談 話

この人に聞く

ロボット工学の夢

Dream of Robotics

梅 谷 陽 二* *知能システム研究所

Yoji Umetani* *Intelligent Systems Labo., Inc.

インタビュー・編集 葛 岡 英 明 筑波大学 道 木 加 絵 愛知工業大学 小 俣 透 東京工業大学

1. サイバネティクスからロボット工学へ

—ロボット研究を始められたきっかけをお聞かせください。

原点はノーバート・ウィーナーのサイバネティクスです。学生のころにウィーナーが日本に来て講演されて、そのなかのフィードバック制御という考え方から制御工学を研究するようになりました。はじめは理論的な研究をしていますが、現代制御理論などが出て来たのとほとんど同じ時期に、ロボットという機械としての概念が復活して来たので、それをやってみようかなと思ったのです。ですから、私にとってはロボットも自動制御もサイバネティクスも、そんなに大きな区別がないのです。

—最初にどのようなロボットを作られたのでしょうか。

ロボットというのは生物機械の一種です。生物というのは外界と常に交流しながらフィードバックで自分の身体を平衡な状態に保っています。生理学的にもそうだし、情報的にも動物というのは自分の知恵を常にフィードバックでリフレッシュしているわけですよね。そうしますと、ロボットという機械を実現するのに一番早いのは生物を見習って、生物のような機械を作ることだと、これが一番オーソドックスな方法だと思ったのです。単にフィードバックと言ってもそれがどういうレベルのフィードバックか、それがどういう階層の構造を持っているかということを実際に調べようと思ったら、生物に学ぶよりほかはないだろうと思った。そうすると、どの生物から学べばよいかということになります。それで、原理的に言えば、下等な生物からスタートするのがよいと思ったのですよ。高等になってくると複雑になってきますから、できるだけ下等な動物を対象にして、それを元にしてやっていけば、我々としては外界の状況をフィードバックできる情報機械というものを作ることができるだろうと思ったのです。

そこで、具体的に何だということになるのですけれども、

やっぱり動物の運動だろうと思いました。しかし、動物と言っても種々雑多で、どの動物を参考にしてよいか分からないのですよ。仕方ないので、動物学者でないエンジニアとして一番アプローチしやすいものは何かというと、やっぱり機構自由度の低い、単純な形で、動きが理解しやすい、そういう動物を選べばよいとなったのです。次に、脊椎動物で、エンジニアが一番扱いやすいものとなると、形がシンプルでないと困る。手と足があると、とたんに複雑な運動をしますから。手も足もなくて、となると、やはり蛇だなと。それで、蛇を選んだのですよ。蛇だと、線ですからね。一本の線をくねらせて、いろんな動きをする。捕食作業もする。だから形がまず単純であって、しかもその行動は複雑であるという最低限の動物は蛇だろうと、そうにらんだのです。

蛇は、アリストテレスの昔からいろんな動物学の人が研究してしましてね。蛇の研究所というのもあるのですよ。日本蛇族学術研究所というのがありましてね、そこへ行ったら蛇がまあ何万匹といえるわけですよね。蛇の専門家もいまして、そこへ泊まり込んでその専門家に教わった。まず、蛇の扱い方、持ち方ですね。例えば毒蛇でもですね、いちいち鉗を使ったのでは仕事にならないですから、手で捕まえないといけない。そのときに下手にやると、真正面からやるとばくっとやられる。ですから、後ろから行ってです

図1 梅谷名誉教授近影（ロボット学会事務局会議室にて）

原稿受付 2011年6月15日

キーワード: Cybernetics, Robotics, Karakuri, Robotic Industry

*〒222-0026 横浜市港北区篠原町 2786-7

*Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa

ね、身体のどの辺を握りなさいというようなところから教わりましてね。

ずいぶん通いましたね。そのとき、卒業研究の学生もいたものですから、一緒に専門家に教わって、それで、蛇というものを研究室で飼っても大丈夫だなというところまで、ひと夏かかりましたですね。それで大学に戻った。そのころ、大岡山のキャンパスに木造の汚い実験室がありまして、そこへ人は近寄らないので、そこを蛇の研究室にしたのです。

東工大には動物学の教室はありませんでした。だから、蛇をお金を出して買ってきて、伝票を持って行っても、事務局は払ってくれないのですよ。で、餌がいるでしょう。全部自腹でね。でも2年目ぐらいからやっと事務局が理解してくれましてね。蛇の飼育など、我々工学部でやっていないことを、ほんとにやろうとしたら、事務局が伝票処理で受け付けるのに2、3年かかるのですよね。まあ、そのころが一番楽しかったです、今から思えば。

それで、蛇というものを対象にして、生物機械の研究を始めました。一応動物ですから、いろんな機能を持っているわけですけど、手足がないものですから、運動を非常に理解しやすい。じゃあ、蛇の移動運動から始めようということになって、始めました。一蛇がどうくねれば、どういう前進力が出るのかとか。まあ、そういうことから始めて、で、それが一応分かってきた2、3年目から、その移動モデル機械を作った。それがロボットになるのですけれども。

—蛇ロボットの研究から分かったことはなんですか。

そのころ、研究室に廣瀬茂男さんが学生でいましてね。彼が本格的にやってくれたのですが、その蛇の運動とか制御とかいうものを力学的にずっと追求して、それから動物運動学の知識も入れてやっていきますとね、従来の機械工学ではない新しいものが見えて来ました。まあ、一種の生物力学なのですけども、で、そういうものが出てくると、従来の工学とどこが違うかと言いますと、入力と出力がはっきりしているのですね。動物ですから、どういうところから外界の情報を取り入れて、その結果どういう行動をするかと。入力出力の関係は複雑ですけども、従来の機械というのはそうではなくて、目的があれば、インプットアウトプット関係なく、そういう機械を作って、そういうアウトプットが出るように機械を作るわけです。もちろんこちらはエネルギーを入れたり情報を入れたりしますけれども、目的はアウトプットであって、これが従来の機械の一番大きな目的です。生物というのはそうではなくて、このアウトプットにたくさんの種類があるのですね。入力もたくさんの種類がある。そのインプットとアウトプットの関係が非常に複雑なのだけでも、非常に巧妙なのです。ですから、人間が一つの、単機能の機械を設計するときにやるような入力関係というのとまったく違ってね、生物機械というのは

(生物を)目で見ないと設計できないなと思いましたね。

2. ロボット学会と産業界

—ロボット学会と産業界の関係をどう思われますか？

私はその本[1]の中で言っているのは、まず学会の我々研究者がもっと業界のことを理解しなくてはいけないだろうと。こちらで研究しても、その成果を実際活かしてくれるのは産業界ですよ。日本にはロボット技術を求める軍事産業はありません。ですからロボット産業界のことを常に見ながら研究を進めていかないとはいけません。動物ロボットは楽しいのだけでも、しかし、最後のところで工学魂というのがあって、いつか役に立ってやるよと。そういう意識をちゃんと持っていないとはいけないと思うのです。

ところが研究するときはやっぱり、こだわらなくてやったほうが楽しいですよ。役に立とうなんてははじめから思ってたなら、研究は面白くなくてね。やっぱり応用目的を最初から持たされたのでは面白くない。けれども、工学部だから、できあがった成果というものは、いつかは産業界の、なにか役に立つように考えましようよと、そういうことは思っていますよ。

私の場合、最初は産業界のことなんか念頭にないですよ。やはり動物型の機械が面白い、動物が面白い、それをロボット化するにはどうするか。メカニカルなこともあるし、インテリジェンスのこともあるし、それも含めてどうするか、そこが楽しいですよ。そういう基礎研究に産業界はあまり研究費を出しませんよね。ですから、文科省とかそういう所からお金をいただいて、それで成果が出るわけですよ。で、その成果を成果として結局産業界にフィードバックしてやる。それが我々の務めだろうと思っています。

—以前と比べて産業界との関係はどうですか？

今のロボット産業界は本当に元気がないと思いますよ。基本的な、大学の成果に昔ほど興味を持っていないですよ。昔は「一緒にやりましょうよ」とか、企業にそういうニーズがあったのですよね。ロボット技術なんていうのはアメリカもヨーロッパも日本も同じぐらいのスピードで進んでいましたから、負けちゃいけないという意識が産業界にもありましてね。しかし、今の産業用ロボット業界は本当に淋しいですよ。

—サービスロボットで新たな産業が起こせそうですか？

私は大いに期待してるんですよ。期待しているんだけど、どうしてこう動きがないのだろうなと思って。愛知万博では、トヨタさんもたくさん立派なロボット作られてましたよね。けれど、あれからちっとも進んでないじゃないですか。残念ですよ。

研究系の皆さんは、自分の研究が実れば、どういう成果があがるよ、それがひいてはどこにどういう形で世の中の役に立つとか、新しい産業が生まれるとか、そういうこと

考えていらっしゃると思うのですけどね。それをもっと学会の中で、お互いに言葉として、口に出して議論し合わないね。みんな思っているだけで、それが外に出てこないものだから、何を考えていらっしゃるのか外部の人間としてはほんとによく分からないのだけれども、そういう、機会が欲しいのですよね。

例えば最近のお掃除ロボットでも、もっと高機能にして、日本の家庭でも使えるようにしようとかね。そういう研究がまだまだ進んでないと思うのですよね。あれをもっと本当のロボットにしようよ。そういう、(動きが)学会から出てくるのではないかと思ったのですが、なかなか出てこないですね。あそこまで動くようになったのだから、ただ成り行きで掃除して綺麗にするのじゃなくて、もう少しロボットらしくね。

3. 日本特有のロボット

—先生はロボット研究者は現代のからくり師とおっしゃっていますか。

江戸時代に、からくりがたくさん作られましたよね。あれがヨーロッパのからくり(自動人形)とちょっと違って、独自の発展をしてきたと思うのですよ。ヨーロッパのからくりはある意味では進んでるのだけれど、日本のは日本人らしい。進む方向が違って、特にかからくりとなると、日本のからくりというのはヨーロッパのからくりと、非常に異質なところがあると思うのです。それがあの日本のロボットというものの理解にもつながってくるのかなと思っています。

ロボットという言葉とか概念は、ヨーロッパやアメリカに行くと、日本とは違って、擬人化されたところはまったくないですね。彼らにとっては、ロボットはほんとうに機械であって、時計のからくりと同じでね。ところが日本人の我々というのはそうじゃなくて、やっぱりロボットというのは人形であって、人形には心が宿ってるんだというようなところは常にありましてね。で、そこが何か非常に大きな違いなのだけれども、我々はそういうのを受け継いで来ているんじゃないかと思っているのですけどね。

—日本の特徴は「根源現成」だとおっしゃっていますね。

例えば日本の浮世絵なんかもね、江戸時代に急にああいう画法が出て来た。ところが、急に出て来たと我々は思っているのだけれど、そうではなくて、古くは2~300年前にそういうような芽があって、それがあある時代を経て、本格的に芽生えてきた。それが根源現成(こんげんげんじょう)の考え方。だけど日本は、ほとんどの文化は大陸から渡ってきたわけで、それがいつか芽が吹くまで、そこにしばらく停留していて、それが急にわっと出てくる。それが急に現れたように思うのだけれども、実は、現れる前に数十年とか数百年の伏流期間があって、その間に、非常にその考え

方もまれて、そして、あるきっかけでさっと世の中に出てくる。そういうことがある。これは美術の世界では特に言われているのだけれどね。日本の我々の今のロボットも、やっぱり江戸時代のからくりの根源現成じゃないかと私は思っているのですよ。あのころの、日本のからくりの技術というのは独自性があるって素晴らしいと思うのですよね。その方面の研究者の本を読みますとね、ヨーロッパのとはまた別の方向へ進んでいるのです。ヨーロッパのロボット(からくり)というのは結局機械であって、時計の力学です。ですから、そういう本質がずっと続いていた。でも、我々のロボットというのは、そういうのではなくて、もっと広い意味でのからくり人形としての歴史が出ている。そんなことが言われてますね。

—先生はロボットによる能を計画されていましたね。

日本のヒューマノイドロボットの優秀さを具体的に証明するためには、何がいいかと思っていたのですよ。ちょうど1992年ころかな、日本にいろいろなヒューマノイドロボットが出ていましてね。今はもう少ないですけどね。私は、それがほんとうに人間に近い動きができるのだよということを、実際に示そうと思っていました。そこで、ステージの上に立ってもらって、人間と対等にね、役者ぶりを見せれば、「あ、なるほど」と思ってくれると思ったのですよ。人間の役者とロボットが丁々発止とやるような、そういうような役割をロボットが果たせれば、ロボットは、これはかなり人間に近いなと、こういう風に思ってくれると思ったのですよ。

それで、いろいろな会社や研究所に、ヒューマノイドを貸してくださいと掛け合って、それを舞台に立たせますからという話をしたら、何社かそれに応じてくれましてね。使ってくださいと、いうことになった。それから、私がそのころに、能楽のことをやっていたものだから、じゃあ能舞台に立たせたらよかろうと。能舞台というのはなぜいいかと言いますと、動きが静かでしょ。そして動きが全部パターン化されていますからね。ですから、パターン化された動きを教えるのはロボットによいだろうと。で、そのためにわざわざロボットを配役に入れた、1時間10分ぐらいの能楽の台本を書きましてね。からくり能「友月」という新作です。役者が4人いるのだけれども、主役と、脇役と、それとツレのロボットと。この4人でやるような台本を書いたのですよ。で、ホンダさんがかなり理解してくれましてね、ホンダの研究所で実際に私が説明をしたら、そのとおりのことをかなりやってくれたのですよ。で、これはかなりいけるなと思っていたのですけども、結局は実現しなかったのです。今でも、できると思ってるんですよ。だめになった理由はですね、資金が続かなかった。ものすごく資金がかかると分かった。それで止めたんですよ。

私は、ヒューマノイドロボットというのは、江戸時代の人

間型のからくり人形の再現だと思っていますからね。ですから、私のからくり能は、どうしても江戸時代のこの舞台でやりたい。あのころのからくりでやりたいのですよ。現代劇じゃなくて。

4. メッセージ

—若い読者にメッセージをお願いします。

ロボットの研究をする人は幸せですね。自分の研究テーマは自分で決められるでしょう。他の分野と比較して、ロボット工学は、学生さんにもそういう自由度がありますよ

図2 工学における実軸と虚軸[†] (文献[1]より修正の後転載)

ね。また、ドリーム型の研究に、研究費が出るのですよ。ロボットという言葉を使う限りはね。

—若い学生はどのような研究をすべきですか？

私は、実軸ゼロでよいと思っています (図2)。そのほうが面白いし、優秀な学生もたくさん来てくれるしね。苦労するのは社会に出てからにしろよと。夢を追ったらどうだ、役立つことなんかするなよと。現場の学生は、どうせ何が役に立つか分からないのですからね。大学っていうのはね、ちゃらんぼらんところがいいのだから。

[†]工学における研究の方向性を複素平面になぞらえた考え方。実軸は進歩した技術 p の、実際に有用な成分を表し、虚軸は有用ではない夢の成分を表す。 p の成す角度 θ はドリーム角で、夢ばかりを追って有用ではない技術はドリーム角 $= 90^\circ$ となる。

参考文献

- [1] 梅谷：ロボットの研究者は現代のからくり師か？. オーム社, 2005.

梅谷陽二 (Yoji Umetani)

1956年京都大学工学部機械工学科卒業, 1959年より東京大学生産技術研究所にて自動制御の研究, 1970年より東京工業大学工学部にて生物工学, ロボット工学の研究, 1993年東京工業大学名誉教授, 現在(有)知能システム研究所代表, 工学博士.