

2012年度中山賞大賞「工学技術の医療・福祉への応用」

情報バリアフリー支援のための福祉工学の開拓とその産業応用に関する研究

伊福部 達

東京大学 高齢社会総合研究機構

筆者は工学技術を医療・福祉へ応用するという「医療福祉工学」の分野を歩き続けて40数年になるが(1)、この間に、日本人の価値観は大きく変わり、また、多様化していることを強く感じる。一昔前は「金持ちになること」、「偉くなること」、「長生きすること」を目標としていた人が多かったのに対して、最近は「いかに楽しいか」、「やりがいがあるか」、そして「いかに快適な生活を送るか」ということに価値を置く人たちが明らかに増えている。そして快適な生活を支援するためのテクノロジーの一つとして、当事者だけでなく産業界でも医療工学に加えて福祉工学に熱い視線が向けられている。

ここでは筆者が歩んできた福祉工学の道を振り返りながら、そこから学んだこと、これから必要とされること、そこから生まれるパラダイムシフトについて私見をまじえて述べたい。ただし、本報告書は第16回学術集会「心身健康を支える福祉」の特別講演(2013年2月)とその原稿「福祉工学が描くパラダイムシフト」心身健康科学(Vol.9、No.2)の一部を修正したものである。

1. 高齢社会における福祉工学

1.1. 時代の要請

我が国は 2010 で既に全人口の約 25%が 65 歳以上の高齢者になり、2055 年にはそれがほぼ 40%になることが予測されている(図1)。世界でも我が国の高齢化率はトップを走り続けており、人類が経験したことがない色々な課題が噴出してきている。特に、介護を必要とする高齢者が急増し、医療にかかる負担が大きくなることが危惧されている。

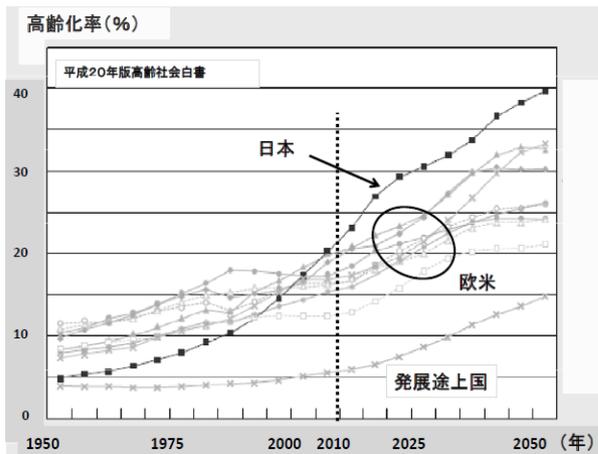


図1 2010年の高齢社会白書より

一方では、最近の膨大な人数の高齢者を対象とした調査結果から、日本人の高齢者の心身機能の年齢は十年前と比べると11歳ほど若くなっていることが分かっている。65歳で定年を迎えたといっても多くの人は心身ともに一昔の54歳に相当する若さであり、定年後の長い生活を快適に過ごし、いつまでも社会に参加し、生きがいを持ち続けたいと希望している。それを実現する上でも、福祉工学に大きな期待が寄せられている。

このような背景の下で、2010年に国の機構であるJST((独)科学技術振興機構)の「戦略的イノベーション事業(略称:S-イノベ)」の一環として「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」という産学連携研究を推進する国家プロジェクト(2010-2019年)が立ち上がり、筆者は福祉工学の立場からそのプロジェクトを遂行することになった(2)。その設立趣意の要点を示しながら、筆者が携わってきた福祉工学の原点、立場、方法論を述べ、本テーマでは如何に人間の科学が重要かを。

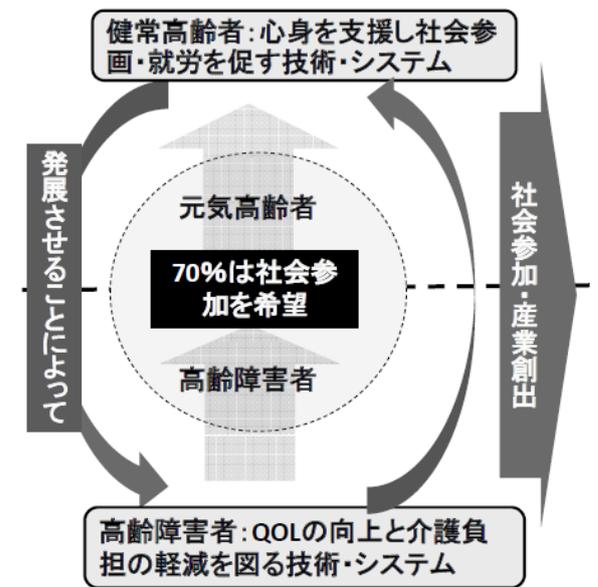


図2 JSTの「高齢者」プロジェクトの趣旨

まず、設立趣意書の冒頭部では、「本テーマでは、高齢社会における『就業等の支援』『個人の活動の支援』の両方を実現することを目標とし、特に高齢者個人が社会活動を行いやすくするような支援技術を追求する。さらに、これらの支援機器やサービスシステムを発展させることで、障害を持つようになった高齢者の支援にも活かし、『QOLの向上』と『介護負担の軽減』に関わる提案も研究対象とする(図2)。その支援技術として主にインターネットに代表されるようなICT(情報通信技術)やロボットに代表されるようなIRT(情報ロボット技術)を生かす道を確認する」となっている。明らかに、社会参加と新規産業に重点が置かれてきている。

ただし、この夢のようなストーリーを本当に実現させるには、バリアフリーやジェロンテクノロジーに関わる福祉工学の方法論をしっかりと築き上げ、そこから生まれる科学・技術を高齢社会に生かす筋道を立てなければならない。

1.2.その原点と立場

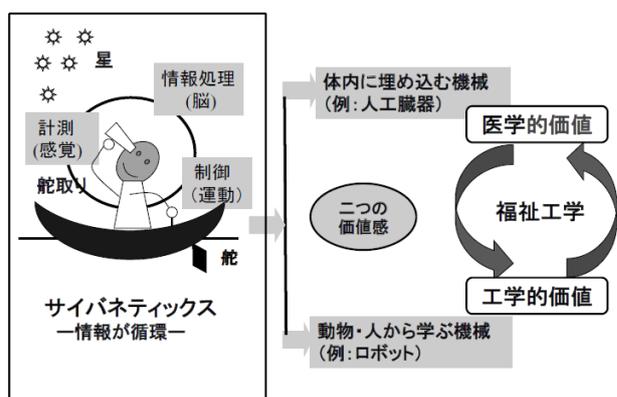


図3 サイバネティクスと福祉工学

福祉工学の考え方の原点は、アメリカの数学者で、生物学者、哲学者でもあったノーバート・ウィーナー(1894-1964)が提唱した「サイバネティクス(ギリシャ語で「舵取り」の意味)」の概念に遡る(3)。ウィーナーは、ヒトなどの動物と自動機械は「計測(感覚) - 情報処理(脳) - 制御(運動)」の3要素からなるシステムと捉えている。それを船の「舵取り」にな

ぞらえ、3要素間を循環している「情報」の重要性を述べている(図3)。さらに、動物と機械をともに3要素からなるシステムとしてとらえると、その類似性(アナロジー)に基づいた2つの研究分野が生まれることを見通している。

1つは、失われた人体の一部を、同じような機能をもつ機械で置き換えようとする、工学を医療へ応用する方向である。これは人工臓器などの医療工学の道を拓き、今もなお発展し続けている。もう1つは、動物やヒトの優れた機能をヒントに新しいメカニズムを人工的に作り出すという、生理学を工学に活かす方向である。ここから、ヒトの感覚・神経系をモデルとするパターン認識や、ヒトの手足の動きを真似たヒューマノイド型ロボットなどが生まれ、現在に至る。

しかし、「命は地球より重く、金には代えられない」という医療における価値観と「利益にならない製品を作っても意味がない」という工学における価値観を両立させることは困難である。ただし、身体機能を機械で支援するバリアフリーやジェロンテクノロジー(高齢者支援技術)は、人間の機能の再建を目的としているので、その価値観は医

療と同じになる。逆に、優れた人工の感覚や手足ができれば、それらはセンサやロボットなどの工業製品にも活かされる。このような双方向性を持っているのが福祉工学の特色である。

1.3.情報ループという視点

2001年5月に世界保健機関(WHO)が採択した「国際生活機能・障害・健康分類」では身体機能の障害を補助するという観点だけでなく、コミュニティの中で生活する上で必要な「情報獲得」「コミュニケーション」「移動」の3つを支援する技術の開発が優先されるべきであるとしている。この3つの生活機能はそれぞれ「感覚」「脳」「運動」の身体機能に対応させて考えることができる。

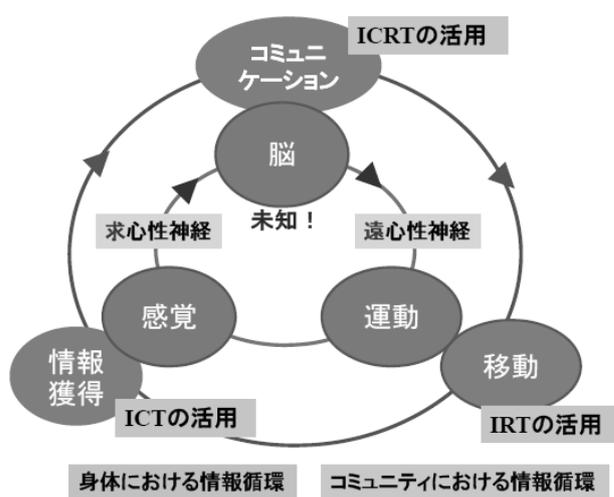


図4 身体とコミュニティにおける情報ループ

ただし、これらの3つの機能は独立したものではなく、「感覚→脳→運動」という情報ループの中の一部と見なさなければならない。たとえば、電子義手を自分の意思で指先までも自由に動かせるようにするためには、まず、義手がかんだ物体の重さ、硬さ、形状、質感などの感覚情報を脳へ送るという道をつける必要がある。これらの感覚情報が脳に送られて初めて、義手をどのように動かすかという意思が働き、運動の制御が実現される。

この情報ループが繋がっていなければ電子義手は自己の体の一部として馴染まない。同時に、コミュニティ内で必要な3つの生活機能についても「情報獲得→コミュニケーション→移動」という情報ループの一部とみなし、そのループが途切れたのを繋ぐという視点が重要になる。

1.4.若年者と高齢者

バリアフリーの研究において考慮すべきは、生体には「可塑性」があり、その可塑性により失われた機能が代償される能力があるという視点である。この「代償機能」の例は枚挙に暇がないが、見ることに障害があるとそれを聴覚でカバーしようとし、聴くことに障害があるとそれを触覚で代償しようとする能力が生まれる。したがって、ヒトの「感覚-脳-運動」というシステムは身体や環境の変化によって機能が変わるダイナミック(動的)なものであると捉え、特に若年者のためのバリアフリーデザインでは代償機能を生かす視点が重要になる。

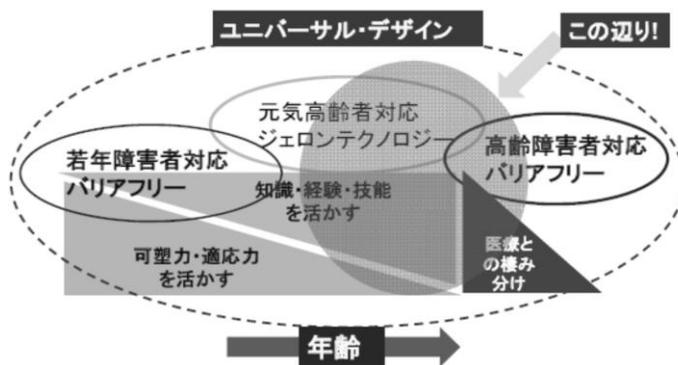


図5 若年者と高齢者の違い

ただし、高齢になるとともに可塑性の機能は低下するので、ジェロンテクノロジーでは今までに獲得した「知識、経験、技能」をできるだけ生かしながら、低下した認知・行動機能をどのように技術で補完すべきかを考えるべきである。

なお、バリアフリーデザインとジェロンテクノロジーに加えて、

健常者も含めて誰もが使いやすいようにする考え方をユニバーサルデザインと呼ぶ。

1.5.その方法論

あるモノを設計する場合、一般的には、拠り所となるサイエンスがある。例えば、震度6の地震にも耐える建物を設計しようとするれば、力学や数学を駆使して計算し、1本1本の柱の材料や太さまでも正確に決めることができる。それに対して、例えば、低下した言葉の聞き取り能力を補うための機器を設計するとなると、その拠り所となるサイエンスは未知の部分の多い聴覚と脳の科学になる。

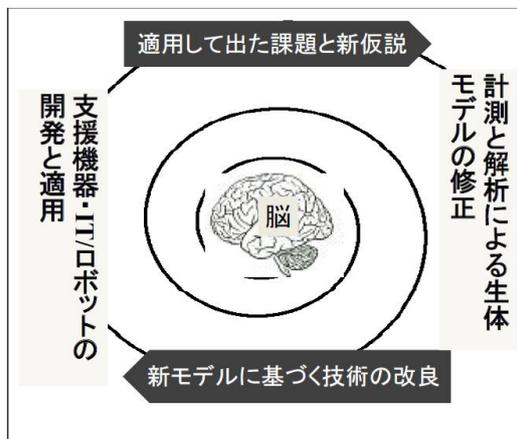


図6 ラセン的に展開する福祉工学の方法論

未知ということで、聴覚や大脳における言葉の処理機構を解明する基礎研究は避けて通れなくなるが、それ自体が中々解けない難題である。その上、脳の可塑性により欠陥部位を代償する機能が働きだすので、脳科学は物理学のように幾つかの方程式で解けるような単純なものではない。

そこで、とりあえずは感覚や脳における障害部位とその情報処理メカニズムの仮説を立てて、それを基にどのように代替・補強すれば良いかを考え、支援機器の設計と開発に進む。当事者に使ってもらってあまり

役に立たなければ、なぜ役に立たなかったのかを調べる基礎研究へ戻り、仮説を修正する。その仮説をもとに機器を改良した結果、前よりも良くなれば仮説を間接的に証明したことになる。この「仮説の修正」と「機器の改良」のくり返しの過程から、支援機器が少しずつ役に立つものになり、一方では、未知の脳機能が少しずつ見えてきて、それが新発見につながることも夢ではなくなる。これが福祉工学におけるラセン的

な研究の方法論である。この方法論に基づいて最近になって開発した機器の例を幾つか示したい。

2. 脳の潜在能力を生かした福祉技術の例

2.1. 九官鳥と腹話術から学んだ代用発声法

音声はもともと危険を知らせたり、相手の注意を引いたり、喜びを表したりするのに利用されるコミュニケーション手段であり、言語的な意味以上に感情に関わるイントネーションやリズムなどの「韻律」が重要である。このことは九官鳥など物まね鳥たちがヒトの声のイントネーションを忠実に真似ていることから伺える。

筆者らは喉頭摘出者のための人工喉頭を開発し製品化(商品名:ユアトーン)している。最近は、図7(左図)に示したように、首に取り付けたウェアラブル人工喉頭に発展させているが、これには使用者自らが指や呼気によりイントネーションを制御できる機能がついている。



図7 ウェアラブル人工喉頭(左)と
指のタッチで音声を生成するアプリ「指で話そう」(右)

なお、図7(右図)に示したように、筆者らは、失語症や構音機能障害(音声器官を制御できない障害)のために、スマートホンの表面を指でなぞることにより自分の感情を含んだ声を合成するソフトを開発し、アプリの一つとして「指で話そう」という名前でDENCOMという会社で製品化している。これには舌の動きだけで多くの子音を生成する腹話術発声の原理

を応用し、舌の動きを指の動きで代替している。なお、コンピュータ・エンターテイメント関連のカンファレンスで紹介したところ、反響があり、ネットのニュースなどでも取り上げられている(4)。

2.2. 「気配」の謎解きから生まれる環境認識技術

全盲の人たちの多くは障害物までの距離、障害物の大きさや材質などを「気配」を感じ取るように、聴覚で聞き分けるという「障害物知覚」の能力を獲得する。例えば4m先にある直径6cmの物体の存在がわかり、手前にいる人が着ている服の材質がデニムなのかベルベットなのかがわかる人もいる。筆者らは、障害物のある周囲に「環境雑音」が存在しなければ気配能力は発揮できなくなることから、障害物知覚の

正体は障害物の存在による微妙な音場の変化を知覚する能力にあることを突き止めている。

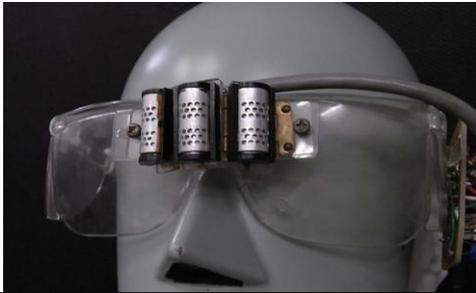


図 8 過去に開発した障害物の存在を超音波で知るメガネに障害物知覚機能を付加

大昔は、明かりもなく、大きな騒音もないような暗闇では、敵から身を守るために耳を研ぎ澄まし、音の微妙な変化から何かを感じ取ろうとしていたに違いない。進化の過程で獲得した聴覚が、視覚を失ったことにより蘇り、これが「気配」の能力に結びついたと考えることができる。まだまだ未知の現象もあるが、現在、この「気配の能力」を増強して、より障害物や環境を聞きやすくする支援技術(図 8)の開発研究を進めている。

2.3.触覚コミュニケーション機能を備えた携帯電話

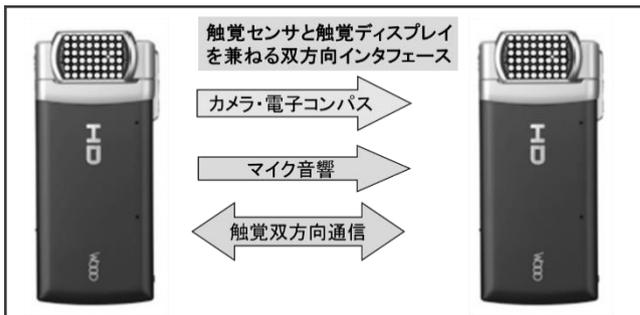


図 9 触覚を介してコミュニケーションができる携帯電話

視覚や聴覚はもともと触覚が進化した感覚であるので、触覚中枢には潜在的に視覚や聴覚の原型となる機能が残されている。従って、視・聴覚の機能が失われたり、極度に低下したりした場合、触覚中枢に残された機能に期待して、文字・画像や音声・音楽を触覚経由で中枢に送るという「感覚代行方式」が

役に立つ場合がある。図 9 はそのことを期待して開発している触覚コミュニケーション機能を備えた携帯電話の概念図である。最近、カメラでとらえた映像、マイクで捉えた音情報を触覚ディスプレイ(32チャンネルの振動ピン)に表示するデバイスを開発している。また、触覚ディスプレイは触覚センサとしても利用できるようにし、センサを叩いたりなぞったりした情報は相手側の触覚ディスプレイにそのまま表示されるようになっている。盲ろう者のコミュニケーションに生かされるばかりでなく視・聴覚が束縛されているような状況下での情報の受発信にも利用できる。

3. おわりに

ここで紹介した福祉工学の考え方は社会の高齢化により生まれた新たな課題とそれを解くための一つのアプローチになると思っている。また、ここで示した感覚・コミュニケーション支援機器の例は高齢障害者を意識したものではないが、ヒトの潜在能力に基づいた機器開発の考え方は高齢者支援機器にも必ず生かされる(5)。

高齢化は日本ばかりでなく世界的な傾向にあることから、虚弱高齢者の QOL を向上させ元気高齢者の社会参加を支援する技術・システムは将来大きなマーケットになり、やがては輸出産業にも繋がる可能性もある。そこから真のイノベーションが生まれ、社会のパラダイムシフトが進むと考えている。そして「人間の科学」の分野がそのパラダイムシフトに大きく貢献するという「福祉工学の夢」(6)を抱いている。

参考文献

1. 伊福部達「福祉工学の挑戦」(中公新書、2004 年)
2. 日本科学技術振興機(JST)の戦略的イノベーション創出プログラム(S-イノベ)のテーマ「高齢社会(略称)」の URL
<http://www.jst.go.jp/s-innova/research/h22theme05.html>
3. 池原止戈夫, 彌永昌吉, 室賀三郎訳『サイバネティクス: 動物と機械における制御と通信』岩波書店(1957)
(ノバート・ウィナーの著書、「サイバネティクス第1版(1948)の邦訳」)
4. 例えばネットニュース「機能的サウンドデザイン – 緊急地震速報のアラムはこうして作られたー」の URL
<http://www.famitsu.com/news/201308/23038840.html>
5. 伊福部達「ジェロンテクノロジー(東大がつくった高齢社会の教科書、19章)」
(ベネッセ、2013年)
6. 伊福部達「福祉工学の夢」(ミネルヴァ書房、印刷中)