

「『聴く』『話す』『読む』を助けるコミュニケーション支援技術とその広がり」

東京大学 先端科学技術研究センター

教授 伊福部 達氏

東京大学の伊福部(いふくべ)と申します。

今日のテーマは、教育あるいは発達障害者の支援が中心となっており、私の話が、どこまでお役に立つか心配でした。

が、『聴く』『話す』『読む』という視点から支援するという技術は、きっと他の特殊支援にも参考になるとあって、お引き受けしました。

先ほどの文部科学省の熱心な取り組みに対して、感銘を受けました。

IBMさんは、この分野では歴史が古く、35年ぐらい前、ウェルフェア・セミナーが毎年開かれていまして、私もずいぶん参加しました。

たいへんな啓蒙活動として貢献されてきたと思います。

(資料2)

実は、私はもともと電子工学出身です。

その当時、医療工学と言って、電気や機械の技術を使って、例えば人工心臓のように、失われたものを置き換える工学と医学が合体したような研究室におりました。

将来は、長生きするだけではなく、技術が発達したために生きているというひが増えているだろう、と思いました。その人達が快適に生活するだけでなく、社会参加を助ける技術が必要になるのではないかと思いました。

1970年頃は、医工学に携わっていましたが、それからずっと、福祉工学の分野を歩いてきました。2002年に東京大学で、バリアフリー・プロジェクトが発足し、それを手伝って欲しいということで、今年で7年目に入っています。

(資料3)

医療と福祉の両方の技術に携わってきた関係で、ざくっと分けますと、医療は基本的に人間を改造する、人工臓器で置き換えたりします。

それに対して、福祉技術は人間を変えないで周囲を変える、つまり生活する空間を変える、というのが1つ。

もう1つは、身体機能を支援する、これは補聴器や眼鏡を想像してください。身につけて、その人の弱った機能や失った機能を技術で補完する、助けるということです。

この技術が大変難しいです。

(資料4)

難しい理由ですが、1つは基礎となるサイエンス、科学がなかなかないことです。例えば、建築なら震度5と設定すれば、柱の太さまで決まりますが、ある支援機器を開発しようとしても、戻る場所がない。ですから、研究者が非常に少ない。

もう1つは、首尾良く製品やモノになっても、マーケットがあまりにも小さいので、大手さんにとっては、手を出せない分野ということです。

サイエンスがなく、マーケットがなければ工学ではないのですが、その両方をもっていなかったのが実状です。

(資料5)

ただ、時代が変わって、皆さんの価値観も、最近はどんどん変わってきています。その1つは、先程もあった発達障害の人の数が増えたということもありますし、一番大きいのは、高齢の障害者、高齢者が増えていって、それに伴い障害者が増えていることです。

社会の人口構成が変化したということが、大きなきっかけとなって、この分野がまた注目されてきていると言えると思います。

特に、耳が遠くなったり、目が不自由になってきて、障害者の数も比例して増えていきます。

そういう障害を持って、より健全に近く、生き甲斐をもってもらって、結果的に税金で生活する立場から、税金を払う立場になると、医療費も削減されます。

(資料6)

こういうことが背景で、この分野をなんとか産業にできないかという動きが最近少し出てきました。

これからお話するのは、「聴く」、「話す」「見る」ということをどういう技術で支援できるかということです。

ただ、同じ障害であっても、衰えがあっても、若い人と年を召した方ではかなり違います。若い人は、可塑性、という、また後で話しますが、まだ学習能力、意欲がある。年を取って意欲がないと言うと怒られますが、お年の方は、経験が豊富になっていきますので、それをうまく生かす。若い人たちに対しては教育しやすくするために技術を活かすと、大きく観点が違ってきます。

(資料8)

ここにいるのは、バリアフリーリーダーだった方です。

この方は9歳の時視力を失い、その後、18歳で聴力を失った方です。

福島 智助教授ですが、彼がリーダーとなって、当事者の立場から必要なことを提言してくれます。我々はそれに基づいて、試作したり、彼らに評価してもらったりしています。

当然、視覚、聴覚からの情報が入りませんので、コミュニケーションはどうするかというと、ここにあるように、指から情報を送ります。そのために、それを通訳する人が必要です。

ちょっとこれを見てください。

(画面にテレビの内容が映されて、その中に字幕が出ています)

音がちょっと弱くて、聞き取りにくかったかと思います。

要するに、こちらが質問して、だいたい2~3秒で答えています。

ということは、通訳者が通訳して、指に伝わり、脳に行くのが2~3秒で行われるという、すぐれた能力をお持ちです。

(資料9)

これはどういうことかという、指先から入った情報を触覚中枢で感じ、そこからはパターンなので、視覚で処理している。

それは後頭野にあります。

そして、文字を読む、言葉を理解し、それについて、今度は言葉を作る中枢に入る。こういう複雑な経路で、ああいうすぐれたコミュニケーションができるようになったのだと思います。

こういう経路は、誰にでも備わっているのではなく、ある失われた機能を補う形で脳が変わっていく、これを「可塑性」といいます。

この可塑性によって、失われた機能を代償する。そういう機能がかならず働きます。

こういうことが、最近の脳機能計測、脳をいろいろな角度から計測する技術が進んできていて、それからいろいろなことがわかってきました。

(資料10)

例えば、これは日本の研究ですが、視覚障害者の指先に点字のパターンを与えると、視覚領野、視覚中枢で、触覚からの情報で視覚中枢が働くということが分かっています。

(資料11)

この3つの力について、私が主に行ってきた研究を、教育や発達障害支援に役立つかもしれないということでお話します。

(資料12)

最初に、私がこの分野に取り組んだのは、40年近く前です。

最初に取り組んだのは、声を指先の触覚情報に直して言葉を脳に送ることで、聾児の言葉の獲得に役立てることができないかという研究です。

これは1975年に、NHKの総合テレビで、ドキュメンタリー・プログラムで紹介されました。今となっては貴重なフィルムです。

最後の場面、聾学校で半年から1年近く、この機械を使ってもらったことがあります。「あいうえお」を覚えて、だんだん単語を覚え、日常のコミュニケーションで、どこまでできるか。指先に、スペクトルといって、高い音は上のほう、低い音は下のほうというように、スペクトルが検出されるような形になっています。

強い音は強い振動。それでコミュニケーションを取ったという場面があります。

(テレビの画面が映って音声は流れています)

／まま、まま・・・

／はいそうです。

／・・・です。

／だれ？ まさひと君？

／おかあさんですか。

／おかあさんですよ。どうしたの？

／おかあさん、蝕知ボコーダーで電話を・・・

伊福部／これは最後の場面ですが、電話でよく使われる「はい/いいえ」とかをお母さんに覚えてもらって、その範囲でどこまでコミュニケーションが取れるかという実験です。途中で母親のほうで、感激してしまって、コミュニケーションにはならなくなってしまったのですね。

こういうものを、何とか教育に生かせないかとずいぶんお願いしたのですが。

指先から入った情報で、言葉の概念を作れるはずがない、脳がそうになっている保障がない、ということで30年間、この研究は止めておりました。

ところが、1998年、視覚障害者の触覚に点字を与えると、視覚中枢が働くのと同じに、スウェーデンの学者で、聴覚障害の人に触覚から音声の情報を振動で与えると聴覚領野が活動しているという発見がありました。

つまり、聴覚を失っても、別ルートを介して、聴覚領野を活かせることが見えてきました。

(資料13)

それもあって、2006年同じような装置、・・・もっと小さくなって一昔前の携帯電話くらいの大きさになっています。

それを使って盲聾の人、67歳の人に歌を歌ってもらうという実験をしました。

この方は、もともと三味線と歌の先生をしていたので、「歌を歌ってみたい」という要望がありました。左側で歌った人の歌を覚えていく様子が分かると思います。

(画面にテレビの情報が映っております)

／すごいですねえ。

／♪ おわれーてーみたのーはー いつのーひーかー。

(資料15)

伊福部／もう一度、他のチャンネルを使って音声情報を伝える教育や研究が進められて、活かされるといいと思っています。聴覚を失っても・・・先天の人は違いますが、中途失聴の人は、文字による概念から音声を想起できます。

文字を読んで頭の中で声が鳴る。

中途失聴者から、1音ずつしゃべった言葉を文字にする機械を作って欲しいという依頼がありました。30年前のことです。

当時、マイクロ・コンピュータが出てきて、それを使って1音、1音を文字にしたことがあります。

(画面で30年前の音声文字変換の動画が流れています)

当時、東芝からワープロが出て来ました。

それとつないで、漢字仮名交じり変換をするものとして、製品にしたことがあります。

全てのメモリが32キロバイトですが、なんとかモノにできました。

ところが、やはり一番欲しい人に渡らなかった。というのは、1台、150万円もしたからです。

(資料16)

最初の触覚で聴く機械は拠り所になるサイエンスが曖昧で使えなかった。

後のほうはマーケットが小さい……、あまりにも高くなってしまい、結局世の中に出ませんでした。

もう1つ、人が声を認識すること。これはある声紋の一部を抜いてしまいます。

するとよく分かりません。

(音声の流れています)

抜いた所に雑音を入れます。

(雑音を入れた音声を流しています)

音声情報は増えても減ってもいませんが、雑音を入れると……なにか聞こえてきます。同じ情報でもコンピュータにとっては、増減がなく変わらないですが、人の場合は雑音がなければ、こういう声だと瞬時に把握する能力があります。

(資料17)

今のコンピュータで、日常会話のような声を文字にするのは不可能です。これは、人間の脳でやっていることが、まだ分かっていないからです。

2001年にDPIという会議、札幌で開かれたものですが、4年に1回世界のどこかで開かれる会議です。講演している人の声を、手話と英語と日本語に変換する、そういうプログラムを作ってほしいという依頼が、事務局から来ました。

当然、誰の声の音声でも文字にするのは不可能です。

学生4人で立ち上げたベンチャーの会社があり、なんとかいい方法がないかと、実験的に開発しました。これを、音声自動字幕システムとして開発しました。

これはDPIの会議ですが、写っているのは会長さんで、3000人ぐらいの人がいて、その中に、当然、聴覚障害者もたくさんいます。

そういう人たちに対してどうしたかという、誰の声でも、特定の人声に変えます。

つまり、復唱者を設けて、その人が全部言い直します。

すると今のコンピュータでも認識率は、相当高くできます。

さらに間違いを修正する、というのを実験的にやりました。

(DPIの会議の様子が動画で流れています)

真ん中で話しているのは会長さんです。

会長は英語で話しています。

瞬時に日本語にするのは機械では無理なので、人が行います。

アナウンサーがもう一回言い直します。より高い識別率となり、出てきた文字を修正し、それが98%ぐらいの精度となったら、会場に提示するシステムです。

このように、このシステムを作り現場で行ったところ、意外な所から反応が来ました。

医学系の国際会議で使いたいと。

講演者の声が英語、日本語になるわけですから、聴いているほうは、英語が分からなくてもいい。質問するほうにしても、日本語でいいわけで、非常にスムーズに学会が動く、ということで、国際学会に使ってもらったこともあります。

40回ぐらい実験的な会議で行いましたが。

最初はマーケットが非常に小さく、聴覚障害者だけと想定したものが、広がっていくということです。

この分野で生き残るための方法として、小さなマーケットから生まれた、特色あるすぐれた技術を普遍化する、そうするとたくさんの人が利用するので、結果的にいい物が出来て、それが循環して本当の当事者に安く提供できるようになる。

こういうアプローチがあると思います。

(資料19)

「聴くのを助ける」です。

これは、私がアメリカで行った仕事です。人工内耳というものがあります。

これは、医療と、技術系とのタイアップによって生まれた技術です。

かたつむり管に電極を入れて、まだ残っている聴神経を電気で刺激して、その情報を脳に送り込むというものです。

(資料20)

せいぜい8~20個の電極で、非常に少ないです。

聴神経は1万6,000本ありますから、そのような少ない情報チャンネルで脳に送ることなどできるはずがないということで、日本では研究が禁止されていたのですが、アメリカに行き、実際に、聾のおばあさんに電極を埋め込んで、どういう音に聞こえるかという実験をしたことがあります。

最初は金属性の雑音にすぎず、とても使い物にならない。
ところが、これが2～3週間すると、突然声になって聞こえてくる、ということを経験して日本に帰ってきました。

(資料21)

(人口内耳に関する紹介の動画が流れてます)

ところが、オーストラリアのメルボルン大学で、作った人工内耳を製品にしてしまいました。これがまたたく間に全世界に広がり、日本では作れない状況になってしまっています。

そういうことがありました。

医療とタイアップしたときの難しさがはつきり出てきます。

(資料22)

ただこういう研究を通して、人工内耳の患者さんに声を与えた時、脳が声を理解するところ以外の脳の部分が働き出すんです。

これを1年くらい訓練すると、声を理解する中枢に絞り込まれてくる。そういう脳のダイナミクスがだんだんと分かってきました。

(資料23)

2つ目、「話す」のを助ける技術について話します。

話に障害が起きる1つは、声帯を取ってしまう。

2つ目は、口をうまく動かせない、舌がまわらない。

3つ目が脳機能障害による失語症。

この中の、喉頭をとった場合と、構音障害について話します。

(資料24)

(九官鳥が喋っている音声が流れています)

九官鳥は口の形が全然違うのに、非常に我々の耳には聞きやすい声を出します。

ですから、九官鳥の声を出す仕組みから、何とか発想を得て、声を失った人の器具を作ることができないかと、30年程前に考えたことがあります。

九官鳥／奥さん、奥さん。

人／かわいいねえ。

九官鳥／かわいいねえ。

伊福部／これがいろいろなヒントになって、現在は、こうなっています。

(歌声)

声帯をとってしまうと、気管に穴を空けて呼吸します。

ここからの情報にはイントネーションやリズム等、いろいろなものが含まれています。これをうまくセンサーで取り出し、コンピュータで処理して、喉に送る振動が伝わるようにする。

そうするとこのように歌も歌えるようになります。

この分野の研究の1つは、身近な問題に注目して、そこからヒントを得る。

それが人間を助ける技術に役立つということかと思います。

(資料25)

現在、研究しているのは、手を使うので、今までの場合仕事をしながら声を出せない
と問題が起こっていました。

そこで、首にバンドをまいて、そこにセンサーとバイブレーターを付け、本体はポケット
に入れるということで、ハンズフリーのものを開発しています。

(ハンズフリー版で喋ったときの音声)

／吾輩は猫である、名前はまだない…。

伊福部／センサーがあって、バイブレーターで振動して、イントネーションも出てきま
す。皇族の寛仁(ともひと)殿下が着目してくれて、定期的に試験してモルモットになっ
てくださっています。

さらに、特殊な声の出し方を調べていくと、いろいろなアプリケーションが生まれます。

(資料26)

もう1つお話しします。

腹話術です。

(腹話術の動画が出ています)

／ジョージ君です。

3人そろって、いっこく堂です。

伊福部／この人は、口を動かさなくて、声を出すことができる。

これがヒントになりました。

これをいろいろ調べると、口の中で舌を高速に変化させています。

(資料27)

その舌の動きですが、あまり動かせないという神経系の問題や筋肉系の問題を持っているという障害者がいて、(資料の)彼は、大学院生で、そういう障害を持っていて、自分で作ったんですね。

指と手を動かすと、それによって舌が動いたと同じような音声合成をする。

つまり、音声を合成するときに、舌を動かすパラメータを指の動きでコントロールするのです。

どんな音が出るか。

／あ、い、う、え、お。

おはようございます。

こんにちは。

こんばんは。

伊福部／このように子音も聞こえてきます。舌の動きだけで子音が聞こえてくると言う腹話術の原理を使っています。

(資料28)

／かえるのうたが、きこえてくるよ…

伊福部／キーボードにつなぐと歌も聞こえてくる。

おもしろいのは、笑うんですね。

／あ——っはっはっははあ。

う——っふふふふ。

伊福部／叩き方で、こういう声が出るのですね。

これ、本人が一番気に入っているんです。

(資料29)

最後に、「見る」を助ける。

簡単に。

(資料30)

この技術として、Web の情報、ネットワークの情報、文字がたくさんあった時代ですが、

それを声に変える。

音声合成という方法を使うのですが、そういうソフトを作ってほしいと 1996 年ですが、労働省から依頼されて、スクリーンリーダーというものを作りました。

Windows95 ができる前に Microsoft からソフトの情報をもらって、それに合うように作ったものです。これは、「95 リーダー」と名付けられています。

これは結構売れました。

最初に作った時のソフトです。

会議を録音したものをワープロに残しておきます。

使っている人は、全盲の人です。

コンピュータで声を聞きながら、コンピュータに打ち込む、それをまた聞きながら文字にする。

(資料31)

さて、今、新しい問題が出てきています。テキスト情報、いわゆる文字情報なら音声化できますが、今では、どんどんイメージが多くなり、ムービーサウンドを Web で示す比率が増えています。

それに危機感を感じて、IBM の浅川さん、基礎研究所の有名な研究者ですが、彼女が私の所に、社会人ドクターで来まして、なんとかイメージ情報も別な形で表現できないかを研究しました。それで工学博士をとっています。

彼女と研究していて不思議に思ったことがあります。たとえば

(超高速で音声を再生しています)

視覚障害者はこのくらいの速さでも分かるんですね。

僕にはほとんど分からなかったんですが。

つまり、視覚障害者は視覚情報に頼らないので、耳でなんでも処理しようとする、そうすると環境の音も処理するので、速くなる。これは脳の可塑性で、誰もが持つ能力ですが、それが有効に使われているということ。

／免許をとって 3 年目になります。

／両手の指が変形し、関節のあたりが盛り上がって……

伊福部／本格的に彼女が作ったのは、高速に文章情報を音声に変換し、音声以外の情報は触覚に伝えるということです。

(資料32)

視覚障害者については、XML で Web の情報も獲得しやすくした物が、IBM と私のところで行われ、かなりバリアフリーになってきていると思います。

(資料14)

更に現在やっている仕事の1つですが、携帯電話に全てを組み込む。カメラやマイクで取った情報を触覚センサー、指先で知るというプロジェクトを進めています。

あと2分いいですか？

(資料33)

このように Web の情報がバリアになっていますが、それを逆に利用することによって、もっと視覚、聴覚、発達障害者など、いろんな人にとって使いやすいものにできる。おそらく「誰もが使う技術」に発展する可能性がある。

最後にコミュニケーションに関係はないのですが、まだ全く解決していない問題です。これだけ話して終わります。

「見る」のを助けるのは、文字だけではなく環境ですね。

歩いているモノにぶつかったりする、これが非常に大事。それをいとも簡単にやっているのがコウモリです、2~3 グラムと小さいのに、超音波の反射音だけで認識します。このコウモリの仕組みが、まだよく分かっていないのです。

(資料34)

それを真似して作ったものがあります。

30年ほど前ですが。

／これから超音波が出ています。

／ここから出るんですか？

／この超音波が跳ね返って反射を4つのマイクで拾って、電子回路で耳に聞こえる音にする。

／音が聞こえるほうに障害物があるんですね。

／この機械で音の……

／左に音が聞こえました。

／右のほうからと理解していますね。

(資料35、こうもりを使った機器の開発をテレビで放送されている様子が流れています)

伊福部／こういうのを30年前に作っています。

さらに10年ほどたって、これを作りました。

いろんなコウモリがあるので、その種類に従って、どういコウモリを真似したらいいかを研究しました。モモジロコウモリをベースにしました。

(資料37、高校での研究の風景がテレビで放送されている様子が流れています)

高等盲学校で、5年間、協力を得てやりました。

しかし、現場に行くと、こんな機械はいらない、ないほうが良いという話で。

視覚を失うことによって、彼らは環境、音の微妙な変化をとらえる能力が発達していません。それにこんな音を入れると、せっかく獲得した微妙な音の変化がとらえられなくなり、聞こえなくなる。

根本的に変えないといけないということになりました。

音の微妙な変化をとらえる能力が違うということです。

うちの研究員です。

／まず鈴木さんがお手本を。

／鈴木さんは目が見えないんだけど。

／ここで感じるな。

伊福部／だいたい3メートルぐらいの所で、変化を感じます。

／言ってくれたように音が変わります。

伊福部／もう1つ。

コウモリと同じ機能が人間の耳にもあります。

自分で舌打ちをして、反射したもので、周囲の状況を知ると。

／聴覚の研究を行う伊福部先生に……。

(資料38、39)

伊福部／これは、まだモノになっていませんが、「見る」を助けるというのは、Virtual Reality に展開していったり、あるいはサービス・ロボットとのコミュニケーションに展開すると。

脳科学のサイエンスをビジネスにする道も開けてくる。

(資料41)

福祉・教育に適用することで、逆に脳の可塑性や潜在的能力が見えてくる、それを使うことで、新しい情報提供ができて、新しい技術が見えてきて、それをまた現場で使うというループを形成できます。他の発達障害にも生かせる「何か」が出来るのではないかな。

(資料42)

将来、近い将来ですが、高齢化は日本だけの問題ではなく、いろんな国が日本の後に、急速に同じような状況になります。なので、この問題にいち早く取り組んでいけば、1つの輸出産業にもなるという夢を持っています。

技術的な面は共通部分がかかなりあるので、少しずつではありますが、お役に立てばと思います。

以上です。