

「極限作業ロボットプロジェクト」を振り返って

出席者：長谷川勉（電子技術総合研究所）， 館 暉（東京大学）
 谷江和雄（機械技術研究所）， 築山俊史（電子技術総合研究所）
 大道武生（三菱重工業株式会社）， 滝川 篁（三井造船株式会社）
 司 会：平井成興（電子技術総合研究所）（敬称略）

平成3年3月7日（木） 於 学士会館

プロジェクトの始まり

司会：この座談会は、ロボットの研究を専門としている方で、しかもこの「極限作業ロボットプロジェクト」に特別に深い関わりのある方々にお集まり頂き、ロボットの研究者の目から極限作業ロボットを率直に評価してみようと企画されたものです。

このプロジェクトは国が中心となって行なった大きな試みであったわけですが、このプロジェクトが始まった当時の模様を、まず館さんにお聞きしたいのですが。

館：ちょうど私と長谷川さんが、このプロジェクトが始まった時に開発官室に併任となって色々プロジェクトづくりをしたので、最初にご指名があったのだと思います。実はその前の段階というのがありました。1980年ぐらいにいわゆるロボットブームというのが起きてタイムという雑誌に日本が「ロボット王国」などと紹介されたりして、産業界でもロボット元年なんてことを言ったりしたわけです。しかし、その時騒がれているロボットが本当のロボットかというような疑問もあったわけです。もちろんそれは重要なロボットではあるのですが、それが全てではない、と。しかも将来を考えた時、本当にそれでいいのか、やはりこの次の段階のロボットを模索すべきだという気持ちが私をはじめいろいろな人のところにあったんです。それが最終的には極限作業ロボットで行こうということになって、1983年からスタートしたのです。世界でもまだその頃はそういうことは言われていなかった中で、産業用ロボットの次を狙うということで日本独自の方向に研究開発が進んだというところに面白さがあったんじゃないかと思えます。

長谷川：私個人としてはロボットと言うのは機能的にまとまった一つのシステムでないと面白くないというのがあります。そういう意味でこのプロジェクトはまさにそういうアプローチで進められてきたわけです。いろいろな経緯があって、1年間、館さんと一緒に立ち上がり時のお手伝いをしたんですけど、当時は8年後にどれ位

のものができるかというのが楽しみでしたし、また心配でもありました。

このプロジェクトは2つの点で変わっていたと思います。一つは、通産省のプロジェクトでは基本計画というのを必ず作るんですが、その目標の中に数値が一つもないというプロジェクトはなかったんです。我々のプロジェクトは数値がなかなか出せない、個別の技術としてはあったと思うんですが、トータルとして出せない。ただ、ロボットというのはそういうものじゃないのかなあというのが、我々が苦勞の末考えたことだったんです。

もう一つ、この頃から日本全体で国際化ということが言われ始めてきた時期で、通産省のプロジェクトとしても初めて国際化、国際協力を何等かの形でやらなければならぬということがはっきりと打ち出されたプロジェクトでもあったという点で、以前のプロジェクトとはちょっと違うという雰囲気がありました。

谷江：私は、館さん、長谷川さんの次に開発官室に出たのですけれど、このプロジェクトが準備されている時期は、たまたま1年間アメリカに行ってまして、そこら辺の経緯はあまり知りませんでした。それで急にプロジェクトの中に入って、最初に感じたことは、極限作業ロボットという言葉をややく作ったなということでした。この表現を使うとロボットの色々な分野でやりたいことが割合説明し易い。例えば足の研究をやりたいとか、タスクプランニングをやりたいとか、知能ロボットの中でロボットの研究者が次のステップとして狙っていたものがうまく盛り込めると感じました。

ただ、1年目はそういうことで基礎研究をやるんだという話だったみたいですが、2年目位からは、やはり目的を持たなきゃいかんということで、私の時にはどういうものを造るかというイメージを早く作れといわれたんです。その時に、いま極限作業ロボットと呼ばれている4足で2本腕を持っている絵をかなりディスカッションしたんです。このような色々なものを総合したシステムはこういうプロジェクトの中でしかやれないのではない



左から平井成興君，館 暉君，大道武生君，谷江和雄君

か、これはいいチャンスだから、是非やったらどうか、と。それで、私は、総合的なシステムとしてどこまでいくのかなということにも非常に興味がありました。

築山：私は 1987 年から 1 年間開発官室にいました。この時は、すでに中間評価の段階に入っていて、この頃になると、このプロジェクトが研究を目指したもののなのか、開発を目指したもののなのかという矛盾がでてきました。そのため何か非常に混乱していて、非常にリスキーなことをやっっているが、目標値を設定し、それに合わせなければならぬというように、それは、コンセプトというのがあったのですが、それが一人歩きをしてしまい、逆に研究が縛られ、開発になってしまったと思うんですが、それと、企業から参加しているメンバーの間でロボットに対する共通認識が欠けていて、各社、立場によって随分な差がありました。これがどうにかまとまってシステムとして完成してくれるということを期待しつつ、というそういう時代でした。

司会：当初の計画に縛られたということですが、

館：プロジェクトを一番初めに考えている段階では、かなり基礎的な研究にしようという意図があったんです。ところが、最終的にこのプロジェクトができあがって、極限作業ロボットという名前がつくと、極限作業ロボットとはなんぞやということができました。大型プロジェクトの枠の中でやるかぎり、全部が基礎研究というわけにはいかない。やはり目標を決め、実用につながるものをとっていったわけです。

司会：企業ではどのように進んでこられたのでしょうか。

原子力ロボットを担当された大道さんはいかがですか。

大道：ちょうど極限作業ロボットが始まる数年前から、通産省の補助事業で、原子力発電所の運転支援システムというのをやっっています、カールスルーエのクローラを 4 つ持ったあのシステムのようなものをベースに作業をしていたわけです。そこへ極限作業ロボットというのができましたが、メーカーとしてはどうしてもシステム

作りに目がいくんですね。ですからむしろ要素技術は何か、実は余りみえてなくてかえって苦勞しました。それは、ロボットの研究の重要なこととして、物にして見せるというか、「見えるような説明」というのがあると思います。このプロジェクトに参加したおかげで、物を作っていく立場での要素技術とは何だろかということ初期の段階でかなり見えてきた。そういう意味で、私には非常に印象的なプロジェクトでした。

司会：海洋ロボットを担当された滝川さんはいかがでしたか。

滝川：私は 4 年前に今の極限作業ロボット研究組合に来て、そのころにはもう殆ど枠組みはできていました。個人的に興味をもったというか、心配だったのが、ロボットが本当にうまく動くのか、ちゃんとうまく泳いでくれるか、正直に言って実験がうまくいくまで心配でした。そこに至るまでにも、ロボットをぶつけたりしないだろうか、デモ中にワイヤーブラシを落としたりしないだろうかとか、システムが期待通り機能するのかなあと、私共のようなトータルシステム担当の人間として常に不安に思いつつ携わってきました。

プロジェクトの成果

司会：システム開発か要素開発か、プロジェクトの運営上のそういった問題はそれなりにあったとして、その結果というか、成果はさまざまにあがったわけですね。そういう成果をどうとらえるか、とくに素人目にはわかりにくい成果というのはどう感じられるでしょうか。

築山：僕は、要素技術に関しては非常にいい成果が上がったと思います。その端的な例は、アクチュエータだと思います。結局ロボットの性能を最後に決めるのはアクチュエータの性能なんですね。このプロジェクトでは重さ当り従来の 10 倍パワーがでるようなものができました。これはインパクトが大きいと思います。

館：私は、こういう極限作業ロボットに代表されるような第 3 世代のロボットのパラダイムが日本から生まれたというのが一つの大きな成果だと思っています。長谷川さんもいったように、国際協力が重要視され、1983 年に国際会議 (JCR と ICAR) が日本で開かれ、翌年には第 2 回 JCR をバリでやったんです。その時を振り返ってみると、世界の中で、我々が考えたような移動機能とか、ハンドとか、人間と協調して作業をしていくんだとか、そういうような考えをしっかりと持っている国は殆ど無かったです。ALV というアメリカのプロジェクトもあります、あれは 84 年に始まっているんですね。日本の極限作業ロボットは 83 年ですから 1 年早くできていますし、それからテロボティクスなんかを提案し

た ARAMIS という Minsky らのレポートも 83 年で、大体同時です。そういう意味で、日本がある程度世界のロボットの研究の中に果たす役割を果たしたのじゃないかなというのが大きな点かと思います。

司会：国際的に見てもかなり新しい概念を生み出したということですね。谷江さん、いかがでしょうか。

谷江：私もそう思うんですが、結局、極限作業ロボットは、アンストラクチャード（非整備）な環境を正面から取り上げたんだと。まあ工場の場合にもアンストラクチャードな環境というのはいくらでもあるんですけど、ただみんなそれはストラクチャードにしてから、単なるロボットを入れれば解決できる話なんです。ところが、極限作業ロボットでは、アンストラクチャードであって、それを少なくともロボットが扱わなくてはならないという状況が世の中にあるんだというのをはっきりさせた上で、それにアプローチする方法として、モデルベースとか、マンロボットインターフェースとか、あるいは非常に高度で複雑なシステムをテレオペレーションでやるというようなコンセプトを出してきて、大体この 10 年でそういうアプローチの仕方は定着してきたんじゃないかと思うんですね。それはやはりこのプロジェクトが世界的にもそういう流れを作ったと思います。長谷川：個人的な見解としては、ひとつはこのプロジェクト全体としては基本はやはり遠隔制御だったと。遠隔制御に関する色々な技術の研究が集中的に進んだんだと思います。それからもう一つは、これは私が日頃感じていることでもあるんですが、システムとしてまとまったものを作るということは何だか難しいかということ。それからどれだけ意義があるかということ、少なくとも専門家は理解して頂きたいという気がします。

ロボットの研究は大学でもやっています。公立研究機関もやっている。メーカーもやっている。ただその中でシステムとして作れるとなるとなかなか大変なことです。もちろんお金の問題もありますが、それだけではないんですね。特にロボットでは機能としてまとまらないとやはりロボットではないだろうと思いますから、そういう事が一つできたということ、その意義が今回の機会にいろいろな方にもぜひ伝えて頂きたいというふうに思います。大学ですとやはり論文を書くための研究が、もちろんそういう趣旨で始めるのではないにしても、かなり多いような気がします。そういう意味では、そういう事と違う新しい一つの潮流をやってみせたというのは、やはり意義の高いことだろうと思います。

システム開発の苦勞

司会：システムとしてまとまったものを作ることの難し



大道武生君

さということですが、実証機はまさにそのような大がかりなシステムだと思うのですが、そのあたり、システムアップの苦勞について大道さんいかがでしょうか。

大道：なかなか難しい質問なんですが、一言でいいますと、実証機のシステムというのはあれは象徴的なもので、むしろ色々な要素をどううまく使うかということだと思います。先ほど言った見える形で要素技術の説明がされたということだと考えます。また、結局自分でやることによって本当のことを理解できるということだとも言えると思うんです。

司会：国研でも一応統合デモというのは行ったわけですが、実証機デモに比べれば小規模で、仲間だけのグループでやったという枠から見ると、そんなに苦勞があったのだろうかと思う人もあるかもしれませんね。そのあたり、どうでしょう？

長谷川：それはもう平井さん自身もそうでしょうが（笑）。これはちょっと別の言い方になるんですが、研究者は面白い種を見つけて研究する。それは当然なんですが、面白い所だけ食い逃げしちゃうところがあるんですね。やはりロボットはいろんな機能を統合していないと、ロボットと言えないと思うんです。そういう意味では食い逃げせずに、しっかりとしがみついでやっていくというのは大変なものです。時間もかかる、その間論文も出ないとか、いろいろ問題があるのですが、それをやることで底力も出てきて次のステップに行けるというのは、楽観的かと思いますが、そういうものじゃないかなと思います。やって見せるのは単にデモとして、義務としてやるだけではつまらないし、その意味で我々としても一つのまとまったものを我々のできる範囲でやったというのは、良い経験だったと思います。

司会：機械技術研究所に居られた館さんからも…

館：今回のプロジェクトは、ある意味で専門家受けする研究だったという気がしますね。外人の人は高く評価してくれるんですよ。ところが一般の、素人の人からみる

とこんな目と手の協調作業なんてできて当たり前じゃないとか、だいたい人間がやればもっとうまくできるのになんでロボットはこんなに遅いんだとか（笑い）。

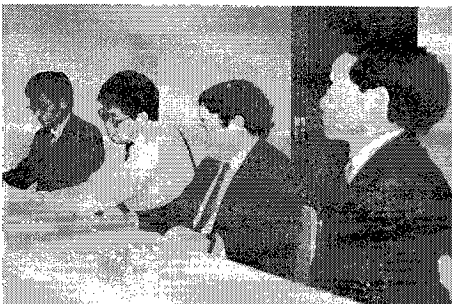
その辺が新しい挑戦であって、ロボットをよく知っている人がなにげなくやっていることが難しいんだということとはよくわかるんですけど、一般から見るとそれがなかなかよくわからないんで、そのへんに苦労があったような気がします。

滝川：海洋の方は、全体的に仕様がバランス良かったと思うんです。実際につくる段で、いろいろな問題というのはやはりインターフェース、つなぎの問題で、特にノイズが心配されていました。それでノイズ対策にかなり神経を使って、だいたいスケジュールに乗ってできたというところがありました。

目標の達成度は

司会：特に専門家から見て評価の高い成果が得られたということでしょうね。先ほど来、プロジェクトの目標の議論がありましたが、そういう観点からは、目標の達成度はどの程度と眺められるでしょうか。

谷江：数値というのはいろいろな達成の仕方があるので、それ自身はあまり意味はないと思います。この8年間でどれだけ研究者が自由な研究ができ、それなりにまとめることができたかということを考えれば、一応所期の目的は達成できたように思います。ただ一つ、若干ネガティブな意見を言うと、我々は7年ぐらい前にこのプロジェクト終了時点の世界をある程度念頭に置いて立てたわけなんですけど、先ほどの築山さんの話のように、コンセプトをずっと変えずにきている。それが、すべていつまでも新鮮というわけにはいかなかった。これは今後の反省になると思うんですが、コンセプトというのはある程度臨機応変にかえてもいいんじゃないか。それは、後からでてきたこの分野の新しいキーワード、例えば、センサフュージョンであるとか、インピーダンスコントロールとか、バーチャルリアリティとか、そういう言葉というのはこのプロジェクトの中からは生まれなかった。後



左から滝川隼君、築山俊史君、谷江和雄君、長谷川勉君

からアメリカを中心にできてきたんですね。

司会：コンセプトが縛りになったところもあったということ、そういえば先ほど築山さんがそのような指摘をされてましたね。

築山：僕はこういうものに対して目標達成度という評価は、あまりふさわしくないと考えています。世の中にどれだけインパクトを与えられたかということが一番大事じゃないですかね。というのは、一所懸命やりました、万歳、万歳で終わってしまうと技術は埋もれてしまうわけですよ。それを、機会をとらえて、使えますよ、使えますよというような売り込みというか、誰もが使えるような仕組みを作るなどできるだけプロジェクトのインパクトを、余韻のあるうちに広げていく。それで、あのプロジェクトは良かった、あのプロジェクトのこの成果を我々が使ってますよとリファーされるような、それがプロジェクトの評価じゃないかな。だから現実の社会の中で使われるように、とくに企業の方にお願したいですね。商品化とはいわないけれど、いろんな場面で活かしてもらおうことだと思うんですね。

日本で生まれたものをもっと大切に

館：ちょっと一言。谷江さんが、新しい概念が生まれなかったというようなことを言われたんですが、ちょっと違うと思うんです。バーチャルリアリティにしても、トレイグジスタンスの中に包含されていますし、インピーダンス制御に関しても日本でもずっと同じ様なことが言われてまして、たまさかインピーダンス制御という名前が世界的に広まったのでその名前に統合しただけで、実際にはそういう動的な制御も、極限作業のなかでかなりやられていたわけです。そういう意味では、このプロジェクトがあったから世界のレベルにもキャッチアップしているし、またそこから次の新しいプロジェクトも生まれる十分な力を蓄えたということがいえると思うんで、それは名前だけの問題だと思われまます。

谷江：確かにそうかもしれないけれど、例えば運動制御の話でいえば、極限作業ロボット以前から力を制御するという考えはあったわけですよ。また位置・力のハイブリッド制御なども、昔から日本でもある程度研究されていた。しかし、用語を明示して、そういう研究領域があることを明確に示したのはやはりアメリカのグループなんです。センサフュージョンもそうですね。遡ってみれば20年前くらい前から類する研究はあったんですね。例えば、日立さんなんかは掃除機を組み立てる時に、目から触覚から複数のセンサを巧みに使ったシステムをずいぶん昔に出しているんです。ところがセンサフュージョンというような領域があることには触れていない。

新しい研究が見えたらそれにうまい名前を与えて、その研究分野をアピールすることは、分野を活性化の上で重要だと思うんです。

築山：でも、外国で流行るとそれを持ってきて、ということがちょっと多すぎるかな、と思うんですが。

館：日本のものをもっと大事にして、それを育てていくようにしないと。せっかく自分たちのなかにあるにもかかわらず、外国で言われるとそっちの言葉を持ってきて、それを流行らせようとする。日本ではそれが流行るようになるかもしれないけれど、外国から見たら、日本は基礎技術はみんなアメリカから取ってきているんじゃないかと言われることになってしまいうんで、我々も非常に注意しないとイケないと思っています。今までは、どっちかという、アメリカとかから持ってきた方がはやらせやすかったわけですね。日本で誰かがこんなことをやっていますよと言ってもなかなかやらせられなかったんですね。だからどうしてもそういう方式を取り入れたけど、しかしこれからはそれだと国際的に誤解されるんですよね。日本人は謙譲の美德が好きなんですけれど、それが過ぎると世界で誤解されると思うんです。

司会：謙譲の美德もあるけれどやはり主張すべきことは主張すべきであるというのは、研究者には貴重な提言だと思うんです。そこであえて謙譲することなく実証機をつくられた立場として自ら評価するとして、いかがでしょうか、大道さん。

大道：私どもの会社は原子力プラントとか発電所とかつくっていますが、もともと導入技術が多いんです。ロボットは実は、国内の技術が主であって、そういう意味では館先生のおっしゃったような状況になっているんじゃないか、そういうことは大いに宣伝しても良いかなあと、思います。このプロジェクトそのものの立場から言えば、概ねうまいこといったんじゃないかと思えます。ただ、中にはやればやるほど、逃げ水のように行っても行っても着かない、それなりに難しいものもありました。

司会：具体的にはどのようなところでしょう。

大道：例えば、マニピュレーターのハードウェアに先に目がいって使う側の方はまずそっちができてきてから、というところがありました。でも人工現実感ではないですけど、もっと人間の動きを拘束しないような、それはメカニカルなものなのか、あるいは自律性を上げて人間が動かす部分を減らしていくべきなのか、おそらく後者じゃないかという気がするんですが、問題がどんどん広がっていく。そういう意味では当初、もう少し立派なことができるかなと思ったことに比べれば、少しやり残したことがあったかなと感じます。

「自律」の難しさ

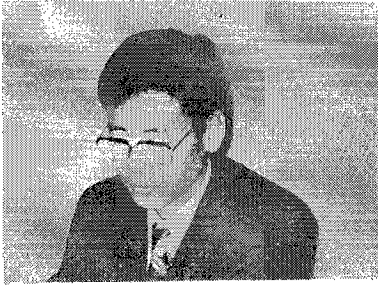
築山：自律という言葉ですが、実は実証機をつくる時に、自律、自動、その言葉でずいぶんもめたものでした。結局このロボットは誰かがおっしゃったように遠隔操作だったんですが、プロジェクトの計画の中でマンマシンインタフェース、あるいは自律をどの程度やるかという基本的な戦略が欠けていたんです。先ほど大道さんが、やったけれど抜けていたところがあったとおっしゃったけれど、その自律とかマンマシンインターフェースとかの概念や研究・開発が確かに抜けていたと思いますね。

谷江：私が開発官室にでたときの印象では、最初の段階では各社、自分のところでうまいものをつくって、それで最後に一緒に集まってデモンストレーションしましょう、というそういう話からスタートしていたんですね。最初から一つにまとめるという事ではなかったので、結局まとめた全体をオペレートするとか、あるいは要素では自律的にできているんだけど、例えば手と足をくっつけた時にそれを全部自律で動かすにはどうしたらいいかというような話がどうしても抜けてしまったと思うんですね。どこに責任があるというのではなくて、やはりそういう大型プロジェクトの制度がちょうど過渡期だったということの結果じゃないかな。

長谷川：これに限らず、世界的にもそうじゃないかと思うんです。作業を自律化させるためには単にロボットの腕を空間的に動かすということではなく、腕とは別に作業そのものをきちっと分析して、どういうふうに作業を構成するのかをきちっとやらなくちゃいけない。それがまだほとんどされていない。これは世界的にみてもそうだと思うんです。要するに広い意味でのソフトウェアの開発がほとんどなかった。単にプログラムという意味ではなくて、どうやって作業するか、戦略をどうするかという事も含めて殆どなされなかった。大道さんは自動化である程度できたとおっしゃってましたが、自動化と自律というのはちょっと違うという気がします。そこらへ



長谷川勉君



滝川 篤君

ん、我々も努力しましたが、自律させるというのがいかに難しいか、逆に認識させられたところがあります。

それからハードの開発についても、マニピュレータとはとにかく動くところまでいったけど、センサーについてはあまりできなかったんじゃないのかな。デバイスの開発はできたんですが、はっきりいって実際に使われたセンサーはほとんどないわけですね。これはセンサーとして高度なものを開発するのに時間がかかってしまったということもあると思うんですけど。

ビジョンについても、実はロボットに使えるのはあまりないですね。今回のプロジェクトでも総合システムとしては、いわゆるビジョンは唯一ナビゲーションにちょっと使ったというくらいのところなんです。そこらへんが実は、ビジョンの研究とロボットの研究がちょっと遊離しちゃってるんですね。3次元の世界を扱っているからロボットに使えるということは決して無く、そんな甘いものじゃない。ロボットに使えるビジョンをビジョンの研究者あるいは技術者の方には是非つくって頂きたい。それが無いと自律化というのは相当難しいだろうという気がします。

司会：センサーがらみの問題がうまく取り組めなかったということですが、このへん海洋ロボットではどうだったのでしょうか。

滝川：センサーというのが本当は一番やりたかったんですけども、あまり手が出なかった。それは何かと言いますと、ロボットの位置を計測するのに、光ファイバージャイロを使った慣性航法システムというのが、当初の大きな目玉だったんですが、それを実現するとなると、時間とか費用とかスケジュール的に無理があるというので断念したんです。でも、今後の海洋ロボットには絶対に必要なものだと思います。

もう一つは、ロボットをプラットフォームにくっつけて作業をする時に、一体今どこにいるのか知るシステムがあります。これは一号艇では、一度プラットフォームのレグのエッジをとって自分の持っているデータから何処だということをやっているんですが、それだけではまだ

不十分ではないかな、と。やはり、構造物の全体を判断して、かなり高精度に計測しないと自分がどこにいるのかわからない。それが分からないとどこから作業が始められない。自動化の一番のポイントだと思うんです。

司会：センサーが自動化、自律化の鍵だということですが、原子力の方ではいかがでしょうか。

大道：特にその事自身には異論はないんですが、我々は、欲しい情報を採れるのがセンサーだという定義をしがちなんです。触覚センサーなんかやっていると、採れないのがセンサーだと。全然違う場所を触っているのに信号が出ちゃうというようなことが必ず起きるんですね。人間でも必ず触ったところで感じているのかどうか、人間が正しいのかどうかわかりませんが、どうも次のステップはセンサーと制御が歩み寄って、そこに解決の糸口を見つけていくようなのが必要な概念だと思うんです。

外国のプロジェクトとの比較

司会：さて、このプロジェクトも終わって、今も ISART というこの関係の国際会議が行われているんですが、この極限作業ロボットを日本固有のもの眺めて、さらに外国の同様のものと比較するとどうでしょう。

谷江：総合的なシステムをとにかく開発してみようということをやったのは日本だけだと思います。外国の場合、極限作業というのは産業ロボットをベースにして、それに特定の技術をつけ加えて、それぞれに適応していこうという話が多い。NASA なんかは、現実にはスペースシャトルに明日にでも積もうというような要求があって開発するから、そうなるのかもしれないんですが。その点日本の場合、研究の立場からこういうのをやったというのは、外国には無い例だと思うんですね。これはイタリアの人から聞いたんですけど、ISIR は企業はかなりサポートしてくれるけど ICAR だとスポンサーになってくれない。なぜかという、産業用ロボットはマーケットがあるけれど極限作業ロボットはまだマーケットが無いというんですね。それで、日本はいいなあというわけですね。結局産業用ロボット程にはマーケットが無いところに先を見てこういうプロジェクトをやったというのは、日本が初めてではないかと思うんですね。

司会：海洋ロボットなんか、私のような分野外の者から見ると割と外国の方が進んでいるというイメージがあるんですけどいかがなものでしょうか。

滝川：要素技術的に見ますと、割合によく似た事を日本は先発的にやっているんですね。マンマシン性とか、潮流外乱に対する制御とか、そういう点では優れているのではないかと考えております。

築山：極限作業ロボットと似たようなプロジェクトはヨ

ヨーロッパで2つくらい走っているんです。一つは EUR ECA プロジェクトで、保安用のロボットです。我々の極限作業ロボットで言う原子力と防災ロボットを合わせたような、それと治安用の爆発物処理も兼ねたようなロボットで、非常に高い理想をうたっているのがあるんですよ。最終的にどう仕上がるのかちょっとわからないんですけどもね。EC とかあるいは企業からお金を集めているんですが、金の切れ目が縁の切れ目で、どこまで続くかは分からない。日本の場合は一度お金がつくと8年なら8年は保証される。だからちゃんと最後の実証機までいく。外国の場合はいきなり切られたり、あるいは担当者が変われば終わりというような事をやるため、なかなか形として見えて来ないんですね。あとは EC だったか IEA だったか原子炉解体ロボットというのをやっているはずですが。

館：8年前に日本が極限作業ロボットプロジェクトを立ち上げて、管理制御型自律移動作業ロボットというか、第3世代のパラダイムとして自律ロボットを安全な遠隔からうまく協調しながら動かすというのを作り出したわけですね。だから、その時はたしかに世界的に進んでいたわけですね。しかし8年間経って、ヨーロッパなんかにもだんだんそういう考え方が浸透してきて、築山さんのお話のように、そういう関係のプロジェクトが増えてきているんですね。逆に、今は向こうの方がもっと新しいコンセプトを出してきている面もあるわけですね。それは谷江さんが前に指摘していたようなところもあるわけですね。だからやはりこれからが大事だと思うんですね。日本は8年前は非常に斬新なアイデアを出してそれに基づいて、ずっと走った。しかしその間に他でいるんなものがでてきているわけですね。日本は、極限作業の後にその第3世代のパラダイムの次のパラダイムをまだ探し得ていないんですね。

長谷川：私も詳しくないので間違っているかもしれませんが、いま築山さんがいわれたようなテーマは、かなり目的オリエンテッドのような気がするんです。たとえば原子力プラントの解体とか爆発物処理であるとか、かなり目的を特定したロボットなんです。ところが極限作業ロボットはたしかに原子力とか海洋ロボットとか言っているけれども、そこに共通のテクノロジーを研究しようというのがあるんですね。こういう性格のものというのは少ないと思うんです。

館：だから、極限作業ロボットのパラダイムとか第3世代ロボットのパラダイムが決して古くなったのではなくて、有用性はいよいよ増すと思うんですね。ここで初めて実用化への目度がついたわけで、今後いろんな分野で実際に使われていくと思うんです。ただ、私が言ったの

は、研究者の立場から、ここで甘んじてはいけない。その次のところを新しく醸造していかなければいけないということをお願いしたんです。まだ世界でどこでも見つけているわけじゃないんで、そういったものをまた日本が次も見つけていかなければと思うんですね。

将来の課題

司会：ちょうど館さんから将来の課題について触れて頂いたところで、この座談会のまとめとして、皆様にも今後の課題を順番にお伺いしたいと思います。

館：今回、自律とか知能とか言われた割には、本当の意味から見たら進んでいなかったということがありますね。特に学習とか、自己組織化、そういったものを中心としたような新しい何か欲しい。そのへんのベースになるものはセンサフュージョンみたいなものもあるだろうし、目と手の協調みたいなものもあるだろうし、そのためにはもっと人間に学ぶということ。古くなるかもしれないけれど、1960年代に一度そういうことが起きたわけですね。バイオに学ぶということが一時あったわけですね。それと意味は同じなんです。また違う衣をきて、人間とか生物を見直す。そのなかで今まで考えただけは先行してきたけれども、まだ実現されてなかったようなものをこれからやっていく必要があると思います。

大道：我々の立場は2つございまして、一つはやはり企業といえども、国家的なものにも貢献していく必要がある。それと実用化の観点がありまして、我々の大きな一つの仕事は極限作業ロボットの成果をいかに仕上げていくかということがあると思います。

あといくつかの課題があると思うんですが、一つはハードウェアや機構面では、今も話にでた生物の成立立ちとか、そういうものを持っていく必要があるだろう、と。つまりアクチュエータにしても10分の1になっただけですけど、あと10分の1にしなさいといったときに、同じ方法でよいのか、そこ（生物）に手がかりがあれば。もう一つは知能の話なんです。いま自律性が低いという御指摘がありましたが、私はこういう見方をしています。現在いろいろ言われているものを総合すれば結構、自律的なものを作れると思うんですが、じつはそれを作る作業が大変なんです。たとえば1時間の作業をするのに知識ペースを入れるのに2カ月かかる。これは実用性から見ますと結局できないという表現をする。そこで知識の獲得というのを2時間の作業に対し20分か、まあ2分くらいでやろう。そういうところに大きな課題があるというふうなことを。

併せて言えば、先ほどのマーケットなんてのもある。これ自身は私も大きくないと思うんですが、よく言われ

る 3K の分野はおそらくいま何十兆円というマーケットがあるんですね。ですから、極限作業の一つの考え方として、3K というのはそこに人が行きたくないものも言うんだと。いま火の中が極限環境だけど、3K も極限だと皆さんが言えば極限になるんで、そういう意味では有望なマーケットもあると言えるので、我々としてはがんばって行かぬばと思っっているんです。

滝川：分野、要素としては特にセンサー関係をもっと確実なものにしていきたい。それから、実際は海の中ですので、そう簡単にセンサーの開発はできないですが、それが進めば自動化とか自律化というのはどんどん進むだろうとおもいます。それから当然企業努力として、小型、軽量化ということです。

築山：今回の極限作業ロボットは先ほども言いましたように一つ大きな穴があった。ソフト的なセンスがかなり抜けていた。最初は、まず機械を作ろう、ものを作ろうという意識で、できたものを組み合わせれば何とか動くだろうという期待感があったんだけど、それが、やはり自律化、自動化がどうのこうのでもめて、結局そういうセンスが抜けていたことがわかった。だからもうハードウェアをベースにするというのは極限作業ロボットでもう卒業ということにして、もしロボットで次にそういうプロジェクトが有り得るなら、もう少しソフト面から攻めていくという立場で色々やってみる。

それともう一つは、そういうことをやれる雰囲気をつくるため、もう少しリスキーなものを認め、途中でいくらかでも修正して、『これはここで終わり』と打ち切るといふ柔軟な運営体制をつくらないと、みんな萎縮してしまう。ゴールがあるからそれはやらなければいかんというふうに頭がぐっと懲り固まってしまうわけですね。特に、ソフト的なものをやる時には何ができるか分からないんだから、そういうセンスでやってしまうと、もう結果は目に見えている。今回の極限作業ロボットプロジェクトで得られた反省点はこの2つではないかと思っます。今後、これを生かせばいいプロジェクトができるんじゃないかと思っますね。

谷江：最初にもちょっと言ったんですけど、産業ロボットから極限作業ロボットという言葉をつくったその意味は、整備された環境とアンストラクチャードな環境の差に注目して、後者に使うロボットに狙いを定めたところにあると思っんです。そうは言っても極限作業ロボットで扱ってきたのはある程度モデル化が可能な世界だったわけです。でもやはり世の中にはなかなかモデルを貯えこめない場合もあるわけです。したがってそのようなモデルを手がかりにする制御というのはある程度限界があるはずで、それにどうアプローチするかというのが次

の課題じゃないかなと思っんですね。

それからもう一つ、先ほどマーケットの話があったんですけど、極限作業ロボットのマーケットが本当に開けるのかという、環境はちょっと厳しいと思っんです。というのは、いまの建設ロボットが良い例で、ビルの建設を全部位置制御ベースで全自動でやっってしまうというふうな話がある。これは極限作業ロボットのセンサーを使って自律的に働くものと競合してくるわけですね。どっちが安い、信頼性があるか、ということになると、あいう方が少なくとも信頼性が高いという結論になる気がするんです。そうなると、極限作業ロボットのなアプローチはなかなかマーケットが見つけにくい。そういう意味ではこういうテーマというのは夢をもってサイエントフィックな立場で研究し、その過程で蓄積した要素技術を使えるところで社会に還元していくということになるんじゃないかな、という感じがしてっんです。

司会：最後に、長谷川さん、お願ひします。

長谷川：皆さんだいたい出てますのであまり言うことはないかと思っんですが、一ついま谷江さんのお話を聞いて思っ浮かべたのは、アメリカの Paul 教授だったか、オートメーションはロボットの敵であるとおっしゃったということを知ったことがあります。要するに非整備環境でも人間はどんどん整備できる場所は整備しますから、ということなんです、それをやると今度はロボットの技術としての発展が阻害されてしまう。ですから、マーケットという話になるとちょっと難しいかなという気もします。ただ、いずれにせよとにかくロボットは作業さえしてくれればもう文句は言わないよ、と言いたいくらいなんです。そのためには何が必要かということなんです、先ほど館さんから出てきた自己組織化とか学習はもちろんあると思っんですが、どういふアプローチでもいい。そういうキーワードというのは以前も何回も出てきてます。今回またそういうキーワードのもので若い方が研究を始めて、それなりの成果を上げて、ということもあると思っんです。

私なりのわかりやすい言い方をすると、ロボットの本来の自律性のベクトルのまわりをそういうキーワードがぐるぐる螺旋状にだんだん上がってベクトルの方向に向かって進んでいくことができればいいんだらうと思っます。一言で言えばやはり自律的な機械をつくりたいというのが私の個人的な夢です。

司会：今日は極限作業ロボットというテーマではあったんですけど、広くロボティクスにかかわる問題点にまで議論をしていただきました。特に専門の方々の率直な意見が出まして、有意義な座談会ができたと思っます。どうもご協力ありがとうございました。(拍手)