

九州産業大学工学部バイオロボティクス学科開設・工学部創設40周年記念シンポジウム

日時 平成16年5月12日 12:50～16:45
場所 九州産業大学1号館S201番教室

第1部 基調講演

「超学際的ロボット医学研究拠点の形成」
九州大学大学院医学研究院教授 橋爪誠氏
「ロボット産業の過去、現在、未来」
株式会社安川電機取締役会長 中山眞氏
「今後のロボット産業の動向について」
九州経済産業局産業部製造産業課長 植木謙治氏

第2部 パネルディスカッション

「長寿社会におけるバイオロボティクスの展望」
パネリスト 橋爪誠氏（前出）
中山眞氏（前出）
植木謙治氏（前出）
榊泰輔氏（九州産業大学工学部教授）
コーディネータ
日垣秀彦氏（九州産業大学工学部教授）

開会の挨拶

ただいまより九州産業大学工学部バイオロボティクス学科開設並びに工学部創設40周年記念シンポジウムを開催いたします。私はバイオロボティクス学科の主任をしております石川と申します。このシンポジウムの司会をさせていただきます。よろしくお願いいたします。それでは最初に宇田川学長より挨拶があります。

宇田川学長挨拶

バイオロボティクス学科開設及び工学部創設40周年記念講演会並びにシンポジウムにご出席いただき誠にありがとうございます。

本学は現在、グローバルな社会のニーズに対応し、さまざまな社会の要望に応え、新学科増やいろいろな研究体制の強化、機能の充実に努めているところであります。

一昨年のことになりますが、工学研究科の日垣教授、西谷教授を中心として、各学部にわたる学際的研究である「高齢者医療・機械福祉工学における医工学連携共同研究」を文部科学省が公募する学術フロンティア事業に申請し採択され、本学がその研究拠点となったわけでありました。実はこの新学科はそれを基礎にして、さらに発展させるとの観点より、バイオサイエンスとロボット工学を融合した次世代の医療福祉技術を開発する目的で設置に至りました。

また、工学部は現在の上和田工学部長の下で、この40周年に向けてさまざまな改革をしてきました。工業化学科を物質生命化学科に、土木工学科を都市基盤デザイン工学科と名称変更し、さらに他学科においてもカリキュラムの変更を行い、40周年を記念して工学部は生まれ変わるといような状況です。

工学部は1963年に設置されています。本学では2番目、商学部の次に創設されたのですが、修士課程、博士後期過程は大学で最初に設置されました。現在では、ご存知のように7大学院があり、全学部の上に博士課程ができていますけれども、高度教育研究体制の確立に向けて工学部が牽引車となってきたわけです。

工学部の卒業生は2万3千人。九州、山口、そして全国、世界で活躍しています。特に多数の卒業生を受け入れていただいております九州、山口の経済界及び工業界の皆様にはこの場をお借りして厚く御礼を申し上げます。今後も本学の建学の理念、教育方針にのっとり、理論に偏ることのない、応用技術を身につけた、個性豊かな学生を育成していく所存ですので、よろしくご指導をお願いいたします。

最後になりますが、今回の講演会とシンポジウムに多忙の中ご出席いただきました九州大学大学院教授橋爪先生、株式会社安川電機取締役会長である中山先生、そして九州経済産業局課長植木先生に心から御礼を申し上げたいと思います。

本講演会及びシンポジウムが成功のうちに終了し、大きな成果が得られるように祈念いたしまして、わたしの挨拶とさせていただきます。本日はありがとうございました。

司会者

続きまして上和田工学部長より挨拶があります。

上和田工学部長挨拶

みなさんこんにちは。工学部長を仰せつかっております上和田でございます。本日は多数ご参加いただきましてありがとうございます。ただいま学長より全体的なご挨拶がありましたので、私はこのたび開設いたしましたバイオリボティクス学科の名称について簡単に説明させていただくことでご挨拶に代えさせていただきたいと思っております。

全国の他大学の中でバイオリボティクス学科という名称を付している学科の事例は皆無であります。すなわち本学が唯一のものであります。それだけになんとか内容が分かりづらいという声も聞かれるわけでありまして。

ロボティクスについては、簡単に申しますとロボット工学のことですので、比較的わかりやすいかと思っておりますが、問題は頭にバイオが付いていることで、途端に解りづらくなっているようでありまして。

皆様はバイオと聞いて何を想像されるでしょうか。一般には遺伝子組み換え、あるいはそういった技術によって生まれたバイオ食品や医薬品などを思い浮かべられるのではないかと推察します。しかし、バイオという言葉は端的に申しますと生命を表す言葉でありますし、人体を始めとして、生物、生体、そういうものを指し示す言葉です。そういう意味で幅広く使われているわけでありまして。

ところで、最先端の、あるいは次世代のロボットを作るには、やはりそういう人体や生体の機能、例えば骨の関節のメカニズム、そういうものを十分に解き明かして、それをロボットに移し変える。あるいは模範とする。参考にするということが有効だと考えられるのです。そういう意味で、「バイオに学び、ロボットに活かす」という観点が求められるのではないかと思います。特に近年、ロボットも産業用ロボットの世界から、医療、福祉、家庭生活用のロボットにシフトしつつあります。そういう意味でも、人体や生体の機能を十分に解き明かし、それを基礎としてロボットを作っていくということが問われるわけですね。

このたび新設いたしますバイオリボティクス学科

の名称は、このように一方にバイオサイエンス、他方にロボット工学が相並び立ち、これを融合した領域を研究的に追究し、かつ教育を行うことを意図して名付けた次第でございます。

誠に拙い説明ではありますが、何卒ご理解いただきまして、新しく船出しましたバイオリボティクス学科が今後着実に航海できますように、皆様方のご指導、ご鞭撻をお願いしまして、私のご挨拶とさせていただきます。御静聴ありがとうございました。

司会者

それではこれより3名の講師の先生より講演をお願いしたいと思います。

最初の講演は「超学際的ロボット医学研究拠点の形成」と題して、九州大学大学院医学研究院教授橋爪誠先生よりお話を頂戴いたします。

先生のご略歴ですけれども、1979年に九州大学医学部をご卒業後、第二外科に入局され、その後1998年に九大医学部第二外科の助教授に、1999年災害救急医学の教授に昇任されておられます。また、学会において大変多くの要職を務められ、第41回日本消化器学会会長賞を受賞されておられます。それではよろしくお願いたします。

講演1「超学際的ロボット医学研究拠点の形成」 九州大学大学院医学研究院教授 橋爪誠氏

九州大学の橋爪です。本日はバイオリボティクス学科開設並びに工学部創設40周年、大変おめでとうございます。このような記念すべき日のシンポジウムにおきまして、講演させて頂くことを大変光栄に存じます。

冒頭のご挨拶にもありましたように、バイオリボティクスの研究は、工学部、理学部、医学部といった単一の学科だけでは非常に難しく、非常にやりがいのある分野で、これから最も注目を受ける学科であろうと思っています。本日は、私共が今やっていることを中心に、ロボット工医学とについてご紹介したいと思います。(中略)

● 救命支援・プレホスピタルケアロボット

今、毎日のように救急車が走っていますけれども、もしこの会場でどなたかが急に胸が痛くなって、意

識が無くなって倒れたとします。そうすると、この会場の中で、その人に人工呼吸をしたり、心マッサージをできる人がいったい何人いるでしょうか。ある人は救急車を呼ぶかもしれない。ところが街の中に居て救急車を呼んでも、5、6分後にしか来ません。ところが、心臓が止まって6分以上経過するとその人は植物人間になるか、死ぬしかないのです。心臓と肺が今この瞬間に止まってしまうと、適切な応急手当をしない限り死んでしまう。社会復帰できるのはわずか1%しかないのです。

ところが欧米ではそれが30%ある。どこにそういう違いがあるのかというと、一般の人がそういう応急手当のやり方をきちんと学んでいて、例えばこういう場所で誰か心肺停止などの状態になったとしても、その患者に適切な手当をすることができる技を身に付けているのです。

それからもう一つは情報です。もし大きな災害があったときには、急いで逃げないといけない。そういうときに、いかに早く、いかに正確な情報が皆さんに伝わるかで、その人の運命が決まります。ニューヨークのテロ事件の時もそうでした。何が言いたいかといいますと、救急隊員に救助された患者さんが病院に到着するまでにさらに20分から25分くらいかかり、ほとんど死んだ状態で病院に来ることが多いわけです。その間ドクターには何の情報も入らない。病院に到着して治療を開始しても手遅れなのです。そうではなくて、むしろ現場に救急車が到着したその瞬間から、ドクターと救急隊員が一緒になって患者さんの救命救助を行うことが現実的に可能にならないかということをお我々は考えています。いわゆる救命支援ロボットです。

どうにもならない状態で連れてくるのではなくて、現場に救急車が到達したその時点からドクターと救急隊員が治療を開始することができる。患者情報を的確に、早く知らせることができる。そして、双方向の情報伝達を可能にすることで、遠隔操作で的確な指示を出すことができる。いわゆるネットワークシステムの確立です。

あるいは救出にしても、例えば大火事の所に救急隊員の方が火事の現場に入って行って、しばしば救急隊員の方が命をなくすことがあります。ニューヨークのテロ事件の時は500人近くの救急隊員の方が亡くなりました。そういう危険な場所にあえて人が何故入っていかなくてはいけないのか。ただ救出、救命という名目のために命を落とすということが当たり前のように考えられていないでしょうか。人間がアクセスできないような場所に、人間の代わりに

入って、素早く人を見つけ出し、助け出して救命支援を行う。そういう一連の救命支援ロボット、レーズキューロボットやネットワークロボットなどが求められています。

以上のように、我々は病院に着く前に素早く医療を開始できないかということで、プレホスピタルケアロボットというものを開発しているところです。このロボット技術に関しては、まだまだやるべきことがたくさんあります。ご存知のように、世界のロボット市場というのは約7000億。その9割以上が産業用ロボットなのですが、その実に6割を日本が占めているのです。そして市場予測としては、2010年には3兆円、2025年には8兆円の市場が予測されています。今後このロボットというのが、医療、福祉の分野だけではなくて、我々の日常生活の中にもたくさん入ってくるだろうと予測されています。

● 医療用ロボット

医療用ロボットの開発に関しては、まだまだ他の国々もようやく始まったばかりです。それで医療用ロボットとして多くの種類が考えられますが、本日は手術支援ロボットの話をしていきます。それ以外にも診断の部門や医療の分野で働く人達を支援するロボット、あるいはいろいろな再生臓器や組織を製造する過程のオートメーション的なロボット。それから運動器官や感覚器官などの機能を支援するロボット。あるいは将来遺伝子治療が普及した場合に、そういうものを身体のある特定の部位に持って行くキャリアが必要になってきます。そういうデバイス、Drug Delivery Systemが必要になってきます。これも広い意味ではロボットになるわけです。確実にある部位に必要なものを運んで、薬などを受け渡し、その組織や器官の機能を支援するというものです。その他に、治療後の社会復帰を支援するロボットや、患者サービスを支援するロボットなど、いろいろな可能性があります。

我々が今何をやろうとしているかというと、より質の高い医療をやろうとしているのです。病院や専門の先生が居る所でないと高度医療が受けられないということではなくて、いつでもどこに行っても質の高い医療が受けられる。そうするためにはどうすればいいのか。医療従事者の働きを支援してくれるロボットがあれば、今以上に質の高い医療を施すことができるだろうと考えるわけです。

● 低侵襲治療

前置きが少し長くなりましたが、以下本題に入り

ます。低侵襲治療についてお話をいたします。私は元々消化器外科が専門です。ちょうど 1990 年代の初め、今から 10 年以上前になります。カメラを使って小さな傷口で治療する方法が報告されました。昔はお腹をだいたい 30 センチくらい開けて手術を行っていました。最近では 1 センチあるいは 5 ミリか 3 ミリしか傷を付けずに、カメラをお腹の中に入れて手術をする内視鏡外科手術が普及して、患者さんは痛みが少なく、翌日には帰れるということで、この内視鏡外科手術や低侵襲治療が世界中で爆発的に普及しました。しかし、我々外科医にとっては非常に大きなストレスになっています。というのは、絶対に間違っはいけない。絶対に合併症などを起こしてはいけない。的確な治療をしないと、それが重大なミスに繋がったりするからです。そういうことで、こういう低侵襲治療をいかに安全で、確実にやるかという所に、今から話しますロボット手術の意義があります。

従来は自分の目で臓器を見ながら、自分の手で触って手術を行っていたのですけれども、それがテレビを見ながら、そして長い鉗子を使いながら手術をするというように大きく変わってきました。そして必ずしも目の前に居なくても、遠くからでも手術を指導できるようになりましたし、訓練、教育というものも全く同じ体験を、違った場所で、違った空間で行うことが可能になりました。

ロボット手術というのは単にコンピュータで支援する手術という意味ではありません。今後我々が期待しているロボット手術は、ナビゲーションシステムを備えたものです。車のカーナビは目の前に見えない先の所を示してくれる。そういうカーナビのようなものです。ここでいうカーナビは画像誘導です。実際に見えている肝臓なら肝臓表面の奥深くに何があるか。重要な血管や癌の病変がどこにあるか。臓器をまるで透かして見るかのように見せてくれる。そうすることで間違っ大事な血管を切ったり、癌を取り残したりということが無くなるのです。そういうことが加わることで、ロボット手術は非常にいい治療法になるだろうと思っています。

従来は、このように非常に大きくお腹を開けて手術をしていたのですけれども、それが内視鏡下で手術ができるようになって、小さな傷口から鉗子を入れて手術をするのですが、その分なかなか自分の思うところに手が届かなくなった。それがこういうロボットを使うことで自由自在に自分の思うところに手が届く。あるいは、知りたい情報を必要な時に必要な情報だけを手に入れて手術ができるようになって

てきました。

● 手術支援ロボット・「ダビンチ」と「ゼウス」

現在、世界で実際に手術に使われているロボットには、ダビンチとゼウスの 2 種類があります。日本では共に導入されてはいるのですが、その数は大変少ない。その大きな問題としては、薬事法の問題があったり、保健診療としての認可がおりていない。そしてロボットそのものも大型で高い。約 100 万ドルします。

しかしアメリカの経過を見てみると、ダビンチを作った会社は、95 年に外科医とエンジニアでベンチャー企業を作り、100 億円のお金を集めて会社を立ち上げています。そしてわずか数年後、97 年にはもう臨床の試験ができるところまでこぎつけています。そして FDA、アメリカで言う医薬品審査機構ですが、企業を興してから 5 年後の 2000 年には、この FDA がこの医療機器を認可しているわけです。ですから非常に短期間でこういう機械を開発し、製品化までする。この過程を我々は学ばなければいけないと思っています。

世界には 196 台のダビンチがあるわけですが、アメリカに 134 台、欧州に 47 台あります。残りのうち今日本にあるのは、九大の 1 台だけです。他にシンガポール、インド。ということで、アジアではまだまだこのロボットの数が少ないのが現状です。

心臓外科の手術では、大きく胸を開けて手術をしていたのが、今ではたった 1 センチの傷口を 2、3 箇所開けることで、バイパス手術をできるようになっています。これは本当に外科の革命だといえると思います。左下の映像が内視鏡下の外科手術です。このようにテレビを見ながら手術をする。これが内視鏡外科手術です。一方、ロボット手術の場合は、このようにボックスの前に術者が座って、この中を覗くと、患者さんのお腹の中が三次元で見えるのです。この鉗子の先が人間の手首のように自由自在に動きます。本当に頭と手を患者さんのお腹の中に入れて手術をしているような、そんな感じで手術をすることができます。

九大ではいろいろな患者さんに実際にロボット手術を行っています。このロボットに清潔なシートをかぶせて、ロボットを患者さんの上にもってきます。カメラには先端に CCD カメラが 2 個付いていて、これで三次元で見える仕組みになっています。

この映像は、世界で初めて胃がんの手術にこのロボットを使って成功した患者さんです。非常に狭い空間で、このように胃と腸とを縫い合わせている所

ですが、非常に簡単に、スムーズにできるのが特徴です。この 1 cm の傷が数箇所あるだけで、胃がんの手術に成功いたしました。

それからもう一つゼウスという手術支援ロボットがあります。これも患者さんの前にあるスクリーンの前に術者が座って手術をします。特殊なめがねをかけてこのモニターを見ると、三次元で見えます。ボイスコントロールでカメラの動きを変えたりすることもできます。術者の方のマスタマニピュレーターを動かすと、それと同じ動きを患者さんの側にあるスレーブマニピュレーターが動くという仕組みになっています。

そしてこのロボットを使って、フランスとアメリカとの間を光ファイバーで結び、実際の患者さんの手術に成功しています。外科医はアメリカのニューヨークのビルディングで手術をやっています。そして実際の患者さんはフランスのストラズブールという病院で手術を受けています。光ファイバーで大西洋をまたいで手術に成功したということで、リンドバーグの手術と呼ばれています。

このときに問題となるのが時間差です。これだけのロボットを動かすのに実際に向こう側から送られてくる映像がどの位遅れてくるかということが重要になってくるのですが、わずか 150 ミリ秒です。ですからほとんど時間差を感じずに手術をすることができます。

このように今あるロボットというのはいろいろなメリットがあるのですが、まだ感覚が術者の手元に伝わってきません。それから先程言いましたナビゲーションシステムというのが、このダビンチやゼウスには付いていません。そういうことで我々は日本独自のロボットを開発しています。これはもっと小型のロボットで、あらゆる情報が術者に伝わり、その情報を元に手術が行える、そういう手術支援システムを開発しています。

● 九大を中心として開発中の手術支援ロボット

産学連携で、いろいろな企業あるいは大学と一緒にやっている仕事ですが、これはその一つでカメラを動かすロボット「ナビオット」と言います。これは日本で第一号の手術支援ロボットとして厚生省から認可を受けています。鉗子に装着したボタンを押すだけで術者が一人で手術をできるということで、ソロサージェリーが可能になりました。これはグッドデザイン賞を頂いて、今全国で 50 施設以上、100 例以上の患者さんの手術に用いられています。

今我々が開発しているロボットを画像誘導下ロボ

ット手術システムといいます。いろいろなパーツ、アクチュエータの部分、画像を誘導する部分、コンソールなどいろいろな部門に分かれて開発しています。例えば鉗子ですが、従来の鉗子と違って、鉗子間先端があらゆる方向に自由に動く「多自由度屈曲鉗子」も作っています。それから鉗子先端にいろいろな機能を持たせる目的で、鉗子の先端に半導体レーザーと CCD カメラが付いていますので、焼いている所を観察しながら治療ができます。これは将来的には手術前にコンピュータでデザインをして、デザインした通りに治療をすることができるというシステムになっていきます。

それから今我々も一緒に開発しているものに、MRI ガイド下集束超音波治療器があります。患者さんに全く傷を付けずに、体外から腫瘍の位置を確実に捉えることで、そこに向けて外から超音波エネルギーを集束させて焼くという治療法です。これもやがて日本でも使える日が来るようになると思います。

これは日本製のロボットで、富士宮と東京都の間を電話回線で結んで手術に成功したのですが、現在までに 5 回電話回線を用いて手術に成功しています。これはメイド・イン・ジャパンのロボットで、電話回線を使って手術ができるという時代になっています。

それから手術中に患者さんのいろいろな画像を取り込みながら、あらゆる情報を術者が得ながら手術をするというシステムで、これももうすでに出来上がっています。これによると肝臓をまるで透かして見るかのように血管がどこを走っているか、あるいは癌がどの場所にあるかということを確認しながら手術ができます。あるいは術中に臓器が変形するわけですが、その変形に応じてその表面形状を計測して、それに応じて実際の映像を変形させるという技術もできてきています。

これは open MR で、実際に手術中に画像を取りながら手術をするという、MR ガイド下のロボット手術システムで、これも今 NEDO のお金を頂いて開発しています。

このように、いろいろなロボットが今開発されているわけです。例えばこの心臓ですが、非常に激しく動きます。そういう状況下でも手術を行わないといけないのですが、カメラがこの心臓の動きに合わせて同調することで、術者には自分が手術しようとする所が止まって見えます。また鉗子も心臓の動きと一緒に同調させることで、鉗子は静止して術者には見えます。この二つを合わせると、このように動いている臓器であっても、術者は非常に安定した手

術を確実に行うことができます。このような仮想静止化技術というものができ上がってきました。こういったことが将来ロボットに搭載されることで、非常に安定した手術ができるようになると考えています。実際のダビンチにもこのような術前画像を重ね合わせてやるシステムを既に開発していますし、手術結果を手術前から予測する、手術結果予測技術に関する研究もやっています。

● コンピュータによる手術教育

こういうロボット手術が普及してくると、実際にお腹を開けたことのない外科医というものが育ってきます。内視鏡手術はテレビゲームをやっているような感覚で手術ができますが、実際にお腹を開けてやったことがないと、何かあったときに非常に困ったことが起こるわけです。そこで、今後そういう人達をどのように教育し、訓練していくかということが大きな問題になっています。飛行機のパイロットの養成は 90 %がコンピュータのシミュレーションによってトレーニングするわけですが、私共はパーソナルコンピュータ上でトレーニングするというシミュレータを今開発しています。

今、東京慈恵医大の鈴木先生の所と一緒に行っていきますけれども、私のオフィスからこのファントムを動かして、この胆のう摘出手術をやることができるというシステムです。このようにファントムを動かして、世界中からアクセスして胆のう摘出などの手術を訓練することができる。それを例えば私が全部見ながら指導することもできる。いわゆる遠隔で手術の教育をすることができるというシステムです。このようなコンピュータ上での教育システムというものが今後ますます発展していくと思っています。

九大ではこのロボット手術のトレーニングを実際の手術支援ロボット・ダビンチを使ってやっています。これは外科医だけではなくて、工学系の先生方も 1 日コースがありますので、そのコースでトレーニングを受けることができます。また企業のエンジニアの方々もこのトレーニングを受けに来ていただいています。このような機会を通して皆さんで情報をシェアしながら、何が問題なのか、どう解決したらいいのかということと一緒にディスカッションする場としています。こういうトレーニングを実施することで、ロボットを使った方が非常に確実な手術操作ができるようになるし、トレーニングすることで確実に教育の効果が得られるということがわかってきました。

● Digital Patient Project

私共は、教育拠点として、研究拠点として、今、ロボット医工学をこの福岡から、あるいは九州から世界に向けて発信しようと思って頑張っているところです。こういう時期に九州産業大学がバイオロボティクス学科を新設されるということは、我々にとっても非常に大きなメリットになると思っています。やはりメディカルなデパートメントだけではなくて、工学系の方々と一緒になって、こういう開発をやる、教育をやるということがないと、超学際的な研究、あるいは人材育成というのは有り得ないわけです。ですから、我々としても是非今後この分野で一緒に仕事をさせていただければと思います。九州が世界の医療技術の標準化に貢献できればと思っています。そして、情報という意味では患者さん全てのデータをデジタル化して医療に用いようということで、Digital Patient Project というのを今立ち上げています。データベースを作って、自由自在に患者さんの情報を取り出して、シミュレーションしたりして、治療することができるというもので、今後非常に大きな財産になっていくのではないかと考えています。

● カプセルロボットと Precision Surgery

そろそろ最後になるのですが、今我々が開発しているのは、カプセルロボットです。小指くらいの大きさですが、先にロボットの手が付いていて、遠隔操作で手術をすることができるもので、患者さんには全く傷が付かない。患者さんにこれを飲み込んでいただいて、遠隔操作ができる。将来的にはサイズがもっと小さくなって、血管の中を自由自在に動き回って治療をすることができます。そういう意味ではロボット手術というのは情報を操る治療、正確に、精密にやるということで、Precision Surgery と我々は呼んでいます。将来的には本当に患者さんにほとんど傷を付けずに、正確に病変部位を探し当てて、そこを治療するということが可能になるのではないかと考えています。

そういうことでこのロボット手術というのは、単に大病院の中だけではなくて、いろいろなところ、皆さんが、いつでもどこにいてもこういう高度な、質の高い医療が受けられるようになります。また、救急車が到着したその時点から医療が始められるようになるだろうし、寝ているとき、仕事をしている間にカプセルを飲んでいただくとそれで診断から治療までができる。このようにいろいろな分野で、この技術が応用できるようになるであろうと考えています。

● サイエンスとヒューマニティ

最後に医療というものは、いったい何のためにやっているのか。本当に心と身体の両方を健全にさせるものでないといけないと思っています。我々が医療をやろうとする場合には、確実なデータに基づいた技術を学ばないといけません。教育・訓練に相当するのがアート、技術の部分です。そして、医療は人間と人間との間の行為であって、その人の人となり、人間性、ヒューマニティ、これらのバランスの取れた人でないと、医療に携わることはできません。医療という分野に限らず、どの社会にでも当てはまることではないかと思っています。そういう意味で、サイエンスだけではなくて、アートとヒューマニティ、キャンパスで学んで頂きたいと思っています。

以上、私共のわずかな経験をお話いたしました。バイオリボティクス学科の発展あるいは皆様の発展に少しでもお役に立てれば幸いに存じます。ありがとうございました。

司会者

非常に先端的な話しを伺いました。多分会場から質問があるかと思いますが、あと2つの講演及びパネルディスカッションがありますので、最後にまとめてご質問を受けたいと思います。

それでは次の講演ですけれども、「ロボット産業の過去・現在・未来」と題しまして、株式会社安川電機取締役会長の中山眞先生よりお話を伺いたしたいと思います。

先生は昭和 37 年 3 月に東京大学法学部を卒業され、ただちに安川電機に入社されました。米国安川電機取締役社長などをご歴任の後、昭和 63 年に取締役に昇任され、平成 12 年に取締役社長、同 16 年 3 月に取締役会長に就任しておられます。平成 15 年 11 月には藍綬褒章を授与されています。それではよろしく申し上げます。

講演 2 「ロボット産業の過去・現在・未来」

株式会社安川電機取締役会長 中山眞氏

皆さんこんにちは。ただ今ご紹介にあずかりました安川電機の中山と申します。本日は九州産業大学の大変記念すべき日にご招待いただきましてありがとうございます。時間の制約もありますので、早速本題に入りたいと思いますが、1分間だけ会社の概要

をお話しさせていただきたいと思います。

安川電機というのは、1915 年に設立されまして、今年で 89 歳になります。来年が 90 周年記念で、何をやるかと考えているところですが、従業員は約 3 千人。国外にも会社を持っていますので、それを合わせると 8 千人弱です。売り上げの規模は 1 千 5 百億。昨年度は幾分景気が持ち直しましたので、これより若干越えています。グループ企業としては 2 千 5 百億。これも昨年度の実績は 2 千 7 百億にいますので、今年はいよいよ 3 千億ラインを狙うかという状況です。事業概要は大きく 3 つの分野に分かれています。モーションコントロール事業、ロボティクスオートメーション事業、システムエンジニアリング事業です。今日のテーマのロボティクスオートメーション事業というのは、産業用ロボット、半導体、液晶関係に使われるロボットを含めて、全体の約 3 割を占めています。一番大きな事業はモーションコントロール事業で、全体の 40 % を占めています。これが安川電機のコアテクノロジーと言われるもので、物を動かす、位置決めをする、そのためのモーター、コントローラを作る。この事業が一番大きな機関事業であります。(中略)

それでは本題に入ります。「ロボットの過去・現在・未来」ということと、今後に残された課題ということでまとめてみました。

● ロボットの過去—ユニメート以前

ロボットの過去というのは、ユニメートという産業用ロボットが出る以前の時代に、ロボットらしきものがあったということなのですが、これはいくつかに分けられます。

まず、概念上のロボット。頭の中で考えた、あるいは小説に出てくる、伝説にでてくる、そういうロボット。次に単なる自動機械。自律性などない。言われた通りしかやらない。次に癒し系。なんとなく人間に似ているとか、動物に似ているとかいう、人間と似たような動きをするようなそういうロボット。それから漫画の世界のロボットという風に分けられると思います。

ということで、既に紀元前 8 世紀にホメロスの「イーリアス」という小説の中にこういう概念が出てくるのです。自動機械というのは、紀元後 1 世紀頃にオートドアというものが出てきます。これは単なる自動機械です。癒し系というか、人間に似ているというのは、ポーカンソンという人が 1738 年にアヒルを作って、本当に餌を食べて、排泄をするまでを本当にやるロボットを作ったことがありますし、日本

でもからくり人形というのは昔からあります。そういうことで癒し系といわれる、なんとなく人間に似ている、動物に似ているという概念はかなり早くから機械として存在しています。

漫画の世界では皆さん聞き飽きたと思いますが「鉄腕アトム」、私が中学生の頃、1951年に雑誌「少年」に鉄腕アトムが出ていました。ですからこれはいずれも頭の中であるにせよ、実物ができたにせよ、ロボットという定義をしたその一部を実現した時代であるというのがロボットの過去であると思います。

これは先程のヘロンのオートドアですが、一番向こう側に火が燃えていて、燃えるに従って中の酸素が消費されて、水位があがって、メカニズムが動いてドアが開く。そういう機械を紀元1世紀に作った人がいるということです。これは先程のアヒルで、これも少しわかりにくいのですが、口の中に歯車があって、その後ろに腸のようなものが並んでいます。それでここから排泄をするということです。からくり人形ですが、こういうものは皆さんよくご覧になっているので分かると思います。

いずれにしても何か人間に近いもの、あるいは人間が自然にやっているものを機械にやらせたいというのがロボットの過去ということになると思います。

● ロボットの現在—産業用ロボット

<実用機としてのロボットの登場>

次に「ロボットの現在」。これは何と言っても産業用ロボットの時代であります。どちらかという実用機としてのロボットが登場したということで、これは1960年にAMF、ユニメーションという共にアメリカの会社なのですがロボットを作りました。そして、ゼネラルモータースに68台のユニメイトというロボットがラインに入って溶接を始めたのです。ただ、まだこの時期は電動式ではなくて、油圧でした。

<油圧から電動へ>

これを1974年に安川電機で電動化して、動く所は全てモーターを使って動かすということで始めました。本当にこれを実用化して溶接の用途で使ったのが1977年。ですからロボットという言葉が1920年にできて、実際にロボットらしきものができるまでに約50年かかっていると言えます。

その後いろいろな会社がロボットを始めて、1980年にいよいよ産業用ロボットが普及し始めます。今から25年くらい前になるかと思いますが。ある意味ではロボットというのは産業としては20年しか経っていない、非常に新しい産業であるといえます。そう

いう意味でまだまだこれから産業として伸びる可能性は多いに秘めていますし、それだけに乗り越える課題も非常に多いということが言えると思います。

<ロボット元年>

今まで伸びてきた中で、ロボット元年と呼ばれている年が1980年にあるのですが、実はその他にロボット飛躍元年というものがある、この頃から飛躍的に伸びてきたということで、ロボット工業会がそのように名付けたのが1985年です。それを起点にしてここまで伸びてきて、バブルがはじけ、その頃に少し落ちています。しかしだいたい一貫して伸びてきており、これは2001年の数字ですが、だいたい7万8千台、現在はもっと増えて8万台のロボットが世界で稼働しているということでもあります。

そのうち36%、3分の1は日本にあって、あとがアメリカとヨーロッパで3分の1ずつと考えていただいたらいいと思います。最近ヨーロッパが出てきて、これはまだまだ発展途上ですから10数パーセントくらいというのが現状です。ところがどこが作ったかという、実は日本製が60%で、最近はもっと増えているのではないかと思います。ロボットができたこの頃はアメリカやヨーロッパにもたくさんのロボットメーカーがありました。しかし日本のロボットメーカーががんばったのか、過当競争が好きな国ですから、いろいろな会社がやり始めたせいなのか、どちらかわかりませんが、ともかくアメリカにはもう1社しか残っていません。ヨーロッパには2社しか残っていない。そして日本には先程申し上げたロボット工業会の会員会社というのが53社あります。そのうち半分はチップマウンターのメーカーですので。後ほど申し上げるような動きをするロボットは20数社がひしめき合っているのです。世界を制覇しているというのかっこいいのですが、日本製が6割、現在は7割くらいになっているかもしれません。

当社の場合、少し宣伝になりますけれども、これも77年にスタートして、80年に少し出てきて、85年の飛躍元年の時から伸びて、その後バブルがはじけた影響を受けて下がっていますが、そのあと順調に推移して、2003年に累計10万台を達成しました。台数では世界でナンバーワンということになります。この中でご覧頂きたいのが、一番下の青い所が日本国内、次がアメリカ、それから欧州、アジアとなるわけですが、従来は日本国内でほとんど占めていました。ところが海外のメーカーが少なくなったこともあるし、日本のメーカーが強くなったということ

もあり、この辺から海外向けが急速に伸びています。特にアジアも急速に増えているということで、これはいろいろな意味で課題も抱えていますけれども、日本の産業用ロボットというものが全世界的に評価されてきているということになるわけです。

<産業用ロボットあれこれ>

だいたい産業用ロボットというのはどんなものがあるのかということですが、これが小さい部品を移動させるもの、これがアーク溶接という、薄い板と板を張り合わせてその間を縁に沿って溶接していくもの。これがアーク溶接といいます。それに対してスポット溶接というものがあって、これは板を合わせて部分的に溶接していくロボットです。ですからアークの方がきちんとものを付けたい時、スポットはある程度間隔を置いて付けていい時のロボットです。次にこれはペインティング（塗装）、次がパレタイジングと言って物を積んでいくロボットです。

これからが企業にとって重要なことなのですが、ご覧になるとわかるように、用途はいろいろありますけれども、形はだいたいみんな同じなのです。6軸のロボット。腰があって、下の腕が動いて、上の腕が動いて、手首が動いてと、だいたい同じ相似形である。相似形であるからこそ産業として成り立っていくのです。これを1台、1台作っていくと事業として成り立たない。こういうものに統一したというか、コンセプトをまとめたところに今の産業用ロボットの発展があると思います。そしてこの点が実は次世代ロボットを作るときの大きな課題になるのです。

今、液晶市場がブームになっています。液晶テレビ、携帯。これは畳の大きさで言うと、2畳くらいのガラスの板を運ばないといけない。ただ運ぶだけならば簡単にできるのですがけれども、精度よく、しかも早く運ばなくてはいけないということで、需要が伸びてきています。

そして半導体関係。これも一種の搬送装置なのですが、真空の中で、あるいはクリーンルームの中で動かさないといけないのです。このロボット自体が半導体のウェハと称する円盤を乗せて動くのですが、このロボット自体がゴミを出してはいけないのです。モーターからは必ずゴミやホコリ出るのでありますが、これ自体が出すと何のためにクリーンルームで仕事をしているのかわからない。そういうことでこういうものを私共は手がけています。これがまた今非常に伸びてきています。

これはアーク溶接ロボットが動いている所で、必

ずしも1台ではなくて、2台、3台同時に動かすというのが最近では技術的に要求されてきています。

これはスポット溶接で、車体を溶接するロボットです。これは何か作業をするときに1台が動くのではなくて、2台、3台が一緒に動いたほうが作業がやりやすい、デリケートな仕事をするときにそのほうがやりやすいということがあります。これは4台協調システム。これは塗装ロボットです。

<次世代ロボットの芽生え>

新しいロボットがないわけではありません。これは電線の電源を切らずに作業できるように、下のほうで操縦をしながらある程度単純な仕事はロボットにさせ、難しいところは人間がリモコンで作業する。しかも2つの腕を持っているということで、これも新しい動きがあります。

これはリハビリロボットで、よく我々は足を置いてやるわけですが、治療をしたあとでこれを何度か動かすことによってリハビリをやっているというロボットです。

これは多指ハンドというもので、先程言いました、物を掴みすぎると壊れる、掴み過ぎないと落とすということになりますので、力のバランスをとる。これはモーターで動くのですが、こういうロボットも作っています。

現在を総括すると、産業用ロボットはいくつかの未開拓分野を残していますが、特に組み立ての分野で残していますが、ほぼ飽和状態に行きつつあるということです。

● ロボットの未来一次世代ロボット

次にロボットの未来ですが、こんなロボットが欲しいということで、ここに表せないぐらいたくさんあります。これを全部数えると100くらいあります。これに全部付き合っていると産業界は非常に困るので、なんとかしてこれを標準化していこうというのがこれからの課題です。

いくつかこの中の要望から挙げると、掃除ロボット、留守番ロボット、洗濯ロボット、料理ロボット、このへんは少し怪しいですが、介護ロボットというものもあります。まじめなのはこの辺へんまでかと思いますが、100全部は付き合えないということで取り出したわけです。

パーソナルロボットの時代といわれていまして、これは当社で作っている動く案内ロボット。次は皆さんご存知のアイボ、次は留守番ロボットで番龍。こういう家庭内に入るような、あるいはオフィスの

中で動くようなロボット。こういうものの時代が来ようとしています。

これはトヨタさんが開発した人間型ロボットですが、これに使われている関節がだいたい 40 くらいありますが、これは全て安川電機からアクチュエータを納めていて、トランペットを吹くロボットです。こういうものがだんだん出てきたということです。

これは先程橋爪先生のお話でもありましたけれども、いわゆる胃腸系の中、消化器系の中に横 23 ミリ、縦 9 ミリのカプセルを入れて、お腹に入れている間に診断、治療を終えてお尻から出てくるということなのですけれども、名前を NORIKA と付けています。

ロボットの未来年表というものでできていて、生活支援から家庭、医療、ペットなど、だいたいこのあたりが将来のロボットの分野かと思いますが、その中で先程橋爪先生からお話がありました、医療ロボットです。これもだいたい第一世代の手術補助ロボットというのは実験済みではないか。そうすると今言ったマイクロ検査みたいなものがだんだんできつつあるということで、まだ 2004 年なのですが、だいたい 21 世紀にわたってこういうことが想定される時代になっています。

これは日本ロボット工業会が平成 13 年に予測したのですけれども、経済産業省の指導を受けて、だいたいこのくらいになるということです。現在ロボット産業はわずか 5 千億です。これがだいたい 2025 年には 8 兆円になるということです。その中で一番大きく貢献するのは、生活分野にロボットが入っていくということで、生活分野におけるゾーン。次は医療福祉。公共、これは救助ロボットなどの問題です。そういうことで、非常に大胆な前提を置いて作ったものですから、日々技術の進歩に合わせて検証していかなくてはならない問題ですが、先程の橋爪先生と話しを合わせたわけではありません。8 兆円というのが我々のロボットに携わる業界のこれからの夢というか、課題です。

● 今後の課題

<制度的課題>

それで今後こういうものを実現するための課題を 2 つ申し上げます。

1 つは制度的課題ということで、安全性の確保ということです。これはロボットに触れた時に危険であっては困るということがあります。これは事故とも関連しています。次に普及促進策というのは、官学連携のテーマであって、やはり官（政府）、あるいは地方自治体の助けを借りて、研究開発費に対する

インセンティブであるとか、導入に対するインセンティブ、そういうものをお願いしないといけないという課題があります。

<技術的な課題>

もう一つは技術的な課題で、これは要素技術課題。アクチュエータ、手を動かすのにいまはモーターを使っていますが、今回のバイオリボティクスという学科を作られた背景にはそういうことがあると思いますが、何もモーターを使って関節を動かさなくても、人間の筋肉を研究してそれを使えばそれに越した事は無い。回転体を作って、それをわざわざこういう動きに変えるよりも、もっと早いのではないかとということで、実はアクチュエータの研究があります。

それからセンサー。ロボットが動き出した途端にいろいろな課題が出てきます。その一つが、自分がどこにいるか、やるべき仕事の対象がどこにあるのかということを検出するセンサーがあります。そういうものを頭の中でいろいろ分析する知能が必要です。

それから電源。電気自動車も同じことなのですが、ケーブルを運んでいくわけには行かないので、電源をどうするかという課題があります。

もう一つはシステム化の技術課題なのですが、その中のひとつとして、標準化、要素部品のモジュール化、これは似たようなものなのですが、要するにいろいろな要求が 100 種類もあるものをどのようにして事業化するか、どのようにして産業として育成するかが問題です。そのためには、この標準化というものをやらないとどうしても企業として取り組む気にならないということになります。取り組む気になったとしても採算が合わないとか長くは続かないということですから、そういう問題を抱えているということでもあります。

<ロボット特区>

そういう意味で今度福岡にロボット特区ができましたけれども、そういう諸々のことを実験する場所が必要だということで、ロボットに関する、どこまでをロボットにやらせるか。それからどこまでが限界で、あとは人間がやるのか、あるいは別の機械に任せるのかといったロボットに関するこだわりと限界というものをロボット特区で検証してみたい。私共産業界は検証の場が欲しいとかねがね思っていました。今回国あるいは県にこういうことをやっていただいたのは私共にとっては勇気付けられることで

あります。

以上雑駁な話しになりましたけれども、ロボットの日本の現状と将来の課題というものを一通りまとめて参考に供したいと思います。ご静聴ありがとうございました。

司会者

どうもありがとうございました。それでは最後の講演になりますが、「今後のロボット産業の動向について」と題しまして、九州経済産業局産業部製造産業課植木様よりご講演を頂戴したいと思います。植木先生は長崎のご出身で、昭和 55 年に長崎県立国際経済大学をご卒業後、ただちに通商産業省にご入局され、平成 11 年に総務企画課総括係長を歴任の後、平成 15 年に製造産業課長に就任され、現在に至っています。本日は、官の立場からロボット産業の動向についてお話を頂けるとと思います。それではよろしくお願いします。

//////////
講演 3 「今後のロボット産業の動向について」
九州経済産業局産業部製造産業課長 植木謙治氏
//////////

植木様

皆様こんにちは。ただいまご紹介いただきました九州経済産業局の植木でございます。本日は九州産業大学のバイオリボティクス学科開設並びに工学部創設 40 周年ということでお招きいただき有難うございます。本日は「今後のロボット産業の動向について」ということで、ロボット産業の全体的な流れ、九州の現状、経済産業省としてのロボットの支援についてお話させていただきます。(中略)

今回の目次なのですが、「我が国におけるロボット産業の現状と課題」、「九州におけるロボット産業の現状と課題」、「経済産業省におけるロボット産業の振興に向けた取り組み」ということでご説明させていただきます。

● 我が国におけるロボット産業の現状と課題

まず我が国におけるロボット産業の現状と課題ですが、1978 年、いわゆる第一次ロボットブームということで、先程ご説明があったスポット溶接ロボットなどが出ました。現在 50 数社に収斂したということですが、当時はここにあるように 100 社がロボッ

ト事業に参入していました。1978 年、産業用ロボットの普及が始まるわけですが、1985 年辺りで産業用ロボットの普及が本格化したとみてよいと思います。1990 年代に入りまして、バブルの頃ですけれども、91 年には約 8 万台の産業用ロボットの生産がありました。そして市場が成熟して欲しい 6 万台生産ベースになりました。平成 12 年度の日本機械工業連合の予測では、2010 年辺りで数 10 万台になるとのことです。ひとまずこのような流れがあったとご承知いただきたいと思います。

● ロボット利用のビジョン

次に、今後の我が国社会の課題とロボット利用のビジョンについてふれます。経済産業省において「次世代ロボットビジョン懇談会」というものを作りまして、その中でロボットの利活用、課題などのビジョンを 2005 年の 3 月末から 4 月くらいにかけてまとめました。いろいろ具体的な課題や主なロボット利用が挙げられています。例えば製造や生産という面での課題なのですが、産業用については、工業関係では既にロボットが取り入れられているのですが、新たな分野、例えば農業関係への進出が課題となります。というのは、農業人口が少なくなってきており、生産性の向上のためにロボットの活用が考えられる。これに関しては、皆さんの頭の中ではロボットというよりもヒューマノイドのイメージが大きいと思うのですが、必ずしも二足歩行ではなくて、自動化した、ある程度技術化した機能を持った機械としてのロボットをイメージいただければいいと思います。鉄腕アトムのような人間型ロボットが鋏を持って農業をやるというイメージではありません。

それから生活分野ですが、この部分については今後需要が伸びるのではないかと思います。中でも生活や医療・福祉などで需要を期待する声が多くありました。家事支援、オフィス等の接客案内などです。チャイルドケアという意外な感じがすると思うのですが、例えばヨーロッパではブルドックが子守り犬として使われていたという状況がありますので、そういう面でのロボットの応用というのは期待できるのではないかと思います。

オフィス等の接客案内については、モニタリングをしながらお客さんを相手して、奥に居る幹部や社員の方にお客さんの情報が入る。あるいは電話であるとか、そういういろいろな機能をロボットが持つので、ただ単に導いて案内するだけのイメージではなくて、幅広い機能を有することができるものです。

医療・福祉については、医療ミスの低減ということにつながりますし、要介護者の自立支援、介護者支援が考えられます。介護関係では、ロボットが直接要介護者の方を介護するというイメージが強いかと思うのですが、むしろ介護する方への支援という考え方が最初にくるのではないかと思います。

公共分野では防災警備の活動に対する支援が考えられますが、これは現に警備ロボットなどいろいろありますし、先程の話にもありましたような、災害時に救難に向かうという、そういうことがロボットに期待されています。

そういう課題と利用があって、「少子・高齢化」、「安心・安全」、「便利・ゆとり」という3つのテーマ領域においてロボットも貢献できると思います。

また、女性・高齢者の就労支援ということでは、女性の家事の負担をロボットが肩代わりするというのではなくて、むしろ男女共同参画の時代を背景として、男性が家事をやる場合の、その部分を補完してあげるということで、女性が職場に就くことが可能になる。そういう点もあります。

介護事業については、これから自立支援やリハビリ支援などどんどん出てくるはずですが、防災、医療、自由時間の創出、コミュニケーションロボットなど、そういうものも出てくるかと思っています。

先程と若干重複する点もあるのですが、ロボットビジョン懇談会では、2つの課題とひとつの促進策が挙げられています。「技術的課題」については、既に中山会長から詳しいお話がございましたので、「制度的課題」について説明させていただきます。「制度的課題」では、どういうことが考えられかということ、一つは人間とロボットの接触度に応じて制度を整備していく必要があるということです。例えば今まで機械を通して扱っていたものが、だんだん接触度が大きくなる。ということはクリアすべき課題もだんだん大きくなっていくということです。接触度が小さい場合、すなわち利用する人が特定され、物理的作業を行わない場合などです。コミュニケーションロボットなどがありますが、これの基準としては家電製品や玩具が参照できるのではないかと。一方、不特定な人間に対する安全の確保ということになると、登録制度や免許制度などを参考にすることができるのではないかと。他に、先程の例でもあったように、遠隔操作といったものが出てくる。ロボットが事故を起こした場合に誰が責任を持つか、といった話も出てくるかと思っています。コンピュータ関係では頻繁にハッキングやウィルスなどができています。

昔、鉄人28号というロボットの漫画がありまし

たけれども、私は鉄腕アトムよりも28号の方が好きでした。28号は意思を持っていないでリモコン操作されるのですが、リモコンを持つ人によって悪の手先にもなったり正義の味方にもなったりします。その鉄人28号のリモコンがハッキングされるとリモコンを渡さなくても悪の手先にもなってしまうということで、セキュリティの問題に発展します。

● 今後のロボット産業のイメージ

今後のロボット産業のイメージですが、約8兆円ということで、ロボットビジョン懇談会の中では、約7.2兆円という数字を予測しています。大まかには一つはロボット製造・販売産業の関係で4.8兆円。この利用支援、アプリケーションや普及事業などで2.4兆円ということを予測しています。家事支援関係については約3兆円程度の需要を見込んでいます。そういうことで、2020年以降そういう新しい分野での需要が広がるのではないかと、いろいろな産業が広がるのではないかと期待があります。

● 九州におけるロボット産業の現状と課題

それでは九州ではどうかということで、私共、経済産業局の方で調査をしました。先程の中山会長からも話があったのですが、ロボットというのはいろいろな要素技術から構成されていて、安川電機さん等を除けば九州ではロボット企業というものは無い。そこで周辺の要素技術を持っているというところに対して、可能性があるかということで700社くらいにアンケートしたところ、自分の所は確かにロボット分野で可能性があるかと答えた所が約170社ありました。アクチュエータ関係が全体の約2.6%、機構関係が約4割ということで、ロボットシステムとしては10社というか10点ですが、全体の6%くらいという状況でした。これは既に今利用している、今後利用可能だということで答えられた企業です。

併せてロボット技術のシーズですが、大学や高専等でロボット関係の研究者の方がいらっしゃるかどうかについて調査しました。この頃はまだ九州産業大学で回答頂いたのは3名だったのですが、このたびバイオリボティクス学科もできたということで、研究者の数字が増えるのではないかと期待しています。いずれにせよ、やはり圧倒的に福岡が多くて67名、約5割近くを占め、福岡、佐賀、長崎、熊本、ここで約7割程度占めているという状況です。

具体的にどういう技術シーズ、研究開発テーマを持っておられるかといいますと、例えば橋爪先生の「手術支援ロボットの開発」などがあります。詳しくは

手元の資料を見て下さい。

平成11年度から14年と調査してきたのですが、その中でいろいろと判ってきたこと、課題ということを整理したものがこの表なのですが、11年度に「九州地域における戦略的産業創出可能性調査」を行ったところ、九州の場合、自動車と並んでリーディング産業である半導体、また、これと並んでロボット産業が将来有望ではないかということになりました。

その継続として12年度「ロボット産業創出可能性調査」を行っています。その結果、産業界の状況、そして九州に研究者が140名程度いらっしゃるということがわかりました。その際に産業界の方にアンケートし、今後、次世代ロボットについてどのような分野に関心があるかを尋ねたところ、医療や福祉分野に対して高い関心がみられました。

それを受けて平成13年度に「九州の医療・福祉分野における技術調査」を行ったのですが、一言で言うと、13年度は時期尚早だったかなという感じでした。ロボット活用についてのニーズは前向きな意見と否定的な意見がほぼ同数でした。ただし、これも医療・福祉と一括りにはできないところがあって、医療現場については先程橋爪先生のお話にもあったように、次世代ロボットについてかなり前向き、肯定的な意見がありました。一方、福祉関係については、アンケートの中で詳細な説明ができなかったということもあると思うのですが、ロボットが直接介護をするというイメージが強くて、いわゆる鉄腕アトムが要介護者の方の世話をするというイメージが強かったせいか、拒否反応があるとか、そういう意見が多くありました。また、どうしてもコストパフォーマンスが十分ではないという意見もありました。しかし一方、入浴、食事支援、移動支援などに対してのニーズは多くみられました。

14年度に再度ピンポイントでロボット関連技術を保有している企業の実態把握の調査を行いました。経済産業省としてロボット技術開発等についていろいろな支援メニューができたことから、そういった技術シーズを持っている企業に対して、政策の集中投下をできないかということを狙って、研究者の方に加えて保有する企業の把握を試みました。結論としては、ここにあるように、少数の専業メーカーがあるということと、多数の兼業メーカー、どちらかという部品ですが、そういうメーカーが存在する。そして多くは自分の所でロボット関連技術であるとか、部品を作っているという意識がないということがわかりました。総括すると、アームなどの機構部品やアクチュエータ、そういうところに関する技術

保有が多かったというところですよ。

課題として価格ですが、次世代ロボットの場合、市場が家庭とか公共分野、医療・福祉の福祉分野という所になってくると、コストパフォーマンスとして、ある程度価格が下がってこないと入ってこない。卵と鶏の関係のように、価格が下がってこないとなかなか普及しない。普及しないと化学が下がらない。それと具体的な市場、ニーズというのが見えていないということが産業化のネックになっているようです。次世代ロボットについての需要と言う所ではそういうところが課題ではないかと思われま

● ロボット産業振興に向けた経済産業省の取り組み ＜技術シーズの実用化促進＞

次に、振興に向けた経済産業省の取り組みに入りますが、一つは「技術シーズの実用化促進」というものがあります。15年度に中小企業総合事業団の方に交付しましたが、そちらの方で製造現場以外で活動される次世代ロボットに必要な要素技術の開発を支援します。九州では2件。これはいずれも福岡県内で採択されています。

そして今年度から、次世代ロボット実用化プロジェクトが始まりました。大きく2つで、一つは「実用システム」、そして「プロトタイプ」というものです。これらの詳細ですが、実用システム化推進事業として、これは予算規模は15億円なのですが、既に実用段階に入っているロボットで、例えばテムザックさんがやっている警備ロボットや日立等が出している掃除ロボットなど、実用段階にあるロボットにいろいろな機能を付加することで、実用にもっと耐えられるものを積極的に推進するために、次の5つの分類に絞り込んで、重点的な研究開発を行っています。

- I. 掃除ロボット
- II. 警備ロボット
- III. チャイルドケアロボット
- IV. 接客ロボット
- V. 次世代のインテリジェント車いす

今回の次世代ロボットプロジェクトの目的は、一つは研究開発で、もう一つは実証実験です。普通の場所では道路交通法などの制約があり、実証実験は難しい。実用システム化推進事業では、17年度に開催される名古屋での「愛・地球博」の会場において6ヶ月間の実証実験を行うことになっています。そこではいろいろなデータを取ると共に、来場される方に対して普及、PRを行い、研究開発と実証実験の場を提供するという、2本立ての取り組みになる

はずです。福岡市、北九州市はロボット特区に指定されていますので同様の試みが可能になります。

次に「プロトタイプ」ですが、実施時期を 2020 年としていて、2020 年において生活分野、公共分野に幅広く応用される可能性のあるものについていろいろなアイデアを出してくださいということです。これは実用化というよりもプロトタイプということで、現段階では、まだ十分に実用化はできないけれども、2020 年頃には幅広く広がるのではないかと思われるもの。介護であるとか、家庭生活支援、教育などです。プロトタイプについては、本年 3 月 25 日まで応募があり、全国で 250 件の申請が来ています。そして最終的には約 5 分の 1 程度くらいに絞られるのではないかと思われます。

これも研究開発と実証化実験がセットになっているのですが、6 ヶ月フルでデモと実証実験を行うというのは困難ということで、2 週間程度の展示ブースの中でのデモ、ステージ等の中でのデモによりデータを取って、その後いろいろと改良を重ねてもらって、2020 年くらいに市場投入ができればというようなことを支援するということでもあります。

<環境整備と市場創出>

次の取り組みは、「環境整備と市場創出」です。これはやはり先程の話にもありましたように、技術開発だけでは新しいロボットの市場が広がらないということで、環境整備を行ったり、市場創出ということについて取り組んでいます。

一つは「新市場創出支援事業」ということで、先程紹介しました中小企業総合事業団の事業で、昨年度からスタートし、今年度も行う予定にしています。昨年「国際ロボットフェア 2004」ということで、主催は中小企業庁と九州経済産業局で、共催として福岡県、北九州市、福岡市が協力し、盛会のうちにロボット見本市とロボット会議を開催できました。これについては国・県・自治体そしてロボット産業団体との連携ということで、非常に盛り上がりました。この動きにより、九州と福岡県でのロボットに対する取り組みが熱心だということが中央の方でも評価されました。そういう情報発信ということについても効果があったのではないかと考えています。

特に後段の世界ロボット会議では海外の一流の研究者の方にも集まっただき、プレゼンテーションやパネルディスカッションをやっていただいて、世界ロボット宣言ということを採択しました。

世界ロボット宣言については余談がありまして、戦争とか軍事利用をやったことがない日本と欧米の

感覚の違いがあるのを痛感しました。実は、ロボット宣言の素案にロボットの平和利用という文言を入れていました。日本人の感覚としては総論的に誰も反対する人はいないと思って、何気ない文言として入れていたのですが、それについてアメリカやヨーロッパの研究者の方からクレームがきました。軍事目的利用というのも最終的には平和利用を目指すものだけでも、平和利用しかできないというのは、このテロの時代にそぐわないから同意できないというものでした。決して政府がらみの人間ではなく、一研究者なのですけれども、そうでした。これはいけないと思い、急遽その文を削除し、産業振興というような話に置き換えて随分汗をかきながら調整したという記憶があります。

それから、もう一つの環境整備・市場創出として、17 年度に名古屋で開催される「愛・地球博」での次世代ロボットの展示・デモ、これもかなり重点的な PR であるし、いろいろ市場等やデータも取れる場として活用して行きたいと考えているところです。

最後に、「国際ロボット見本市 2004」を開催した時の出展者へのアンケートの結果をご紹介します。私共、経済産業省としてはロボットの産業の新しい市場を作るといったことについて重点的に取り組みたいという点から、出展された方の反応というのが非常に気になるころでした。会期中のビジネスの成果はどうであったかについての問いに対して、成約があった、引き合いがあった、という回答が多くみられました。また、今後接触したい企業等についてどうだったかとの問いには、あの時に 157 社ほど出展があったのですけれども、その出展者同士の中でビジネスパートナーや提携先として非常に接触したい企業があったとの回答がみられました。

また来場者ですが、やはり見本市ですので、来場者のビジネスにつながらないといけないのですが、投資先や融資先、あるいは取引先や提携先として接触したいとの回答が数多く寄せられました。

総合的な満足度については、「大変良かった」を含む「良かった」とする回答が半数。「普通」まで含めると 95% 以上という高い評価でした。この種の見本市としては、例をみない非常に反響の高い催しになったのではないかと考えています。

我々、九州経済産業局としてもロボット産業の振興に向けて取り組んで行きたいと思っていますが、このたび九州産業大学にバイオロボティクス学科ができたということで、非常に期待しておりますし、ここにお集まりの関係者の皆様、加えて未来のロボットエンジニアになることを目指しておられる学生

の方々にも是非頑張ってくださいと思います。

これにて私の話を終わらせていただきます。ありがとうございました。

司会者

どうもありがとうございました。国の立場からのロボット産業の将来についてのお話でございました。先程から先生方にご質問を受け付ける時間もなくなり過ぎ去っていますけれども、パネルディスカッションの時にまたご質問をお受けしようと思っております。

司会者

では、ただいまよりパネルディスカッションを開催いたします。パネリストとしましては、先程講演いただきました3名の先生方、それから本学のバイオロボティクス学科の榊泰輔教授を加えまして4名のパネリスト。そしてコーディネータといたしまして機械工学科の日垣秀彦教授にご登場いただきます。それでは日垣先生よろしくお願ひします。

パネルディスカッション

「長寿社会におけるバイオロボティクスの展望」

パネリスト 橋爪誠氏、中山眞氏
植木謙治氏、榊泰輔氏
コーディネータ 日垣秀彦氏

日垣先生

それではパネルディスカッションを始めます。本学工学部では創設 40 周年を迎えまして、先輩諸氏が 40 年の伝統を守ってこられた機械、電気、工業化学、土木、建築という工学の基盤をなす学科構成を基礎として、新たなる先端的な学問分野を追加することで、産業界のさらなるニーズに応えていきたいということで新学科を設置しました。それがバイオサイエンスとロボットティクスを融合させたバイオロボティクス学科です。学界を見渡しても、ロボットに生体のメカニズムを応用する、また医療福祉分野にロボティクスを導入する。この双方向の考え方が最先端のトピックスになっています。また産業界においてもこれらのキーワードを習得した人材の輩出がこれからの社会に不可欠になってくるのではないかと考えます。

そこで本日は「長寿社会におけるバイオロボティ

クスの展望」をテーマに、産学官のそれぞれの立場から幅広いご意見を頂き、今後の研究及び教育の参考にしたいと思います。

まず始めに、バイオロボティクス学科の設置の背景と目的について榊教授から簡単にご説明いただき、しかる後に議論に入りたいと思います。

<バイオロボティクス学科の概要>

榊先生

バイオロボティクスという学問の背景、バイオロボティクスという学問の中身、またこれから巣立つ学生の諸君、エンジニアとしてどんな分野で活躍していくか。またそういうエンジニアを育てるための本学のカリキュラムの中身についてご説明します。

ロボティクスというのは元々機械、電機、メカトロ、情報分野が融合してできた新しい領域として生まれ、そして産業界で実際に産業用ロボットが活躍している領域と考えることができます。

他方のバイオサイエンスも広い領域ですが、その背景には生体工学、工学の分野からの機械工学、またそれに情報が加わってこの領域を形作っています。具体的には人工関節などの生体の材料に関する産業が学問と共に育ってきています。そして、長寿社会、高齢化社会を眼前にして、医療・福祉における新しい学問分野として、同時に産業として期待されているというのが現状です。このような状況に対応するために、本学ではバイオロボティクス学科を設置し、その中でロボティクス、バイオサイエンス、また医療工学、福祉工学を統合して新しい技術及び産業の創生の場を構築すると共に、新しいタイプのエンジニアを育成したいと考えています。

先ほど学部長からも「バイオに学び、ロボットに活かす」という言葉がありましたけれども、バイオロボティクスはバイオサイエンスとロボティクスを融合した領域になっています。

バイオサイエンスはここに骨の構造であるとか、スポーツをしている人の絵が出ていますが、こういう体の構造、機能、また運動するというものを研究する学問の領域です。これらを追究していく中で、人体、生体、動物の高次機能を追求していく。

一方、ロボティクスの方は、センサー、機械、電気、制御ソフト、知能化こういうものをシステム的に組み合わせた融合領域ですが、新しいロボットをつくるためには、バイオサイエンスで得たいろいろな知識を巧みに応用し、新たなタイプのロボットを生み出すことが求められます。

もう一つは、生体の高次機能をうまく活かしたロ

ロボットを使うことにより、さらにバイオサイエンスに近い領域になりますけれども、医療・福祉、健康の分野で展開できることになります。このようにサイクルが回るような感じで学問領域を確立して行きたいと思っています。

次に、具体的にはどういう分野が考えられるのかということですが、例えば福祉機器が挙げられます。これは多自由度の関節を直すためのリハビリ装置の開発を示しています。また、このように歩く時にいろいろな装具をはめて、人間の回復を早めるようなリハビリロボット。さらに、先程お話しがありましたような手術ロボット、それから身体に埋め込む人工関節。こういう生体材料の分野でも活躍しています。スポーツや健康の分野においても、いろいろな運動の解析やスポーツの指導が可能で、それから骨の細胞を取り出していろいろと骨が修復される仕組みを研究しています。これも本校で実績の上がっている分野です。このように生命科学の分野、メカトロ系の分野、ロボット系の分野といろいろな分野に幅広い応用展開ができるものと期待しています。

次に、学科のカリキュラムについて説明します。創造的な力を持って新しい時代に活躍して欲しいエンジニアを育成するために、当学科では基礎科目の他に、ロボティクス系のカリキュラム、またバイオサイエンス系のカリキュラム、また選択科目としていろいろな具体的な分野のカリキュラムを用意しています。ロボティクスの分野では、例えば設計に近いバイオデザイン系の分野、それからロボットも当然学びます。それに情報系の分野です。医療情報にもこの分野は関係します。バイオサイエンスの分野では生体の運動解析であるとか、生体の適合材料、新素材などを学んでもらいます。このような分野の外側には今迄確立してきた電気工学やロボット、福祉工学、情報・生体工学、機械工学、医療工学という幅広い分野が存在していると考えてよいと思います。そのように捉えていただいて、いろいろな分野を幅広く勉強していただき、そして次世代に対応できるようなエンジニアとして育てていただきたいと願っております。

日垣先生

バイオサイエンスとロボティクスの融合というお話でしたが、これは2つの考え方ができると思います。一つは生体のメカニズムをロボットへ応用するという。もう一つはロボットを医療・福祉現場へ導入していくということです。先ほど橋爪先生からは医療現場に導入された手術支援ロボットを紹

介していただきましたが、そういう中で生体のメカニズムをロボットに応用していくというような試みがありましたらご紹介下さい。

<生体のメカニズムのロボットへの応用>

橋爪先生

ロボットを生体内で動かすとするとそのエネルギーをどうするかということが非常に問題になってきます。また、非常に小さな虫などは意外とおもしろい仕組みで自分で動いているのです。特に繊毛という小さなあごひげみたいなものを使って動くというメカニズムがあります。動物の動きや機能を一つひとつ解明して生体の中に埋めさせたり、あるいは身体の中に潜ませておいてセンサーとして利用したり、必要な時にロボットを動かして、あるいは巡回させて健康管理を維持していく考えの研究が進んでいます。

今ある研究としては、歩いたり、物を運んだりする人間の運動機能を解明して、それを支援するロボット。これは特に介護などの領域で既にパワースーツなどに応用されています。

日垣先生

非常に先端的な研究で、マイクロロボットなどへの応用が考えられようと思いました。さて、先ほどの中山会長のご講演からは、日本のロボットのシェアが伸びてきている、また日本の高い技術力、高い精度、そういう高い付加価値に即してそういう現象が起こってきているというお話でしたが、これら高い技術の先にバイオ技術の応用ということが企業の課題でもあると述べられておりましたが、アクチュエータやセンサーの開発という産業界での動向において、何か近い将来そういうバイオ技術がロボットに導入されていく可能性はありますでしょうか。

<バイオ技術のロボットへの導入に関する産学連携>

中山先生

その前に、次世代ロボットに関してどういうことをやっているかということをお話します。先ほどトヨタが作ったトランペットロボットの話でしたが、あの中に約40の関節がありまして、それがこの絵で言うとロボットの腕という所に、赤い所があります。アクチュエータが関節に変わります。これは簡単に言えばモーターと検出器とトルクを出すためのギア（減速機）これが非常にコンパクトにまとめられたものなのですが、それが現在やっていることの一つ。

これは腕とっていただきたいのですが、腕の中に左側の下の方に減速機とモーターと位置検出器がありますが、これが非常にコンパクトに一体にまとめられていて、これが 40 個くらい組み込まれているということなのです。これを動かすためには右下に小型モジュラーサーボパックというものがあります。これはモーターを動かすアンプリファイヤなのですがこれが必要です。これがモーター 1 台にそれぞれ必要です。それ全体を統括するコントローラが必要です。そういうことでこういうものがどんどん小型化されていて、左側の方のモーターだと直径 2 ミリからのモーターができるようになっていきます。

それから先ほど多指ハンドというお話をしましたが、これは掴む指なのですが、これは掴むと同時に、あまり人間の力に逆らわずに、人間の力に勝たない程度に動かさないといけないという、非常に難しいものです。勝ってしまうと今度は人間が何かの時にやられてしまいますから。

こういうものがだいたい関節だけで 40 個くらい使われている。指になるとこれを全部、足も含めるとだいたい 50 くらいあります。こういうものをやっていく際に何が課題かという、まず大きさ、重量、動く速度、それから全体的にこれを動かすためにエネルギーをどれだけ節約できるかという省エネルギーの問題、こういうことが課題になってきます。

今、産業界では自分達だけではなかなかこの問題に対応できないということで、お互いに力を出し合って得意なところを交換しましょうというような、いわゆるアライアンスブームになっています。アライアンス（同盟）を組んで、ひとつの仕事をやろうということです。しかしこのテーマに関して言うとなかなか産業界だけでは限界があって、やはりここに学が入って頂かないといけません。生命の持っている優れたものをここに使いたいと思っているのですけれども、これは産だけのアライアンスではなかなかできない。産としてどういうものを期待するかということをもう少し明確に出さなければいけないのですが、そういう非常にかっこのテーマであると私は期待しています。

日垣先生

非常に新学科にとって励みになるようなお言葉であったと思います。先ほどの植木様の講演では、福岡、北九州ロボット特区という背景があり、また久留米ではバイオに関するプロジェクトも動いている。こういう福岡という恵まれた背景において、九州における研究助成や、特許出願、また産学のマッチン

グ等を通して、ヒントと言うか、これから我々が取り組むべきバイオリボティクスの融合した技術、または他での研究の開発動向がなにかありましたら情報としてご提供下さい。

<バイオリボティクスの研究開発の動向>

植木先生

研究開発動向というのはなかなかデータの的には難しく、特許等も調べてみたのですが、ロボットという分類が分野別にもないのではっきりしません。先ほどの説明の中で、九州管内で関係する先生方が約 140 名いらっしゃると申しましたが、分野別では、ロボットシステム全体が大体 36 名で 26 %、アクチュエータ関係が 8 名、ロボットシステムに次いで多いのがソフト系で 4 割ぐらい、制御系が 14 % といったところですね。この大半は九州大学の研究者のようです。

それから、先ほどの次世代ロボットプロジェクトのプロトタイプについてですが、全国で 250 件の申請があり、その中で九州は 20 件弱ということですね。そのうち企業からの提案は残念ながら安川電機さんくらいで、ほとんど大学の先生方からの提案です。研究シーズはあるけれども、今の市場では産業ロボット以外における企業の進出は難しい感じですね。自動車は部品構成が 3 万点にのぼるらしいのですが、ロボットも 1 万点を超える部品があり、次世代ロボット等は市場が拡大していくと、その裾野にピラミッドのようにそれを支える関連産業が出てくるのではないかと期待があります。

次世代ロボットビジョン懇談会によれば全体で約 7.2 兆円の産業になるとのことですが、3.2 兆円くらいが家事や在宅介護の労働代替です。7.2 兆円の市場というのは、どちらかというとロボット自身の市場でして、その下にぶら下がっていく関連産業はもっと広がりが出てきますので、その辺を非常に期待しているところですね。

経済産業省には、いろいろな研究開発関係の助成や支援スキームがあります。要素技術として、これがロボットに部分的に使われるのだろうといった感じの研究開発、提案というのはあるのですが、全体としてこれはロボットという形での開発はみられません。九州ではバイオ関係で地域コンソーシアムや地域総合補助金などで採択されている事例がたくさんあります。そういう意味で、バイオリボテクノロジーとロボティクスの融合という分野は期待されるわけで、そういう面では九州も有望ではないかと思われれます。

日垣先生

ニーズ、シーズという観点からお話しいただきました。次に、工学におけるバイオリボティクスのメカニズムをロボットに応用する観点から、最先端の事例を含めて榊先生にご紹介していただきます。

<バイオリボティクスのメカニズムのロボットへの応用>

榊先生

やはり新しい産業、あるいは学問を確立するためには、従来の機械工学、メカトロ、ロボットなどの工学分野と共に、人間や動物の身体の仕組みや機能をよく理解しておくことが重要です。

本学では、例えば人工関節の開発が日垣先生を中心になされていますが、材料の開発は工学の分野に属するのですが、そういう開発と共に関節として埋め込んだ場合の挙動、運動がスムーズにいくかということや、耐久性、毒性も含めて人間の仕組みから考えてどうなのかということも含めてきちんと解明しておく必要がある。

また、骨細胞による骨の修復のプロセスに関する研究が蔵田先生を中心に実績が上がっているところです。そういうものを工学の分野に応用する時には、人工修復機能を持つインテリジェントな材料に展開できると思いますが、先ほど中山会長からアライアンスの必要性についてご発言がありましたように、学の方から生体について様々な解明が進んでいる実績を産の方にアピールしていくべきであろうと感じていますし、当学科としてはそういう仕事が山ほどあると感じています。

日垣先生

それではバイオとロボティクスの融合ということで、今度は逆にロボットを医療福祉分野へ応用するという観点からコメントを頂きます。先ほどの橋爪先生の講演ではゼウスやダビンチの使用例をご報告いただきました。また、福岡県ロボット特区に関連して、中山会長のご講演にありましたようなロボットに関するこだわり、限界というものを実証していくという背景もあります。我々エンジニアがお手伝いできる内容で、これからブレイクスルーが必要だと感じることや、技術的に今から必要になってくるとお感じになることがあればご紹介下さい。

<ロボットに関する工学と医療福祉分野との連携>

橋爪先生

中山会長のご講演にありましたように、あれだけの優れたロボットの技術が目の前にあって、それが

本当に医療の分野にまだまだ全然浸透してきていないというのは非常に残念な感じで見えていました。

例えばイスラエルのカプセル内視鏡もそうなのですが、そういう工学系の優れた技術が今ようやく医療の分野に少しずつ入ってきています。先ほどのピンポイントで動くロボット、あるいは協調して動くロボット、あれはマイクロあるいはナノのオーダーで正確に動くわけです。今我々がやろうとしている遺伝子治療についても、まさに遺伝子の配列がわかってきて、ある細胞の遺伝子配列の中で特定の遺伝子を組み込む作業であるとか、そういうピンポイントの作業が恐らくこのような工学系の技術から可能になると思うのです。そうなるとうざわざ外科手術などをやらなくてもよいようになります。遺伝子操作を工学系のロボットの今ある技術をもって正確にできるようにする。そしてその成果を実証することも可能になる。

医療の分野にそういうものを持ってきたときに、やはり心配するのは暴走しないかとか、安全性はどうか、品質はどうかといったことが問題になってきます。しかし、工学系の方はそれを全部ログ（記録）に取ることができ、実証が可能です。今まで我々医学者はただ漠然と経験だけでやって、それを徒弟制度のような感じで習っていたのですが、工学系のようにいろいろな技術の成果について全て記録を取ることを通して、さらに正確に標準化したり、あるいは一番ベストなものをその中から追求することができる。そういうことから新しい治療体系が生まれる可能性があると思うのです。

意外と私達は工学系の先生方がどういう技術を持っているか知らないし、逆に工学系の先生方も医学系にどこまで何がわかっているのか知らず、お互いに分かっていないところが多いと思うのです。福岡の町の中にたくさん大学があるわけですから、お互いに交流を深め、ディスカッションを行うことにより、新しいものの発見が生まれてくるのではないかと思います。

日垣先生

次に、現在非常に早いスピードで高齢化が進んでいることを背景として、ロボティクスを福祉へ応用するという観点から、福祉分野におけるロボットの開発動向について、榊先生から現状をお教え下さい。

<福祉分野におけるロボットの開発動向>

榊先生

福祉の分野ではやはり自立支援ということがまず

第一に挙げられます。障害者や患者本人の自立をいかに助けるかです。食事を自ら器具なしでは取れない人が自分で取れるようになって、好きなものが食べられる、それを支援するロボットが開発されています。もう一つは先ほどの講演の中にもありましたけれども、介護をしている人を支援するというような形のロボットの応用もあります。また、リハビリということで、病気になった方が回復を早めるため、今は療法士の方がやっている作業を肩代わりするというような分野があります。この分野については、日垣先生の研究室でも、関節手術の後に回復を早めるためのいろいろなリハビリ装置の開発を行っています。それが関節に対してどういう影響があるか、MRI や X 線なども使って踏み込んだ研究を行っています。私も安川電機に 20 年近くいましたが、その時にやはりリハビリ装置の開発に携わっておりました。そのとき、福祉の現場のニーズをきちんと理解することが工学系のエンジニアには非常に難しい課題であるということを感じました。きちんと仕様が決まってしまうと、求められる品質に基づいてものを作り上げる技術をメーカーは持っているのですが、それ以前の何を作ればいいのかというところで時間がかかってしまうのです。そういうこともこの新しい学科では教育の中に盛り込んでいきたいと考えます。

日垣先生

会場の皆様にもロボティクスの最前線、またバイオとロボティクスの双方向の技術というのが理解されてきたのではないかと思います。

客席の最前列にはバイオロボティクス学科に今年入学の 1 年生が 61 人います。電気、機械、化学など、バイオロボティクスに関係する学科の学生も参加しています。それで、これからのエンジニアに求められる、特にバイオやロボティクスに関するエンジニアの資質や可能性について、それぞれのお立場から、どういうことを学んで、どういうことを身につけて、どういう分野でそういうことが生かされるかということについて、一言ずつ頂きたいと思います。

<エンジニアとしての情熱>

榊先生

橋爪先生の方から医療と工学との交流が少ないとのお話がありましたけれども、私も本当にそうだと思います。幅広い分野を身につけて、いろいろな世界があるのだというのを勉強していただきたいと思います。中山会長からロボット特区を活用して限界

に挑戦したいとのご発言がありましたが、やはり新しい産業、新しい学問を確立するためには、エンジニアとしての情熱を持ち続けることが大事なのではないかと思います。

日垣先生

植木様、先ほどのご講演でロボット活用のニーズ調査においては医療では肯定的な意見があるが、福祉では拒否感がまだまだあるということでしたが、これから先を見越しての人的ニーズなどについてご意見をお願いします。

<福祉分野における人とロボットとの関係>

植木先生

調査自体が 13 年度実施で、今考えると調査時期が早かったという感じがあります。今調査するともう少し肯定的な意見が出てくるのではないかと思います。

それから福祉とロボットの関係ということでは矛盾する所を持っています。今オートメーション化が進み、IT が進んでいて人がいらなくなってきて、雇用の受け皿が結構福祉の方に行っているのです。その分野まで機械が取ってしまっているのかという気持ちがないではないのです。しかし、人は人として必要だろうし、一方、人ではやりにくい分野、家事や在宅介護の労働代替に一番市場が多くあるのではないかと見込んでいますが、そういう分野あたりがロボットでの福祉ということになるのかどうか。

また、中山会長のお話にもあったように、産業としてやっていくためにはあまりにも多品種だとなかなか採算が取れないということがあります。その点で有望なものとしてはインテリジェント車いすがあげられます。今、電動三輪車のようなものが増えていますが、あれがもっと小回りよくできると、ウィンドショッピングを楽しんだり、外を散歩を楽しむを実現できると思います。そのように人では代替できない部分、そういう分野にはロボットもいいのではないかと思います。そのような機能に加えて、先ほど橋爪先生がお話されたように、簡単に血圧や心拍数が取れる技術も出来ているので、そうすると高齢者などがロボットで街中にでかけていても何かあったときにそういうデータにより危機を知らせてくれる。そういうのが出てくると非常に発展性があるのではないかと考えています。

日垣先生

この会場に居る学生達にとって将来の就職が一番

興味のあるところだと思います。メカトロニクスロボット開発企業のお立場から、中山先生にお話しをいただければと思います。

<ニーズの把握とエンジニアの資質>

中山先生

3点あります。一つは、ロボット事業は非常に有望であるということ。これは皆さん確信を持っていただきたいと思います。一つひとつのニーズを捉えると、世の中にニーズが広がり、それが顕在化してくるということがありますが、ロボット関係はそれにあたります。

もう一つは、経済産業局の植木さんを前にして大変おがましいのですが、国として新しい産業を作らないといけないといろいろ言っているのですが、なかなか進んでいない。国はIT・BT・NTという3つのTを重要キーワードとして強調しています。ITはわかりますね。NTはナノ、Bはバイオ。そのうちロボティクスというのはITに入れられているのですけれども、今度のバイオロボティクスなどは、ITとBTを二つ取っているのです。えらく欲張りな学科ができたものだと私は思いますけれども、そういうものをキーワードにして新しい産業を作っていくかといけません。

日本の産業構造にとってほしい国のGDPが500兆円くらいありますが、実は40兆円くらいの産業を創造しないと、今例えば建設業が多すぎるとか、流通関係が過剰すぎるといことが解消できないのです。先程8兆円といいましたけれども、これが5つくらい育たないと日本の産業構造の変更はなかなか進まない。この必要性ということからと、ロボティクスに対するニーズという点からみて、この分野には大いに期待していただきたい。

また、先ほどの榊先生のお話のように、多分に応用開発をしなければいけない。いろいろなものの形はできますけれども、ほしい何に使うのか、どうして使うのかと言うところについての議論がまだまだ足りません。応用分野をどのように見出し、どのようにロボットを作っていくかということが非常に大きな課題です。

先ほど橋爪先生に手術で一番簡単なのは胃腸系ではないですかとお尋ねしました。というのは一番通る所が多いですから。そして一番難しいのは神経系ではないですかと。しかし、先生は違うとおっしゃる。逆だと。というのは神経系は動かないが、胃腸系は動いたままで手術をする。循環系もそうですとおっしゃる。それで、位置決め精度はどのくらいで

いいですかとかがうと、ミリ単位でいいとおっしゃる。ミリ単位くらいの位置決め精度であれば、今のロボットの技術で言うと、コンマ1ミリの精度まで出せるのです。しかも間ががっちりしていればマイクロオーダーまで出せます。そういう世界ですが、確かにそういう用途、ニーズというものを我々はまだ知らない。

産業用ロボットがここまで発達したのは実は自動車産業に育てられたのですが、お客様である自動車産業からいろいろなことを教わりながら、我々なりの技術を出して、そこに接点を見出してこれだけ育ってきたということが言えるのです。

そういうことでは我々は医学界に対してそういうアプローチもあまりしてこなかったし、お互いに接点が少なかったのではないかと思います。そういう現場におけるニーズの把握、観察眼、観察の態度、これが非常に必要ではないかと思います。

テレビ番組で動物がいかんして生きて、どういふふうにやっているかということをお細かく撮っていて、よくあんな写真を撮るなと思うのですけれども、ああいう意味での観察が大切で、しかもロボットにどう応用するかという目的意識を持った把握というのが必要ではないか。

最後に、これも榊先生が言われたことですが、学際的、つまりこれはある意味では総合技術になってきます。私共はコンピュータメーカーではありませんが、コンピュータを使う技術はきちんと持っているなければいけない。いわゆる機械だけ知っていればいい、電気だけ分かればいいということではいけない。先ほど話題になった機械、電気、情報、それに材料、通信題など、いろいろな分野が絡んできます。そういうことで、興味の対象を幅広く持っていたいただいた方を企業としては一番歓迎するということになるかと思います。

日垣先生

最後に、バイオロボティクスやロボティクスを学んだ学生の医療現場での活躍の可能性について、橋爪先生からお話しを頂きたいと思います。

<医療分野での活躍の可能性と学ぶ姿勢>

橋爪先生

活躍の場ということですが、一つは研究領域があります。ご存知のように我が国では3人に1人はお年寄り、周りを見渡せばお年寄りばかりという、それだけ高齢者が非常に多い長寿社会に入ろうとしている。世界でも非常にまれな国ですが、年寄りに

なって何が変わるかという、機能が落ちるわけです。若い時のようにピチピチとした元気な臓器の姿はなく、あらゆる生体の機能が落ちてくるわけです。それで医療というのは何をするかという、その落ちてくる機能を少し支えてあげよう、そして質の高い生活を送らせてあげようということなのです。そこで是非言いたいのは、はっきりとした目的と目標を持っていただきたいということです。特にバイオロボティクスということであれば、対象は明らかに生体であるし、もしそれが医療の分野であれば質の高い医療を目指すものであると思うし、これがもっと広い生活あるいは福祉の分野までを含むとすれば、生活すべてがそれを目指す人たちの活動の場です。日常の自分達の生活と照らし合わせて何をしてあげると生活の質が高くなるかということと考えたら直ぐにわかることなのです。ですから、そういうはっきりとした目標と目的を持って毎日を過ごしていただきたい。

今、我々は、工学系の卒業生に医学部の中に入れてきて頂いて、一緒に研究できるよう医科学の大学院を設置しています。同じように九州産業大学にもバイオロボティクスという新しい分野ができたわけですから、このキャンパスの中に逆に我々が入ってこられるような場を是非つくっていただきたい。そうするといろいろな場所に皆さんが働く場所が生まれてきます。実際に病院の中だけではなくて、日常の生活の中でいかに我々が快適な生活を送ることができるかという観点から、それを支えるロボティクスがあり得るのです。皆さんが考えている、想像している以上に働く場所がこれからたくさん出てくると確信しています。そういう点で、今日はあまり議論がなかったのですが、情報をいかに制御するかということが大切になってくるのです。ロボティクスも結局は情報なのです。

特に、医療の中では制御を如何に精確に行えるか、情報をいかに正しく掴んでそれを基に実行するか、手術であれば画像を如何にうまく使いながら治療をするかが重要なのです。手術中に鉗子が危ない領域に絶対近づかないように、術者とは独立したシステムで、失敗しないようにちゃんと制御してやれば、安全に治療することが可能となります。そのようなネットワークも一緒に考えて仕事をしていただきたいと思います。

最後に一言。キャンパスの学科で学ぶのはサイエンスの部分です。しかし、社会では、アート、技術、訓練、教育の部分、あるいはどれだけバイタリティーを持って仕事をするか、人間性そのものが見られ

ると思うのです。ですから、どの分野に行っても、皆さん自身がどれだけやる気があるかということが、その分野でリーダーとして活躍できるか否かを決めるのではないかと考えております。同じ福岡の中で、中山会長の所であろうと、ドンドン門を叩いて入っていくべきだと思うのです。そうすると必ずまた新しい次の道が開けていくのではないかと思います。

日垣先生

最初の学部長の挨拶にもありましたように、日本で唯一の名前を持っているこのバイオロボティクス学科、この学科の船出に際して非常に励みになり、また勇気付けになるお言葉を頂きまして大変ありがとうございました。

それでは、フロアから質問やコメントがありましたら1つ、2つお受けしたいと思います。

<機械と人間の関わり—知覚、恐怖感、確実性> 質問者

3点の質問をさせていただきます。まず、機械と人間との係わり合いということで。医療用の手術ロボットの話がありました。昔は手術をするときに手で見ながらやっていたわけですが、ロボットで手術をやる時は、ただ中から出てくる画像だけを見てやっている。そうすると古い熟練工の方から見るとあんなのは手術ではないと言われる方もいます。人間の知覚というのは機械的に情報が入ってくるよりも、それ以上のことを直感的にたくさん得ているわけです。それをこういうロボット技術などをするときどういうふうに統合してやっていくのか。いわゆる相手からのシグナルをどれだけうまく組み合わせていくかという、そういう技術をこれからどうすればいいか、お尋ねします。

もう一つは、ロボットに対して患者さんが恐怖感を感じないかということです。これは人間とロボットが関わり合う時に非常に大切な問題だと思います。どのようにお考えかお聞かせいただきたい。

最後にもう一つ、ロボットで手術をした場合の医療事故の取り扱いについて。産業用のロボットの場合には何か事故を起こしたら生産がストップするだけで済みますけれども、人間の場合はそうはいかない。それを抑えるためにはどういうことをするのか。例えばNASAの宇宙ステーションなどでは、大切な部分はすべて2通り用意しておき、片方がダメならもう一方が補うと、そういうことをやっています。人間の生体機能の中でも、例えばDNAは2つあり

ますが、そういう生命機構から学んでNASAの連中はうまく使っているわけです。そういう確実性が特に手術の場合は大切だと思うのです。そういう点ではどう考えられているのか。以上3点について、これは機械と人間の関わりという点で大切だと思うので質問したいと思います。

橋爪先生

本当に大切な問題だと思いますし、この問題が解決しないとロボットによる手術もなかなか普及しないだろうと思います。

まず第一点についてですが、ご指摘のとおり今まで本当に自分の手で触り、自分の肉眼で見ながら確認してやっていた。それが一切間接的な作業に変わったわけです。全てがモニター、全てが鉗子、あるいは場合によっては電気的なシグナルを通して遠隔操作に変わってしまうわけです。そういうものをどうセンシングするかということが、ある意味で今後の研究の大きな課題でもあるわけです。どうすれば効果的に人を育てられるか、どうやると効果的に技術を学べるか、あるいは操作そのものをやれるかということの研究をしています。というのは本当に今我々が感じている感覚そのものをフィードバックしてあげればいいだけのものなのか、あるいは視覚的な情報としてそれを術者にフィードバックしてあげればいいのか、いろいろな仮定があるのです。そして今の時点でわかっているのは、必ずしも感覚のフィードバックはいらないのです。本当に視覚や触覚などの経験を頼りに手術をやってきたのですが、情報として必要なものは、実際に癌がどこにあるのか、その正確な位置座標がわかれば、目的はその癌を確実に治療することですから、触る必要は必ずしもないのです。ですから、今までの治療の概念を変えて、目的は本来何であるかということから出発すれば、それに必要な情報は何か、正確な分子レベル、あるいは細胞レベルでの情報をいかに正確に戻してあげるかということになるのです。それが可能であれば、今までのように正常に動いている所まで大きく切る必要は無くなります。それは集束超音波やレーザーなど、いろいろなエネルギーを利用して癌の1個1個の細胞の空間位置座標が分かれば、それをめがけて標的治療ミサイル療法ができるのです。そういう意味で、これから工学系の皆さんの活躍の場が増えますし、今までの概念を全く変えるような治療法がこれから生まれて、チャンスが出てくると思います。

2番目のご質問は、ロボットを相手にする際の患者さんの恐怖感についてですが、まさにその通りで

す。我々実際にダビンチで手術を62人の方にやっています。患者さんがよく質問されるのは、第一に「ロボットが手術するのですか」、「先生が手術されないのですか」という点です。ロボットを使って手術することはいいように思われるけれど、しかしまだ信頼がないのです。やはり医者に手術をして欲しいというのが根本にあります。要は人間対人間の約束事なのです。そのコミュニケーションがしっかり取れていなければ、例え良いロボットを作っても信用されないと思います。逆に、患者と医師の信頼がうまく取れていると、全てお任せしますといわれるのです。ですから、その人間と人間との関係をきちんと作れるかどうかは医師としての資格だと思います。そういう意味での医師の教育をやはりきちんとやらないといけない。そうでないと、どんなにいい物を作ってもそれに対する信頼が得られない。しかし、さらに言うならばそれを越えるようないい物を作りたいとは思っているのですが。

3番目の医療事故の件ですが、去年はいろいろと新聞その他で医療事故が騒がれました。これは多分に初歩的なミスであったり、組織内部の問題が起きて起こったミスだと考えます。確実にを行うためには、ご指摘のように、本来NASAのように2つのシステムを同時に設けるなどの対策を講ずればよいのですが、まだそこまではいっていないというのが正直な所です。実際にダビンチでも正と副と2台使ってやるシステムの開発も実はやられています。初心者が手術をしている場合、指導者側のマスターに座っているドクターが、運転免許の教習所と同じように、手術途中でやり方がおかしければ、すぐに切り替える。そういうシステムも現在開発されています。しかし、すべてに2台準備するのは経済的に問題が生じるので難しい。その代わり、全てのロボットにログ(記録)を取る。そして確実にノウハウを積み上げていくことで精度を上げていく。確実な治療を施すための機器の不具合を直すと同時に、絶対にミスが起こり得ない方法や手段を取り入れるなどが考えられます。もう一つは、操作をする医師の資格について教育訓練制度の充実や技術認定の確立などの対応が必要です。そのほかいろいろやっていますが、これからまだまだ考えないといけない所です。

日垣先生

ほかにご質問はありませんか。

<手術用ナビゲーションシステム>

質問者

橋爪先生へのご質問ですが、手術用のナビゲーションシステムの話がありました。もう少し詳しくご説明願います。

橋爪先生

先ほどのナビゲーションですね。例えば肝臓の手術をするとき、内視鏡手術の場合は肝臓の表面しか見えませんが、肝臓の中の構造、重要な血管がどこを走っているか、癌がどこにあるかというのを視覚的に全部見えるように、肝臓の術前のCTやMRI、血管造影検査などの画像を術中に内視鏡画像の上に三次元空間の上で重ね合わせて映し出します。このナビゲーションはただ重ね合わせるだけではなく、実際に手術中に進んでいくその深さに応じて肝臓の断面を必要に応じて見せてくれます。あるいは絶対に触ってはいけない大事な血管がたくさんあります。そこには鉗子が絶対に触れないように、鉗子の可動範囲をソフト的に制限を加えることができます。変

な所を触ろうとすると、ある可動範囲以外には絶対に行けないようにする。ナビゲーションといっても、見せるというだけではなくて、鉗子の動きそのものも誘導してしまう。さらに言うならば、ロボットと言っても、標的療法でがん細胞一つひとつに鉗子先端の“ねらい”を定め、医師は鉗子の制御装置を押すだけで確実にがん細胞だけを殺すことができます。

日垣先生

質問へのお答え一つからみましても、この分野は非常に学術的な意義が深く、一方、問題もまだまだたくさんあるのだと再確認されたと思います。本日は非常に長い時間ではありましたが、新学科バイオロボティクス学科における研究や学生諸君の学習の指針というものを明確につかむことができたのではないかと思います。パネリストの皆様には大変長い時間ありがとうございました。これでパネルディスカッションを終了いたします。