて、それで一応目的を達成したんですけども。最後はその考え方と結局システムは割と似ているんですよ。ただ、そこで行われている対話のコントロールとか、タスクとのコントロールとか、そこで考えられたものというのは、複雑さの程度の差はあるけど、でも、考え方があまり変わっていないんだよ。ほとんど有限オートマトンであらわしてね。ステート・トランジションでしょう。あと確率でみんな制御するという。だからほとんどモデルとして変わっていない。

今は学習するために膨大なデータで学習しちゃう。それらの技術というのはいちレベルが上がっているし、いろいろなことができるんだけど、その後も何回かいろいろなプロジェクトをやってきたが、まあ若干それは複雑にはなるんだけど、どうも本質がなかなか、進歩してないと思う。人間も含めた全部を横断するような、そういう学問なんです。

だからそういうことの好きな人たちが取り組んでいる。まあ、あまりいい仕事かどうかはちょっとわからないけど。やっぱり給料が安くては、給料をやっぱあげないと革命が起こらないのかなあ（笑）。

—人間は意図とかを考える。それはきっと、今後のロボットの一つの大きな研究テーマですね。

そうだね。そういうものもモデルとしてはもちろん当時から考えられていて、そのモデルを動かそうということで、いろいろやってきましたね。そういうやり方自身は想像の産物でしかないけど、人間は大体こんなことをやっているんじゃないのというようなことで、そういうモデルをつくってプログラムとして動かすということは当時から結構あったと思います。

ただそれで性能が悪かったら、また別問題なんだよね。だから人間の、「多分こんなんじゃないの？」といっているいろいろメカニズムをまねしてつくって、それと同じように動きますからといってそれで良いかといとなかなかそう簡単にはいかない。非常に面倒くさいものをつくったんだけど、その割には性能はあまり出ないねとか。そういうのがずっと続いてたんです。なぜかという、要するに実際のデータがとれないからです。

それでその後、音声なんかで非常に変わってきたのは、リアルデータを集めることです。一番最初に出てきたのは新聞の読み上げです。これは新聞というデータがもともとあって、1 年分なら 1 年分バーツと読んじゃう。そうすると、それを何人にも読んでもらえば、非常に膨大な音声データができるんです。それを一応ハンドリングできるようになった。そういうことができるようになると、一応そのシチュエーションの中で起こる文章表現と読み上げ音声の現象については、モデルができちゃうわけですよ。統計的なモデルで。

だけど、それは悲しいかな、今言われたようなこと、人間の頭の中で何を考えているんでしょうかとか、そういうデータが付随しているわけじゃないから、もし本当に対話があって、いま私の頭の中でこういうような現象が起こっているということにはならない。その膨大なデータまで仮に得られたとすれば、それも全部統計的に処理すれば対話の一つの完全なモデルができるだろうな。それも結構たくさんないと統計処理ができないから。そうすると、それぞれの考えることが違うから、そう簡単に統計処理もできそうにないけど、表面上、ほとんど同じことを対話しているなら、頭の中は何か知らんけどぐじゃぐじゃいろいろ違うとしても、結構統計的にまねなんかできるかもしれない。そういうようなことは今のところまだできないから、ということは、全部の検証は実際のデータからはできないということだよな。

2. 文化的な要素

—教育面でむしろロボットを活用するのは重要なのではないかと思います。いかがでしょうか。

やはり子供たちは科学に興味があつて、これがどうして

動くんだろうとか、これは何をやるんだろうとか、そういうのを見ていると楽しいというか、神秘性というか、そういうものをものすごく子供たちは好奇心を持って見ますよね。それから自分でこんな機構ができたらいんじゃないかというのをつくってみる。これは子供たちにとってすごく魅力のある、まあ、どの子供にとっても大なり小なりそうなんだろう。だから理科離れ、理科離れと言うけど、多分小さな子供にとっては今も昔も何も変わっていないと思うんだよね。実際、遊んでいるのを見ていると、どこかへ行ってカエルを捕まえたりしても、そういうものは新鮮だし、子供の反応は変わっていないと思うんですよね。

これは大人とは違う。今、インターネットを見ると何でも出ていますよ。カエルというところを見れば世界中のカエルの種類とか全部が出てきちゃう。この生態は、木に卵を産みつけますとか、そういうのが全部分かっちゃう。だけどそういうことは子供にとって関係ないことだよ。やっぱり実物ですね。もっと実際に全部見えて、さわれて、というものにすごい興味を持っていて、それは変わらない。

だからロボティクスみたいなものは非常に良い教材になると思うよね。だけどロボティクスの学問的な、特に大学とか研究室でやるということになると、また違う意味がありますよね。ものを本当につくってみるという一つの興味はもちろんあるんだけど、あるいは役に立つものをここでつくろうとかいう意味以上に、こういう機構をつくってみたくとか、すごく知的なものをつくるということにロボティクスにはすごく重点がある。こういうものをつくりたいんだといったら、その抽象的なメカニズムはどうだろうかというような意味で、こんな仕掛けだったらできるじゃないかと。これはダ・ヴィンチじゃないけどものすごく知的好奇心にかかわるよね。

つまり、さっきから出ている人間の能力。特に知的な能力みたいなものはどうなのでしょう。よく分からないんだけど、でもそれは一つはロジックみたいなものから来るものもあるし、音声なんかでは必ずしもロジックだけじゃなくて、文法みたいなものばかりじゃなくて、どっちかという統計的な手法をとられて実際にデータから来るものと。それからもう1個は日本語だったら日本語から来る、どっちかというロジックだと。そういうものから来るものとが組み合わされてやっていくという、人間の頭の中ってそういうものをうまく使ってやっているんじゃないかというようにね。子供たちが示すものの中でも物に対する好奇心というのは全く次元が違う人形遊びで見せる想像の世界のようなものがあるじゃないですか。

それともう一つは、ロボティクスという中にはもちろん一番最初の役に立つというところがあるんだけど、ある種の人間のもっと美的なものだったり、文化的なものだったり、そのようなところに関係するものがある。必ずしも

のが動かなくなるとして抽象的な機械として非常に文化的な要素、そういう種類のものもロボティクスには関係しているよね。

だからコンピュータ・グラフィックスというのは別にロボットとは普通言わないけど、でも一つの大きい人工物として文化的なものというのはあるんじゃないかな。もちろん動く彫刻みたいなものは昔からあるしね。

—早稲田のロボティクスというのは加藤イズムが浸透していて、人間とは何かとか、文化にまで、ロボティクス研究の意義を求めているような印象がします。

結局、そこに関係してきちゃう。これも加藤先生とつながってきているのは、彼らが2足歩行にすごくこだわったということだよ。だから4足歩行もはい回るのもやらなかった。そういうのをつくらなかったね、加藤先生は。絶対、2足歩行だと。

—WABOT-HOUSEとか、いろいろな外との連携も含めて、研究を活発に進められているようですね。

僕はやはりそういう意味でいうと、加藤先生がやってたことは非常に大きいと思います。それから、そのときにグループができて、僕もたまたま参加させてもらったんだけど、あと土屋先生ですかね、人工心臓の。それから大照先生は視覚をやっておられて、その後音楽なんかをやられていましたが、橋本さんの師匠です。あと他にも何人かいるんですよ。内山さんというME (Medical Electronics) をやられた方がいる。内山さんなんかは、WABOT-1のメンバーだったんだけど、彼の研究室なんかは先進的だったんですよ。当時すでにロボットOSというのをつくろうとって、実際に相当研究を開始していました。ただし、HITAC10なものだからどうにもならなくて、目の目は見なかったけどね(笑)。一応リアルタイムで動いて、リアルタイムOSの概念はできた。

3. ロボティクスは無限に必要なになる

—ロボティクス研究を行っていたスペシャリストが社会に出て、意外に活躍できる場が少ないと思うんですが。

そうだね。ロボティクスというのは前からロボット学会をつくったころから考えても、ロボット工業会というものがその前ぐらいからもうすでにあったと思うんだけど、何かマーケットが小さいわけだね。だからおっしゃられるとおりで、当時はファナックさんぐらいで確かにちょっと成功していたかもしれないけど、まだ市場は小さくて、あまり儲からなかった。量産品をどんどんつくっているものじゃないから。そういう意味ではなかなか厳しい業界ではあるよね。でも昔に比べれば、こういう機構があったほうがいいよというようなものが現実に見えるようになってきたじゃないですか。

可能性はたくさんあって、これからやっぱりどんどんいろいろな意味でものがつくられるし、つくりたいという欲求が出てくるだろうし。それがやっぱり人間の、まさに持っている人類の文化というかな、そういうところに結びついてくる。

文化というのは個別設定がすごく重要です。小説は確かに印刷してたくさん人が読む、そういうのとはちょっと違った、みんなできれば自分の個性的な1本しかないネクタイを締めたいのと同じように、文化というのは非常に個性的なものです。個性的なもの、属人的な部分というのは究極にはやっぱりある。もちろん1個だけつくるというのでは商売にならないから、ロボティクスの可能性というのがすぐに儲けにつながるとは思わないけど、ただそれではそういうところにニーズはたくさんあるし、永遠にあるんじゃないか。昔の自動人形の系譜かもしれないけど、やはり非常に高級だよ。

—ロボティクスにさらに期待するものは何ですか。

これから人類が遭遇する困難にはどうでしょう。環境をどうやって守るんですかとか、エネルギーをどうするんですかといったたぐいのところは、どうだろうね。これまでだったら人が大量にかかって何かやるということによって、危機を乗り越えるしかない。例えば運河を引く。黄河の水がないので、しょうがないから長江から引きましょと、これは膨大な土木作業を要する。これを人間がやったらえらい工事費だよ。だけどこれを機械で自動的にやってくれたら、その機械をつくるのが高いかもしれない。ちょっとよく分からないところがあるけどさ、でもそういうものをコスト的に、もしかしたら逆転できる可能性があるとするば、やっぱり技術なんじゃないですか。

そういうものをやらないわけにはいかない。これまでの大きな気象の変化だとか地球の変化だとか、それをもろに炭酸ガスの排出量を減らして、一生懸命温暖化を防ぐのも大事なだろうけど、そのせいばかりじゃないかもしれないし、よく分からないじゃない。とにかく現象が進んじゃう。そうすると、それに対抗するには技術力だけれども、それは単純にこれまでもあったメカとか何とかというよりももっと斬新というか、新しい技術が完全に要求されるんじゃないだろうか。

とんでもないメカニズムじゃなかったら、とにかくそんなものに太刀打ちできない。結局、人間がどっかに行ってスコップかシャベルとセメントでやらなきゃならないというようなことになっちゃう。

例えば水害、ハリケーンなんて来ます。ああいうものに対して何が起こるかなかなか想定できないじゃないですか。もちろんでかい堤防を全部作っちゃえばいいとか、そういう単純な発想はあるかもしれないけど、そんなのは現実にはできない。最悪のことが起こったときに、それに対して

対応できるような仕掛けは何かというと、やっぱり相当ロボット的なものじゃないですか。人海戦術はあり得ないし、それで、ものすごい適応力がないとできない。それはちょっと今のパワーシャベルとか、そういうものとちょっと違う次元の機械だよ。

だから僕はこれからそういうような、かなり大きな、巨大なロボット、自然災害みたいなものに対して対応できるようなものもすごく要求されるんじゃないかと思う。巨大なというのは、単にサイズがでかいということもあるし、たくさんということもある。介護とか人間の生活の中に入ってくる実用的なロボットというのは、もちろんそれはあるでしょうね。まあ、なかなか難しいよね。介護なんかはちゃんとサービスできるようにいつなるんだろうなと思うけど、できるんじゃないの。

だからそういうのができる次元になったときに、初めてロボットというのは本当に人間のあらゆる生活の中にも入ってくるし、そういう非常に大きな次元のものも入ってくる。

正直言って、高層ビルを建てるなんていうのはロボットでいいんじゃない。あんなところに上って行ってというと、とび職の方には悪いけど、監視人は要るかもしれないけど、そういう時代になるんじゃないの。だから僕はいくらでも可能性はあると思うんですよ。そういうロボットはえらく高いから。そうすると、ロボットビジネスをつくる人の立場が強くなるかなあ（笑）。

理工系の方が理科離れでもって技術者が足りなくなるというのだったら簡単だ。技術者の給料を上げればいい。そうしたらなかなかそうもいなくて、むしろ完全自動化工場をつくる方が現実性があるという意見もある。これからは人間はもっと徹底的に知的なところで、少なくとも日本みたいなところではやっていかざるを得ないでしょうというのは非常によく分かる。

そういう意味でいえば、まさにロボティクスというのは無限に必要な気がします。たまたまだけど、三浦さんも学長をされているでしょう。それから電機大は、原島先生。それと慶應義塾の安西先生、はこだて未来大学の中島さん、で、僕だろう。人工知能というか、メカとかそういうところではほとんどやってきた連中です。夢のある仲間だと思っている。ロボティクスというのは本当に広い範囲の問題なんですよ。

白井克彦 (Katsuhiko Shirai)

1939年9月24日生。1963年早稲田大学理工学部電気工学科卒業、1968年同大学大学院理工学研究科博士課程を経て、1973年工学博士を取得。専門分野は知能情報学。早稲田大学事務システムセンター所長、教務部長、国際交流センター所長、副総長を歴任し、2002年11月5日より早稲田大学総長。（日本ロボット学会正会員）