

談話

この人に聞く

制御理論とロボット工学の研究の面白さ

Fun of Research on Control Theory and Robotics

吉川 恒夫* *立命館大学

Tsuneo Yoshikawa* *Ritsumeikan University

インタビュー・編集 道木 加絵 愛知工業大学 佐野 明人 名古屋工業大学

1. 制御理論からロボット研究への展開

—制御工学やロボット工学にかかわることになったきっかけをお聞かせください。

京都大学で卒業研究の研究室配属のときに、伝統的な機械系の研究よりは新しいことをやりたいと思って、当時非常に新しい分野であった自動制御に興味を持ち、制御工学の研究室を選んだわけです。そのとき、所属した研究室が沢村泰造先生のところで、4回生の途中で沢村先生が他大学に移られたので、大学院からは数理工学科の榎木義一先生の研究室に所属することになりました。そこで制御理論をやらせていただくことになりました。

次にロボット工学ですが、榎木先生のところで博士の学位をいただいた後、花房秀郎先生の研究室で助教授として勤めることになりました。そのときに出会った R.Paul 先生の「Robot Manipulators」(MIT Press, 1981) という、マニピュレータに関する本がきっかけです。これを読んで、今までロボット工学なんて寄せ集めのほんちにちょっとした応用分野の一つに過ぎないと思っていたのが、随分しっかりと基本的な体系ができてきたんだな、とびっくりしたんですね。これは面白そうだ、ということで始めようと思い、まず先ほどの本を翻訳させてもらうことにしました。原稿の最後の詰めでいろいろと分からないところがあったので、その点を確認するためにポールさんに連絡を取り、お会いできることになりました。それで、パデュー大学に行き、本の分からないところやポールさんのロボットの話を聞かせてもらいました。そのころ、私はまだロボットのことはほとんど何もやっていなかったのに、計8回、それぞれ2時間くらいずつ議論していただいて、いろんなことを教えていただいて、とても感激したんですね。その後、日本へ帰ってきた後1週間ほどしてポールさんから国際電話が掛かってきて、第1回 ISRR への出席のお誘いをいた

だきました。それ以前に冗長ロボットの制御方法のちょっとしたアイデアをポールさんのところでお話ししていたので、それで呼んでいただいたんだと思います。せっかく行くなら何かいい結果を出したいと思って頑張っていましたら、学会の10日ほど前くらいにやっと可操作性の考え方にたどり着けて、それを発表させてもらいました。またそのときにロボットと関係の深い多くの先生方と知り合いになって、本気でロボットに腰を据えてやろうかな、と思いました。やっぱり面白いんです、ロボットは。現実に目に見えるし、物理的な直観は働くし。機械工学や制御工学を選んだのもそういう目に見えて動くようなところが好きだったんですね。それでロボット工学の方へ本格的に舵を切ってしまった、といういきさつです。

—ものが動くのが好きということでしたが、高校生時代はいかがでしたか？

親は酒屋の小売りをやっていて、店を継いでほしい、という思いがあったようなので、高校時代には私もその方向でいろいろと考えてはいました。でも、どうも自分のしたいこととは違う、ということでぐずぐず言っているうちに親が折れて。ただ、理系に進むのは構わないが、単にサラリーマンになるよりは自分で町工場でも作って何かを作るような仕事をしてはどうか、と言われました。それを一番やりやすいのは機械系かな？ というその程度の思いでした。そのとき、私自身もやはり動くものにはかなり親しみを感じていました。



図1 吉川教授近影(立命館大学の研究室にて)

原稿受付 2012年5月23日

キーワード: Control Theory, Robot Engineering, Theory and Experiment

*〒525-8577 草津市野路東1-1-1

*Kusatsu-shi, Shiga

—町工場を作るのではなく、研究者として残られることを決められたのは随分早いころだったんですか？

早い時期かどうかは分かりませんが、4年生の研究室配属のころでした。自分の将来をそろそろ本気で考えるころですよ。そのときにオプションの一つとして、親父がサラリーマンは嫌だけど大学の先生は嫌とは言ってなかったな、ということで(笑)。自分も研究的なことは多少は好きだし、ということでそのころから意識し始めました。

—思いもよらない研究室の移動がこれまでのご研究に与えた影響はどのようなものでしょうか？

4年生のときの沢村先生の研究室ではハードウェアの実験装置を使って微速送りサーボ機構の研究をやっていました。そのときは適当に装置を組んでゆっくりと低速で送る、というような研究で、指導教官の先生に言われるままにやっていた、という状況でした。一方、隣の数理工学科を見ると制御理論の難しい式を使ってやっているんですね。それが非常にまぶしく見えたんです。自分のやっている実験的研究というものが、実はつまらないことのように、若干感じたことがありました。その後、たまたま大学院で数理工学科の榎木研究室に移って学位をいただいたのですが、そのころになると逆に制御理論の応用分野で実験的な研究をされている先生方の活躍が目につき、理論だけだと空疎な感じが時々しました。新しいことを求めすぎると、だんだんと狭いところへ入って行って実用に役立つことから離れていく可能性があるわけですね。そういうときになってくると、機械系の実際にモノを動かすということが逆によく見えてきたというわけです。そんなこともありました。この期間にはかなりしっかりと確率論とか制御理論とかを仲間と一緒に勉強し、また理論的な研究というものを知ることができました。後になって考えてみると、実験と理論の二つの分野の経験を非常に若いときにさせてもらったというのは、その後の自分の研究の位置づけに非常に役に立ったと思いますね。

—一見すると異なる制御理論と実験的な研究の二つの研究分野において共通する点、両分野の楽しいところや苦しいところなどを教えてください。

直接お答えすることになるかは分かりませんが、実験的・実用的研究であってもそのなかの核心的な部分は、ある意味理論的な裏打ちがないと長続きしないと思うんですよ。理論的な裏打ちがあると、その分野だけの成果ではなしに幅広くいろんなところへ使える成果になる可能性が高い。そういう意味では、理論的な観点というのは非常に重要だと思えますね。今度は理論的なほうから言うと、実際のシステムの中でこういう問題は難しいな、とか、こういう問題は解けたらいいのにな、というところから出てきたときに、そこだけで終わるのではなしに、理論的に幅広いところからそれを眺められる、という観点が必要です。理論的研究というのは大抵そういうのをやっているのでしょう

けれども、それを自分自身でも近くのところではそれができるといのは非常に自分の研究の位置づけとか、現実のシステムにおける値打ちとかが分かって、だから、両方の観点からみて、基礎的な概念を出してそれが役に立つか立たないかを自分で判断してやっていく必要がある。そんな気持ちで、両方の共通性とか融合性が必要だと思っています。—先生が書かれたたくさんの教科書には長続きする基礎的なものがいろいろある一方で、最近の学会はかなり応用志向ですよ。先生から見て長続きするロボットの理論や根源的なものはまだ残されているのでしょうか。

やはり、ロボット学という学問の成長曲線の成熟の度合いが高まってきたと感じますね。そうするとどうしても基本的なところというのはかなりはっきりしてきて、そのなかでさらに長続きするという理論的な結果を出すのは若干難しくなっているかもしれない。ただ、その代わりにいろんなハードウェアは市販のものを購入すれば使えるようになってきている。アクチュエータ、センサしかりですよ。だから、自分の頭に描いているシステムを作り出せ、そして作ったもので有用性を検証できる、という点が逆に有利な点として出てきている。そういう意味では、学問としての狙いどころというか、有用性を最大限に発揮できるテーマというのが少しシフトしてきたのではないかという気がしますね。ただ、最近はロボットの概念全体がものすごく広がってきていますよ。そのなかで、またちょっと違うところにフロンティアが見えているのかもしれない。普通の人にはなかなか見えなくて、見える人には見えているのかもしれない。例えば、ロボットと人間の共生とかその辺りはまだまだ分からない。そういうことを考えていると、ロボットの心とか、今はまだお話だけのことですが、今後どう展開していくか楽しみな面もありますね。

2. これまでの教育活動と今後の夢

—今後されたいことなどをお聞かせください。

(2012年3月で)任期が終了ということで研究室の運営からは離れます。ですから、研究テーマを推進するというのではなくもう少し引き下がった観点から考えている事としては、できれば教科書を新しく書くか改訂する、ということの一つの短期的な目的としています。これは、今まで日本語の教科書で3冊制御やロボットの本を書きまわしたけれども、ロボットの本を書いたのが1988年、約25年ほど前になりますね。この本を自分で見ても、ここはこうするといいのにとか、ここはそろそろいらぬなとかいろいろの思いを持ちながら講義で使ってきたわけです。なので、そういうことをできればやりたい。私自身の学生時代からの経験として教科書というのはものすごく教育上で大切なんですね。私自身がいい教科書に巡り会ってその分野について非常にすっきりとした理解を得た、という経験がありまして。逆に、最初にちょっと違うイメージ

でとらえてしまうとなかなかそれから離れられなくて、ひどい場合には苦手意識ができてしまう。決して自分の本がいいとは言わないんですが、いい教科書というものが教育上も重要なのでそういうのが今後もっと出て来ればいいのでは、と思っています。

もう一つは、本屋さんから「学校で使う本をもう少しやさしめにしてほしい、いい本があればみなさん使いたがってます」という要望を最近かなり聞いています。例えばページ数にすると200ページ以下とか。そういうので、本当にレベルを保ったものが書けるかどうかは分からないのですが、もし許されるならそういう教科書を書いてみたい、と考えています。それに関連しては、本はなるべくやさしくということではできるだけ分かりやすく書いてきてたんですが、一番最近に出した古典制御理論（昭光堂、2004）は、この本だけでほぼ完結するよというので分かりにくいところは全部分かりやすく噛み砕いて書きたくなって、それをどんどん書いていくうちにかなり内容的にリッチになっちゃったんですね（笑）。最初は分かりやすく、ということを考えて、諸言にも「分かりやすくしたいんだ」と何度も何度も書いてるんですよ（笑）。それくらいに分かりやすさを意識して書いたにもかかわらず、書評を見ると「この本は学生にとっては少しハードルが高いかもしれないが、教える先生にとっては頼りになる本である」と書かれてしまって（笑）。嬉しいことは嬉しいんですが、若干思っていたことと違うな？と。今度こそは学生さんに分かりやすい本を書けないかな、と思っています。ひょっとすると本当に難しいことなのかもしれませんね。私の「分かる」という考え方はどこを読んでも後ろまで線が繋がっていて基本までさかのぼれる、ということと考えてますが、このごろはブラックボックス的に分かるということが非常に多いですね。そうじゃない分かり方をして欲しいので、ちょっと難しいかもしれません。

—先生の講義はすごく人気があると伺いましたが、講義のときの注意点や工夫点はありますか？

私自身、直観的・物理的な理解をしないと「理解した」と思えないんですよ。学生さんが式や定理の上だけじゃなしに物理的・直観的に理解できることをゴールとしますので、このゴールに向かっての言葉を講義の中でいろいろ言っていくわけですね。例えば、「回転行列」という言葉を出す前に物体に物体座標系をくっつけて、それが基準座標系から見たときにどういう関係にあるかが物体の姿勢ですよ、というように、そういう点について学生さんが理解しているかを多少注意しながら講義を進めています。

3. 東日本大震災とロボット学会30周年

—ちょうどこの3月で震災から1年ということで、震災と日本のロボットについてのご見解をお聞かせください。

ロボット学会でもいろんな議論があり、いろんなグルー

プが立ち上がっているとは思いますが、個人的な感じ方で言うと、確かに日本のロボットは現場には投入されなかったわけだけども、考えてみれば仕方のない状況にあったのだと。だからと言ってそういう状況を認めるわけではありませんが、その状況を変えていこうとするとかなり大掛かりに社会的なことを考えなければいけない。例えば、「絶対安全」というのはありえない。ロボット技術だけじゃなしに、原子力発電技術も含めて技術工学全般の話で。ところが、日本の社会では残念ながらご存知のように「絶対安全」がかなり多くの人たちによって語られ、考えられている。そこは、安全というのに対して危険度というものを定量的にとらえてそれに冷静に対応していく、というような国民性がやはり必要な、と考えます。そのためにも、実は研究者・技術者の側にも大きな責任があって、特に最近では現代のいろんな技術がブラックボックス化というか、一般の人や専門家でない人たちも「よく分からないけれど当たり前」のような考え方があると思うんですよ。やっぱりいろんな技術の本質がどのような点なのか、ということを一一般の人たちにも分かりやすいように説明していく責任があると思うんですね。一般の人たちも逆にそれを理解しようと努め、それに基づいて自分で判断しようと努める義務がある。その両方がうまくかみ合えば段々と現代技術の一部であるロボット技術のいろんな開発や実用化、災害とか事故に対する対応ということについてもなんらかの進展がみられるようになるんじゃないか、と思いますね。そういう意味では、例えば学部の教養における講義科目等でも、技術全般に対するエッセンスを教えるような講義が多分もう少し必要なんじゃないかなと思っています。

たまたま龍谷大学で「現代の技術」という一年生相手の一般教養科目の前半部分を担当しているんですよ。それは主に理系が相手なんですが、文系の人も聞けるんですね。例えば、計算機技術、エネルギー技術、輸送技術、微細技術、それからロボット技術。そういうものについて一コマもので各技術のエッセンスは何か、ということの説明した講義を今年度初めて行いました。随分と勉強したんですが、前々からやりたかったんです。たまたま龍谷大学でそういう講義を担当する人を探していて、「やらせてください」と手を挙げてやらせていただいたんですね。そのような講義がもっと必要なんではないか、と思います。

—学会への貢献という意味も含めて、そのような講義を学会中心のイベントで一般市民向けに講義していただけたらいいように思うのですが。

大学の学部1年生の教養科目という位置づけが一番講義がしやすいですね。社会人向けになるといろいろと理解の程度の幅が広すぎるのがあって、でも、何らかの方法でアプローチすることは役立つだろうな、とは私も思います。

—学生さんの反応はいかがでしたか？

今までに受けたことのないお褒めの言葉をたくさんいた

だきましたね (笑). 直観的理解ということを非常に前面に出した講義ですので, 分かりやすく最先端の技術が多少分かった気になれる, その辺りで人気があったんでしょうね. それがいつまで続くか分かりませんが, 私なりに今後とも努力していくつもりではあります.

—学会では現在 30 周年で国際化を一つのキーワードにいろいろ考えているのですが, 日本語の会誌と **Advanced Robotics** について, また世界の中での日本の位置づけや日本語での研究についてご意見をお聞かせください.

それはかなり前から研究者の方は悩んでいて, 研究者にとっては論文のオリジナリティといった点にも影響のある問題ですよ. 学会の一つの役目である研究者の場・研究を進めていくための場, という観点から言うと, やはり論文は 1 回書けばそれですむ英語で, というのが理想的でしょうね. 今の世界における英語の位置づけから考えると, それと同時に, 学会のもう一つの役割である技術者全体, 学生さんに対する発信の場, という意味では日本語がどうしても欲しい. すでにロボット学会でも考えておられるとは思いますが, **Advanced Robotics** の論文を公式の発表の場ととらえて, それを会誌のほうは解説誌とともに extended abstract 程度の日本語解説で常に紹介していく, というのが一つの架け橋になるでしょうね. そこで学生さんなり技術者・研究者なりが興味を持てば元の英文の論文に当たればいい, というのが妥協点としてあるのかな, とは私も思っています. やっぱり会誌は必要ですよ. 消してしまうのは学会にとってはマイナスだろうと思います.

—現在, 会員数が 4,000 人前後くらいで, 同規模の他の学会に比べると健闘していると思うのですが, ロボット学会やロボット技術についてご意見をお聞かせください.

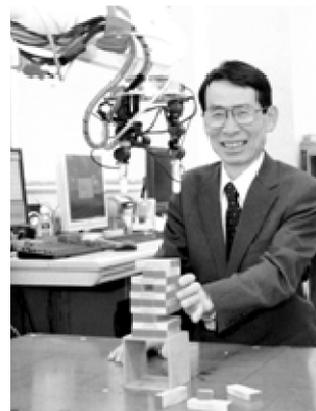
会員数の減少については大きな学会は当然ながら非常に危機意識を持っていますし, ロボット学会のような中規模の学会も困っているようですね. そのなかでロボット学会はよく健闘していますね. その点は非常に喜んでます. 一つはロボット技術をものすごく将来性のある技術だと皆さん思っているからでしょうね. 私も特にそう思うようになってきたんですが, その理由の一つがコンピュータ技術のハードの安さですよ. それに比べて, 以前はセンサ, アクチュエータ, リンク機構などのハードはなかなか安くないのではないかと感じていたんですが, 最近のいろんなセンサやアクチュエータの進歩・低価格化を見ているとひよっとするとコンピュータ以外のハードウェアも同じようにとんでもなく安くなっていく可能性が高いな, というようになりました. となると, コンピュータ技術が世の中を変えたように, ロボット技術やメカトロ技術が世の中をものすごく変えていくということがあり得るんじゃないかと. そういう意味ではメカトロの典型的な分野であるロボット技術は今後世の中を変えていって, それこそロボットが各家庭

に 1 台というようなことが夢ではなくなりつつあるのではないかな, と私は思います.

4. メッセージ

—学生さんや若い研究者へのメッセージをお願いします.

学生さんや若い研究者にもし何か一つ言うとしたら, 自分が本当に興味を持てるような研究テーマを自分で是非見つけて, それをしっかりと自分の理解のもとにやってほしいと思います. なぜかという, 研究の最初のしんどい部分は, 漠然とこんなところが問題だとか, こら辺がもうちょっとこういうようになってほしいとか, そういう漠然とした問題意識があってもそれが具体的な研究テーマとして明確な形にならない状態なんですよ. 普通は卒業研究という, 上の先生が問題を陽にしてそのなかでテーマを選択する, ということが多いですね. しかし, 私は漠然とした形から明確な問題に移すところが技術者・研究者の生命と言えるようなところなので, そこを卒業研究のときからぜひともやってもらいたいと思うわけです. 失敗が一番許されるのは卒論なんです. ですので, そこは単に見習い期間ということで当たり前のテーマを与えてやってしまうのはちょっともったいない気がします. 学生さんが「やりたいことをやる」というのは「やりたいときにやりたいことをやる」ということです. 長期的に見てまずいんじゃないか, と思うこともあるかもしれません. ですが, 私がアメリカのマーシャル宇宙飛行センターでやった人工衛星の姿勢制御の研究が, 後で日本で巡り会った冗長ロボットの研究に繋がったんですね. せっかく NASA に行ったんだからそこでしかできない研究をやろう, と思い立ってやった研究が可操作性という考え方にたどり着いて, 結局はそれが私にとっては一番大きな成果になってしまった. だから, やはりその時その時やりたいことをあまり深読みせず, 一生懸命やっていったらいいんじゃないかな, と思うのはそういう経験があるからですね.



吉川恒夫

(Tsuneo Yoshikawa)
1969 年京都大学大学院工学研究科博士課程修了. 同大学工学部助手, 助教授を経て 1986 年同教授, 2005 年立命館大学情報理工学部知能情報学科教授, 2012 年同大学チエアプロフェッサーとなり現在に至る. 2003 年～2005 年日本ロボット学会会長. 日本機械学会, および米国 IEEE 学会のフェロー. (日本ロボット学会名誉会員)

(AERA 2001 年 3 月 14 日号より)