



生命・情報ネットワーク  
教授 伊福部 達  
Bio-Medical Information Networks  
Professor IFUKUBE, Tohru

## 福祉工学をコアに サイエンスと産業化の可能性を探る

インタビュー：特任助手 黒木 速人

——先生は、今までどのような研究をされてきたのでしょうか。

僕の研究分野は福祉工学と呼ばれていまして、始めてからもう三十数年になります。最初は、電子工学の技術を医療機器、例えば人工心臓やCTスキャン等に応用する医療工学の研究室に入りまして、それがこの分野に入るきっかけなんです。当時、北海道大学に医療工学分野が唯一あって、メディカルエレクトロニクスという研究室に修士の時に入りました。修士に入って2年間は、生理学とか解剖とか、医学の教育を受けながら自分のテーマを探すという、非常にユニークな経験ができたんですね。

——関わる分野が、かなり広いですね。

僕らの研究室の約半分は医学系の先生方で、それも医学の領域は非常に広いのでね、X線、内科、外科と色々あって、技術系の方でも電子工学だけでなく機械工学や材料工学だとか、いろんな分野の方が一つの研究室で、医療のために技術をどう生かそうかという研究に取り組んでいたんです。

——先生ご自身も、医療を足がかりにした研究をずっと？

その頃、心臓の研究が流行っていたということもあって、運動した時、心臓にどれだけ負担がかかるかとか、そういう計測の研究をしていたんです。ところがその研究を進めると、この先、医学部に行かないと極められないんじゃないかということが、まず一つあってね。それと医学と工学の価値観は、どうしても違いますよね。人を助けたいというのと、産業として結実させることと。そこが根本的に違っている。それで考えたのは、結局、福祉工学になったんですけども、衰えたり失った機能を、工学で助けることができないかと。あるいは、工学の力で、手がなければ人工の手を作って、あたかも自分の手であるかのようにするというような分野を目指そうと思ったんですね。

——そういう意味では、工学に根ざしていると言えますね。

工学に根ざしているんですが、人間のために役に立つということでは医学の価値観があって、いわゆる境界領域。35年前には誰もやっていなかった

たですね。僕の家は、作曲とか音楽をやる音楽家の集まりのようだったこともあって、僕にとって馴染みのある音に関係する研究で福祉工学という分野がないか、まず探したんですね。耳が聞こえなくなって歌えない人たちに、歌という楽しみを蘇らせるとか。

——具体的には、どのような研究を？

最初にしたのは、耳の聞こえない人が点字を読むように声を指で聞く装置、「触知ボコーダ」の研究でした。点字の場合1秒間に10文字ぐらい読めるんです、早い人で。人の話す声というのは、1秒間に5文字程度なんです。点字は1秒間に10文字読めるんだから、5文字の音声を点字のような触覚でわかる刺激に変換して、うまく指先で読めれば理解できるはずだということで、声を指で聞く装置を開発したんです。これは大変時間のかかった研究なんですけれども、NHKのドキュメンタリー「指で聞いたアイウエオ」という番組になって、結構有名になったんですね。

——それは先生が修士の頃の研究ですか？

修士のテーマでとり上げたのですが、実際に完成するまでに5年ぐらい掛かってますね。その研究がこの分野へ本格的に入るきっかけになったんですが、一方で福祉工学は大変難しいと実感したんです。つまり、声を指で聞く時、ちゃんと脳で言葉として処理してくれるかどうか。指先から入った情報が脳へ伝わり、そしてそれが音声に変換されて、言語として理解する。そういう道のりを経ないと言葉として理解できないんですよ。指先から振動が伝わっても、言葉として聞こえてくるかどうかは脳の問題で、逆に脳がそういう言葉を受け入れるように変わっていく可能性もあるんですね。それがどのように変わっていくかという、そのメカニズムは何もわかっていなかった。

社会的にも、こういう教育の分野で、新しい技術を導入するのは大変なことなんです。コストの問題も大きくて、一台の売価が74万になってしまいました。結局、高すぎて売れない。そういう分野だとわかって、もうやめようと思ったけれども、もうちょっと頑張ろうと思ったのは、聴覚障害の団体の人たちが、声を文字にできる機械だったら、ぜひ開発して欲しいと言われたからなんです。指ではわからないけど、ここまでできるんだっ

たら文字にできるだろうと。それで言葉を文字にする機械に挑戦したんですね。これがいわゆる「音声タイプライター」という装置になった。当時あったマイクロコンピュータの32キロバイトで全ての処理をしなければならぬという大変なタスクでね。CPUをアメリカから取り寄せて、それでマイコンを作って、その中にアセンブラという言語で声を文字にする仕組みを作ったんですね。0.2秒ぐらいの速さで、大体96%ぐらいで識別できた。ただ一音一音区切って、例えば「おはよう」だったら／お・は・よ・う／と日本語の50音を文字にする形。当時、日本語ワープロが出てきてましてね、それとつないで漢字変換までいけたので、製品にしたんですよ。ただ、150万円もしましたけどね。

製品化の前に、これを作った学生がベンチャー企業を起こしまして。今から25年位前です。当時、産学連携なんてとんでもないという時代で、自分の儲けにつながるような研究は一切禁止されていたんですね。そんな事情があって、密かに研究室で開発して製品にして、学生たちが修士の時に株式会社を作ったんです。それが今の「BUG(ビー・ユー・ジー)」<sup>1</sup>という会社で、いわゆるベンチャーの草分けですね。

——大学での成果が製品となって、それを手がける会社ができたと。

その会社で、まず聴覚障害者のために装置を作ろうと一生懸命やったら、製品の売価は150万になってしまった。しかし、意外なところで大日本印刷が興味を持ってくれたんです。当時、高速に活字を拾える職人が減っていたので、素人でも原稿を読み上げて文字にして、90%ぐらい精度があれば、年末や年度末の忙しい時に使えるだろうということで、7年間ほど使ってもらった。その時に、まず産業にする道が一つあるなど思ったんです。もちろん聴覚障害者のためにも使えるけれども、もっと使える範囲を広くすると。逆に聴覚障害者が使えるような厳しい条件で作ったものは、もっと広く、今で言うユニバーサルデザインの領域にまで広げられる。ある程度普及すれば売価を安くすることもできて、結果的には本当に必要としている障害者の利益に還元できるだろうと。

——その音声認識の研究は、先端研ではどういった形で展開していますか？

技術としては、インターネットと音声認識装置の2つを駆使する。僕が長年、福祉の現場で障害者支援の研究をしてきて思うのは、やっぱり機械に全部任せるのではなく、人が機械を使って人を助けるということ。当たり前なことなんですけど、この分野の機械の使い方の基本だと思っています。機械でできることは機械にやらせる。でも機械にできないことで人間が得意なところは、人間がやると。産業化への道もずっと考えていたんですが、先端研に来て予算を頂いたり、TBI(テクノロジー・ベンチャー・インキュベーション)<sup>2</sup>の支援を受けて、急に具体化したんですね。

音声認識装置というのは、人間の脳がやっている高度な処理をベースにしなければ解決できない問題を抱えているので、開発は非常に難しいんです。今の音声認識装置は、どうしても間違いだらけになるし、人が変わって音声が変わると、対応できなくなる。この大きな壁を乗り越えることは、今の技術でも出来ない。ならば、ある特定の話者なら認識が95%ぐらいの精度になっているので、そのシステムをそのまま利用しようと。他の人が喋ったのを、機械に認識されている人が言い直すと、95%の精度で認識されるんです。そうすると誰が喋っても、認識率は一応高くなります。これをさらに大きなビジネスに展開するためには、クリアすべき問題が幾つかあるんですね。1つは言語のバリア。例えば英語で喋った時には、日本語で出るようにするとか。もしそこまでできれば、これは相当のニーズがあるでしょうね。実際は人間が同時通訳するんですが。

インターネットでネットワークを使って、話し手はどこにいても文字に直す人がどこかに居れば、そこに情報を送って文字だけを返すことができますよね。会議がどこでおこなわれていても、通訳の人が会議場に居なくても、通訳者のところに声を送って通訳された内容がそこに返ってくる。聞いている人、話す人、通訳する人、それから文字に直す人、それぞれどこにいてもいいんですよ。通訳設備のない会議場でも使えるし、旅費などの

経費もトータルすると非常に安くなるはずですよ。こういうサービスが定着すれば、在宅の人でも仕事ができますよね。例えば視覚障害の人が声を聞いて喋って、それを文字にするとか。家からなかなか出られない障害者の人にも、雇用のチャンスを提供できるんじゃないか。これは今、うちの研究室で最も力を入れて取り組んでいるプロジェクトです。先端研でも非常に高く評価してくださって、十分な予算を頂いています。2005年にはビジネス化しようと今、価格設定をおこなっているところなんです。

実際に、2004年3月に北海道の夕張で開かれた国際映画祭でこのサービスを実施しました。4ヶ国語を日本語に直す必要があって、まず音声を東京の通訳センターに送り、そこからの情報を文字化するスタッフのいる札幌に送って、で、文字化された情報を夕張に返して、スクリーンに映したんですね。これは非常に大きなインパクトがありました。今はコンベンション関係の会社と通訳の会社、そしてBUGという僕の教え子が作った会社が連携して、今後どのように普及させるか考えています。

## 九官鳥、インコ、コウモリ 身近な謎解きがサイエンスに

——聴覚障害者のためだけでなく、いわゆる健常者にも言語のバリエーションを提供し、さらに雇用の新しい創出につながるなど、大きな枠組みに発展していますね。

そういうビジネスになれば、工学の片方の役割は一応果たせるんですが、サイエンスの部分がまだ欠けている。つまり、行き詰った時に戻る場所がない。これがなければ工学として形にならないということで、いろいろなサイエンスに取り組んだんです。単純に身近な謎が基礎になるだろうと考えて、最初に取り組んだのは、九官鳥。九官鳥の声が人間と非常によく似た声に聞こえるのはなぜかと。そこで九官鳥を買ってきて、まね声を分析したりノドを解剖したりしてみると、声の波形自体は人間と全然違うんですね。それでも人間の耳には喋っているように聞こえる。これは人間の脳が、波形が違って人間と同じ音声として処理しているということが段々わかってきたんですね。

そこから、多少不自然でも九官鳥と同じような“声”がつかれないかということで、「イントネーションの出せる人工喉頭」を開発しました。これは喉頭がんを取って声を出せなくなった人のために作ったんです。基本的には九官鳥と同じ発想で波形はかなり違うんですけど、人間の耳には同じように聞こえるよう、音を出しているんですね。だから声帯はなくても、装置から音を送り込んで、口を動かすと声になる。研究の基礎を身近なナゾ解きにおくと、例えばこういうものも出てくる。

その次にやったのはインコでした。ちょうど、あるTV会社から、般若心経を喋ったりする天才的なインコがいるので、ぜひ調べて欲しいと言われて、福岡まで行ったんです。調べてみたら、インコと九官鳥は、また全然違うことがわかった。そこでまた大きな謎が出てきたんです。九官鳥もインコも人間と似たような声を出す、でも発声法は全然違う。しかも口は開けたまま、破裂音のバとマが出せる。人間の場合は、口を閉じなければ絶対出せないんですよ、バとマとマは。その子音部をどのように出しているのか、それがどうしてもわからなかった。恐らく喉のところで直接出しているんだろうとは推測できたんですが、喉を開けて調べても、やはりわからない。

その後15年ぐらい経って、腹話術のいっこく堂がTVのある番組に出ているのを見て、びっくりしたんですよ。バとマとマを口を閉じないで喋っている。これは謎が解けるかもしれないということで、当時北大にいましたから、札幌近くの温泉場へ公演に来たいっこく堂を見に行っただんです。終わってから楽屋に行って「これは大変なことだ。これまでの常識を破るかもしれない」と話したんですね。「九官鳥やインコが口を開いたままバ、マと言え謎がどうしてもわからなかったが、いっこく堂さんがやっている」と。この謎を解けばいろんなことに役に立つんですよ。例えば、口を閉じることのできない口唇口蓋裂という病気の患者さんは、口を開いたま

まではパ、パ、マが言えない。どのように発声していいのかわからない。そういう話をしたら、いっこく堂さんが「役に立つなら是非自分を調べて欲しい」と。どうやって発声しているのかは、実は本人にもわからなかったんですね。だったら調べさせてくださいということで、後日、いっこく堂さんにセンサーをつけて音と画像を収録して、その声を分析したらナゾが解けたんです。

2004年10月に、全世界から腹話術のプロが集まる「第3回世界腹話術の祭典」が東京で開かれたんですが、そこで講演をして欲しいと頼まれましたね。彼らもパ、パ、マには苦労しているんですね。その仕組みがわかったということで、ビデオ等で示しながら、200人ぐらいの前で話したら、皆さん非常に喜んでくれたんですよ。というのは、単なるエンターテインメントとして自分たちの頑張ってきたことが、ひょっとしたら人の役に立つかもしれないというので。腹話術のことも随分勉強したんですが、そこで大変なことがわかってしまった。実はこのメカニズムは僕が発見したんじゃないで、経験的に知られていたんですよ。世界でも著名な腹話術師のヴァレンタイン・ヴォックスさんが出した本の中に、パ、パ、マの発声の仕方が書いてあった。それが僕の立てた仮説と全く同じ。

——それはどうい……？

パの場合には、まず口を開いたままタと言って、それからバのアの形に直すんです。タのアとバのアでは、変化の仕方が違う。だから後の変化の仕方だけ真似すれば、最初のところがタでも、バに聞こえるんです、人間の耳には。

——話は変わりますが、廣瀬先生の「五感情報通信プロジェクト」に加わることになったきっかけは何でしょう。

先端研に来てからは、バリアフリーの福島先生の研究室とタイアップしながらやっているんですが、もう一方で廣瀬先生の「五感情報通信プロジェクト」にも参加することになったんですね。その発端が、コウモリなんです。九官鳥で味をしめたってこともあるんですが、コウモリが暗闇の中、自分たちの出す超音波の反射音でエサを見つけたりする、そのメカニズムを解析して、機械に乗せることができないだろうか。

視覚障害をもった盲学校の生徒は普段、杖を使っていますが、頭の近くにあるようなヒサンや木の枝などの障害物が、実はとても怖いんですね。それを知らせる装置をというので、まず浮かんだのがコウモリ。今回もいろいろ調べて、コウモリと同じ音を超音波で発して、反射音を人間の耳に聞こえるよう変換することができた。その装置を持って盲学校へ行ったんですが、これが全然役に立たなかった。この程度なら何もなかったできると言われた。彼らは気配でわかるんですよ。そこで今度は「気配って何だろう？」ということで、5年間、気配の研究をしたんです。気配、つまり障害物知覚というのは、音なんですね、音場の微妙な変化。我々の耳ではわからないけれども、脳の代償機能によってわかるようになる。視覚を失ったために、今まで必要とされていなかった聴覚の空間認識の領域が活性化するんです。壁の向こうに物があるのがわかったり、人によっては、目の前の人がある生地を着ているのか、わかったりする。大体4m先の直径6cmぐらいの円板がわかるのか。このメカニズムをうまく利用すると、気配を人工的に作って仮想障害物を生み出せますよね。スピーカーをたくさん並べて、コンピュータでコントロールすると、実際にはない障害物の存在を感じる。そうすると仮想の物体を認識させるといって、バーチャル・リアリティの研究につながりますよね。映像の中に映像をはめる通常のVRの手法とは違って、ある音場の中に別の音をはめて、仮想障害物とします。そういう研究をしていた経緯で、廣瀬先生とも一緒に研究することになった。

この成果が例えば、ロボットが歩く時に障害物を、ちょうど視覚障害者がよけるような形で回避する、そういう技術につながっていくんですね。気配の謎解きというのはサイエンス。それから、視覚を失ったことで脳の機能がこのように変わるという仮説も、認知生理学として提供できれば、こ

れもサイエンスとしての成果になる。ここを基盤にすれば、工学的にもいろいろ発展できる。福祉工学なんて金にも学問にもならない、工学ではないと言われてきたけれども、先端研では逆にバリアフリーだとか、こういう分野をこれからの産業にしていこうという考えがあって。ここへ来て2年半になりますけど、研究のスピードが全然違いますね。

## 触覚による高速聞き取り支援、水素吸蔵合金を使った人工筋肉

——その他に、他の研究室や企業との新しいコラボレーションなどはありますか。

指で聞くという装置、つまり喋ると声の振動がピンで伝わる装置「タッチボイス」がまた復活しましてね。これも企業とのコラボレーションで。2004年に先端研でドクターをとったIBMの全盲の方が、代償機能をうまく使って、WEBの文字情報を、音声にする研究をやったんですよ。実は、快適に文字を音声として読める速度って、かなり速い。でもあまりに読み上げが速いと、文章全体でどこが大事なかわからなくなってしまう。見出しや、文字の色が赤字に変わっていることなども、結構大事な情報ですよ。それを、触覚を利用した聴覚補助装置で伝えるのはどうかと。高速に声を聞きながら大事なところをこの「タッチボイス」でピッと触覚で伝えると、「あ、何だろうな」と思って止まる。線や文字が変わったのも触覚でわかる。そのようにすると、アクセスが2.5倍くらい速くなる。

——医療分野との関わりは、どうでしょうか。

医療のための研究室にいたこともあって、やはり医療との接点は強くあるんですよ。僕はスタンフォード大学へ行って1年間人工内耳の研究をしたんですけど、その過程でいろんなことを考えた。日本と米国の違いとか、医療と福祉の違いとかね。この福祉工学という分野は、段々医療工学とオーバーラップしていくと思う。

手足が弱っている人のための人工筋肉は、20年前からやっています。水素吸蔵合金という合金を冷やしたり温めたりすると、その千倍の水素を放出したり、吸収したりする。それをうまく容器の中に入れると、容器が大きくなったり小さくなったり、すごい力を出すんです。100gの合金で100kgぐらいの人を持ち上げられます。これを使った介助機器とか、あるいはそういうものを腕につけて関節を柔らかくするとか、そういう研究も進んでいます。

これは、ロボティクスにもつながるんですよ。水素でできたアクチュエータは非常に弾力があるので、ぶつかっても危害を与えないロボットとかね。結局今までやってきたことがロボットに集約されるんですよ。障害物を検出する目をつけたり、音声を理解する耳をつけたり。あるいは声を出す、触覚もそうだしね。最終的に人間を助けるロボットみたいなものに結実するんじゃないかとイメージしています。

——障害者のためだけでなく、産業として発展する可能性が、より現実的になってきましたね。

ニーズがあまりなかったから、今まではどうしても大きな産業になり得なかった。制度などの基本的な問題もあります。そこは、バリアフリーの研究室とコラボレーションして、必要な社会制度なども提言してもらおう。あるいは、知的財産の研究者たちと、特許や法律をどうするかを一緒に考える。先端研では、そういうことが全部できるんですよ。社会に即、根付く形で行政にもって行って、行政の作った社会制度によってベンチャーの生まれやすい土壌にする。これが日本で産業として成功すれば、今度は輸出産業になっていく。日本の基幹産業の一つになる可能性もありますよね。



僕は福祉工学で三十数年やってきて、今後この分野がどうあるべきかという提言も含め、「福祉工学の挑戦」という本にまとめました(2004/12/20 発売、中公新書)。前半には、失敗談も結構載せています。後半は先端研に来てから、やっと工学になるかもしれないという話を中心にまとめてあります。

## 時間のバリアを越えて ロウ管から100年前の声を再生

——先生が一番ユニークな研究といたら、ロウ管再生の研究がもしないですね。

福祉工学の分野はなかなか難しいんですけどもう止めようかなと思った時期があるんですよ。助教になってから7-8年の頃だったかな。それで、次のテーマ探しをしていたら、樺太アイヌのロウ管、つまり音楽や声が入った記録が73本、ポーランドで偶然発見されたという情報が入った。記録はもう100年以上も前のもので、録音したポーランド人の方は、エジソンの開発したロウ管蓄音機を持って樺太に行って、そこでいろんな声を100本くらい録音したんですね。しかし彼はその後、パリで自殺を遂げて、その記録媒体の在りかがわからなくなってしまった。ところが、その人が住んでいた下宿の屋根裏から後年ごそっと見つかった。それで当時、まあ政治的にもいろいろあって、日本の外務省とポーランド政府が交渉して、JALの特別機で運ばれてきたんです。で、半年間再生をやった後、僕はアメリカの人工内耳の研究室に行ってしまった。だから僕は「ユーカラ 沈黙の80年～樺太アイヌ ろう管秘話～」というドキュメンタリーにまとめられた、そのNHK特集の生の放送は渡米中だったため見ないままだったんですね。

これは今見ても面白いですよ。その当時、樺太から北海道へ移ったアイヌの人を随分探して、ようやく3人みつけたんです。その方々に聞いてもらって「あ、それはこういう意味だよ」と教えていただいて、それを全部書き留めたんですね。当時、皆さん80代半ばくらいだったのですが、数年後には全員亡くなられた。だから、もしあの時、この調査をしなかったら、永久に謎は解けなかったんです。

——北海道にいたからこそできた研究がもしませんか。

僕は地方で生まれ育っていますから、中央でできないことをしたいと、いつも思っていたんですね。今は東大にいますが、その気持ちは変わりません。そこでできないものは何か、みんな考えますよね。例えば農業とか漁業とか、そこへITを組み込んだら分野が一つできると思うんですよ。東京では誰もそんなことを考えない。だから、アイヌ言語から何かわかるかもしれないなんて、東京ではきっと考えないでしょう。そのように、その地域でしかできないことを見つめる。例えば、北海道だったら、雪の問題、寒さの問題、広さとか、そういうものに関して独自の技術を持てば、北方圏の同じような悩みを持つところに輸出産業として送り出せるかもしれない。日本における地方のハンディをバネにして新しい産業を生み出すのと同様に、世界における日本の現状や今の立場も、逆にバネにして新しい産業の仕組みを作って、日本ならではの強みを見出したらいと思っています。

(2004年11月18日)

\*1 BUG(ビー・ユー・ジー)  
<http://www.bug.co.jp/>

\*2 TBI(テクノロジーベンチャー・イノベーション)プログラム  
<http://www.rcast.u-tokyo.ac.jp/ja/research/tbi/index.html>

## 著書

「福祉工学の挑戦」(中公新書、2004年)  
「人工現実感の評価」(編著、培風館、2000年)  
「音の福祉工学」(コロナ社、1997年)  
「音声タイプライタの設計」(CQ出版、1984年)

## 略歴

1946年(昭和21年)、北海道に生まれる。北海道大学工学部電子工学科卒業。北海道大学大学院工学研究科修士課程修了。北海道大学応用電気研究所助手、スタンフォード大学客員助教授、北海道大学電子科学研究所教授などを経て、東京大学先端科学技術研究センター教授。専攻、生体工学、音響工学、福祉工学。工学博士

## 関連情報

伊福部・井野研究室  
<http://www.human.rcast.u-tokyo.ac.jp/>

東大先端研  
<http://www.rcast.u-tokyo.ac.jp/>