

としたジャンプ飛距離測定器を開発していました。ジャンパーが着地する直前で、トンボの両眼になぞらえた二台のカメラで両足が次々に通過するのを捉えながら、通過速度が着地により急に減速した時点で両足の中央を測定するというものです。研究室の技官がトンボ型カメラを数十台作り、ジャンプ台の着地しそうな場所に並べて現場での実験がスタートしました。私も学生たちはその実験のためジャンプ競技場に何回も駆り出され、オリンピック準備の邪魔にならないように気を使いながらデータ取りを行いました。

結論から言うと、現場では一寸した吹雪でもカメラに雪が付着して使えなくなったり、晴れた日にはジャンパーの影で測定器が反応してしまったりして、実用化にはほど遠い所で断念しました。それでも教授は「トンボの眼を神棚に飾り、かしわ手を打って感謝したい」と新聞のコラムに書いていました。まさか殿下と四〇年後にバイオニックアイの話で盛り上がると思ってもいけませんでしたが、人間が簡単そうにやっていることでも、それを機械に置き換えるのは容易でないことは私どもの暗黙の了解になっていました。

### 会話は進むのですが

その内、共同開発をしていたメーカーが、声の大きさや高さを二個のダイヤルを使って自由に換えられる多機能な人工喉頭を製品化しました。それを贈呈したところ、あるパーティー

の席で「これは伊福部先生が開発したもので、今までのモノよりずっと良いものだ」と自慢げに言われ、その場でお使いになったが、途中で二個のダイヤルの操作で混乱され、「これは使い物にならない」と投げ出されたと聞きました。その後、殿下が研究室にいらしたときに、人が身に付けて使うモノは、特別な訓練をしないでも使えること、メガネのようにシンプルなものではないと私どもを諭されました。私どもの協働研究は原点に戻り、声を大きくするためのポケットサイズの拡声器の開発研究も加わり、御用邸通いも再開しました。

実験場である殿下の応接間には一台のピアノがあります。その上には明治天皇を始め過去の皇族方の写真が所せましと並び置かれており、殿下が天皇家にいかにか強い誇りを持つていらつしやるかを肌で感じることができました。実は、伊福部家は因幡（現在の鳥取県）で最も古い家系で、大和時代に活躍したそうですが、代々長男しか名字を継ぐことができないう厳しい仕来りがあり、それから逃れるように明治の初めに北海道に移りました。その歴史の中で、一五〇〇年ほど前になりますが、先祖の一人に采女うねめとして天皇に仕えた女性がありました。その女性は大変寵愛されたのですが、若くして亡くなり、女性としては日本で初めての火葬として、故郷の因幡の稲葉山に葬られたという記録があります。その話をしたあと「お札が遅くなりましたが、その折には大変お世話

になりました」と冗談半分で言ったところ、ニコニコしながら面白そうに聞いていらっしやいました。その後も、殿下が主催された音楽会に招待されたり、私は作曲家の叔父の曲が入ったCDをプレゼントしたりするなど、仕事以外でも親しくさせて頂きました。

しかし、肝心の新しい人工喉頭の研究はますます暗礁に乗り上げていました。改良のための予算が尽きたことを知った殿下は、会長を務められていた福祉団体から大学を通して研究室へ寄付して下さったこともありました。何とかご希望に応えなければと思いつつも、暫く空回りの状態が続いていました。そのような中で殿下から、二〇一〇年一〇月に浜松市で国際ユニバーサルデザイン（UD）会議があるので、もしよろしければお越しくださいという連絡が入りました。殿下は会議組織委員会の総裁も務められており、特別控室で私どもを迎え入れてくださいました。会場についてからまずは殿下に挨拶し、研究の現状とその後の計画についてお話ししました。相変わらず飄々とした感じでお聞きになっていましたが、成果をお見せできないまま、これがお会いした最後となりました。

### 天国から光を

実は、殿下が改良を希望されていたことは、人工喉頭ユーザの長年の願いでもあります。携帯電話のように最先端技術

がびっしり詰まっても、あれほど使い勝手が良く、しかも安くできる時代に、なぜ人工喉頭ユーザの希望を叶えることができないのか不思議に思う人も多いでしょう。それには二、三の理由があります。一つは、二万人ほどの喉頭摘出者の内で人工喉頭を使っている人はわずか数千人であり、首尾よく完成しても市場が小さいことから大きな利益が生まれにくいことです。したがって、メーカーとしては改良のために資金を使うことは難しく、また大学でもこの分野の研究者は皆無に等しいことから基礎研究が進みません。第二に、トンボのバイオニククアイが実現しなかったのと似ていて、一般に、人間が簡単に行っていることでも機械で実現しようとすると途方もなく難しくなることです。しかもメガネのように身に付けても違和感を感じさせない福祉機器となるとさらに問題は難しくなります。到来しつつある超高齢社会では、生活する上で重要な機能を失ったまま生きていく人たちはますます増えることが予想されます。天国の殿下に、希望を叶えることができなかったことを心からお詫びすると共に、その願いを必ず果たすことをお約束したいと思います。同時に、福祉機器が抱えている問題を理解して頂き、超高齢社会で必要になる技術に天国から光を与えてくださればと思います。ご冥福を祈りつつ。

(平成二四年六月九日)

いふくべ・とおる

東京大学名誉教授（東大高齢社会総合研究機構・特任研究員）

## 福祉工学の本丸

——脳の深部に迫る

伊福部達

### 三途の川

ジャングルに棲んでいたサルたちが、何万年という長い年月をかけて移り住んだ緑豊かなサバンナには、必ず大きな川があり、春になるとその周りは花畑で覆われていました。サルからヒトに進化する過程で、その記憶がヒトの脳の深部に刻み込まれていったのでしょうか。臨死体験をした人たちの話の共通点に、暗闇に一条の光がさし込むとともに美しい川と花畑が見えたというのがあるそうです。三途の川を渡る前に呼び戻されたというのもありそうな話です。

実は、私は幼稚園の時に家の裏庭にある大きな杏の木に登り、足を滑らせて庭石に頭から落ちて頭蓋骨陥没で意識不明になったことがあります。杏の木から落ちるときに、庭石がゆっくりと目の前に近づいてきて、その後は真っ暗になりました。意識が戻らないまま半日以上も生死の境をさまよっていたようですが、目が覚める直前に暗闇から光が差し込むような感覚を覚え、少しずつ明るくなっていったことを思い出

します。入院中は手術をした先生が修復する前と後の頭蓋骨とその中にある脳のレントゲン写真を見せてくれました。三途の川で呼び戻されたという記憶はないのですが、その空白の不思議な感覚と自分の頭蓋骨や脳の映像が今でも心に残っています。

私が所属する高齢社会総合研究機構では、病院ではなく在宅で最期を迎えるための医療システム、死の直前まで健康体を保つための予防医学が大きな研究テーマとなっています。また、脳機能そのものが変わって認知症や失語症になった場合、医療や技術でそれらをどこまで救うことができるのかも議論されています。今回は、コンピュータと脳の違いを概説し、福祉工学の本丸である脳機能の深部を探る研究から、感覚や運動そして脳を支援するためのアプローチについて私見を述べます。

### 脳の進化とコンピュータの進化

生物が多細胞になることでそれぞれの細胞に役割分担がで

き、細胞同士の情報を授受できるようにするために神経細胞ができました。初めはホルモンという形で情報の伝達物質を目的の細胞に送っていたのが、それでは遅すぎることから細胞の一部から神経線維が伸びてそこに神経インパルスを送らせることで、目的の細胞のごく近くで伝達物質を放出するようになりました。さらに神経インパルスの伝達を速くするために神経線維の周りに電気の流れや髄鞘を並べた「有髄神経」になり、結果的に神経インパルスは一秒間に数十メートルも伝搬することが可能になりました。一方で、呼吸や循環など生命維持に不可欠な「脳幹」や運動を司る「小脳」ができ、本能、感情、記憶に関わる「大脳辺縁系」ができ、さらに意欲、抑制、思考に関わる「大脳新皮質」などの層ができて、脳は約一五〇億個の細胞群からなる巨大な神経回路に進化していきました。各層ではさらに細かく機能分担がなされていき、例えば大脳辺縁系の中では本能、感情、記憶の部位は異なっていますし、大脳新皮質では感覚、言語、運動に関わる部位も特化されていきます。それぞれの層や部位の間でも多くの情報のやり取りが行われており、それらの情報が複雑に絡み合っています。

「個体発生は系統発生を繰り返す」と言われているように、この脳の進化の過程は胎児の段階で繰り返され、生まれるときには脳細胞はほぼ出揃っており、成人と変わらない数にまで増えています。ただし、神経線維は生後二〜三歳まで伸び

続け、その多くは二〇歳位までに神経線維の周りに鞘を付ける髄鞘化が進みます。この過程で脳にどのような情報が送られたかによって神経回路の形成のされ方も変わっていくので、若い頃に聞いたり見たたりした情報がいかに重要かは脳の発達過程からも窺い知ることができます。

翻って人工の脳と呼ばれるコンピュータの進化はどうでしょうか。私が電子工学科を出た一九七〇年頃、コンピュータが研究室にも入るようになり、それが使えることで最先端の教育を受けているという誇りを感じました。当時の第一世代と呼ばれるコンピュータの中を覗くとトランジスタがびっしりと並んでいて、コンピュータの前面には十数個のスイッチが一列に配列されていました。そのスイッチをオンやオフにすることで0と1からなる機械語でプログラムを作っていました。八キロバイトのメモリが一〇〇万円もするほど高価なもので、演算回路やプリンタなど一式をそろえると一千万円は優に超えてしまいました。一方、演算速度は、現在の一〇万円ほどで買えるような安価なコンピュータと比べても千分の一に満たない速度でした。

それから間もなく、トランジスタ回路が集積回路（IC）に置き換わり、すぐに大規模集積回路（LSI）に換わり、第三世代のコンピュータの時代を迎えました。機械語から記号列のアセンブリ言語が使えるようになり、フォートランやC言語と呼ばれる高級言語が開発されて、以前よりもはるか

に簡単にコンピュータを操作できるようになりました。それが、瞬く間に超高速、超小型、超廉価になり、さらに電話回線と繋がって世界中に文字や画像を送受信できるコンピュータネットワークに発展し、現在の情報化時代を迎えることになりました。最近、スマートフォンを使いこなしている人たちを見ると、コンピュータの黎明期で悪戦苦闘してきた私どもは羨ましいような悔しいような気持ちになります。

コンピュータの構造は脳と似ているといつて脳になぞらえて話すことがあります。本当に似ているのでしょうか。最新のコンピュータを開けるとLSIの層があり、それをめくとICの層が現れ、その奥にはトランジスタ回路が並んでおり、さらに奥に行くとも真空管が見えてくる、ということであればコンピュータを脳になぞらえられます。しかし、実際には構造の進化の仕方という面から見ると両者は著しく違います。脳は過去の産物の上に新しい産物を積み重ねながら進化してきたのに対して、コンピュータは世代が変わる度に過去の産物を一掃してきたと言えるのです。

話が長くなってしまいましたが、次に、脳とコンピュータの違いを十分に踏まえた上で、コンピュータで感覚や脳を支援する福祉工学の研究アプローチについて私見を述べます。

### 「ラセン的」に展開する研究アプローチ

本連載で何回か述べてきたように、感覚や運動機能が衰え

たり失われたりするとそれを代償しようとして脳内での情報の流れ方が変わる「可塑性」の力が働きます。そのお陰で、視覚を失うことにより音だけで周囲の環境を知る「気配」能力が備わり、盲ろう者は指先の触覚だけでコミュニケーションができるようになり、手が不自由になると足の指でタイプライターを打てるようになるのです。このことは感覚や運動の機能を失うことで脳の深部に潜んでいた潜在的な能力が蘇ったと考えることもできます。

脳の構造はあまりにも複雑で、その機能の多くは未知のままですが、福祉工学の研究では、まず分かっている範囲でコンピュータのプログラミングにより脳の構造モデルを作り出します。つまり進化の過程でできた幾つかの層、層内で機能分担している部位、各部位から別の部位への神経の結びつきなど構造的な側面をソフトウェアで脳モデルに組み込みます。その準備を終えたら、感覚や運動さらに脳機能の障害により脳内の情報の流れ方がどのように変わったかという可塑性と脳の深部に潜んでいる潜在能力に関する仮説を立てて、その仮説を脳モデルに組み込みます。次に、脳モデルを通してどのような感覚刺激でどのような運動が発現されるかを予測しながら、障害を支援するのに相応しい機器やリハビリ法を開発します。当事者に適用して役に立たない所があれば、それが何故なのかを基礎研究へ戻って調べ、その原因の一部でも分かれば可塑性や潜在能力の仮説を修正しそれを脳モデルに組

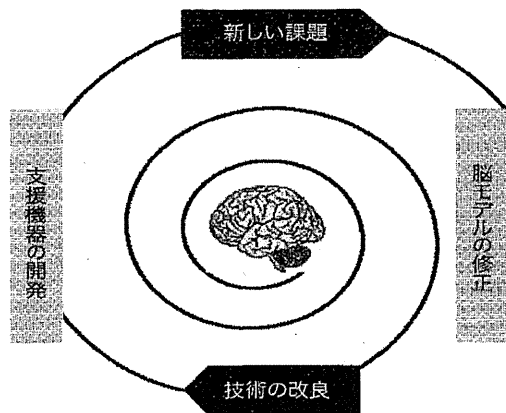


図 脳機能と支援法の循環モデル

リハビリ法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あります。これが私が描いてきた福祉工学におけるラセン的な研究アプローチ(図)です。

**脳の深部にある未知なるモノを求めて**

ただし、いくらコンピュータが技術的に優れているといっても、福祉工学の本丸である脳機能を攻めるには私どもの知恵と技術はあまりにも未熟です。私事になりますが、ゴジラ

み込みます。その脳モデルを基に機器やリハビリの改良をさらに進め、それらを適用して前よりも良くなれば仮説が間接的に証明されたことになります。この「仮説の修正」と「機器の改良」の繰り返しから、機器やリハビリ法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あります。これが私が描いてきた福祉工学におけるラセン的な研究アプローチ(図)です。

音楽で有名になった作曲家の叔父は七〇年にわたり民族に根差した音楽を書き続けていました。彼の芸術論は「優れた音楽は、民族の特殊性を通過して初めて、普遍性に到達する」という視点に立っていました。普遍的なものに到達するには、脳の深部で響く民族的な音に耳を傾ける必要があります。そのもつと深部には民族を超えた人類あるいは生命が共有する感性が息づいていると信じ、そこに到達したいという思いが叔父の音楽から伝わってきます。また、宗教の中には過酷な修行を経て自分を「無」にすることにより「悟り」の境地に至るとありますが、これも脳の深部にある桃源郷に辿りついたという願いなのかもしれません。そして、認知症と呼ばれる人たちの中には大脳新皮質よりも脳の深部でものを感じ、行動するようになり、もしかしたら桃源郷を彷徨っているのかもしれない。脳の深部を知り、それを支援することは福祉工学の永遠の課題なのかもしれませんが、人間とは何かという根源的なことに触れる魅力あるテーマといえます。

家の者には、杏の木から落ちて以来、私の脳の深部は壊れたままになっているのではとよく言われますが、それをコンピュータで修復するような研究をこれからも続けていきたいと思っています。

いふくべ・とおる

東京大学名誉教授(東大高齢社会総合研究機構・特任研究員)

# 東大がつくった

確かな未来視点を持つための

# 高齢社会の教科書

GERONTOLOGY LITERACY TEST OFFICIAL TEXT

Benesse®

編著



東京大学 高齢社会総合研究機構  
INSTITUTE OF GERONTOLOGY, The University of Tokyo

社会編

# 19章

## ジェロンテクノロジー

1. ジェロンテクノロジーをめぐる現状
2. ジェロンテクノロジーという技術

伊福部 達



# ジェロンテクノロジーをめぐる現状

## POINT >

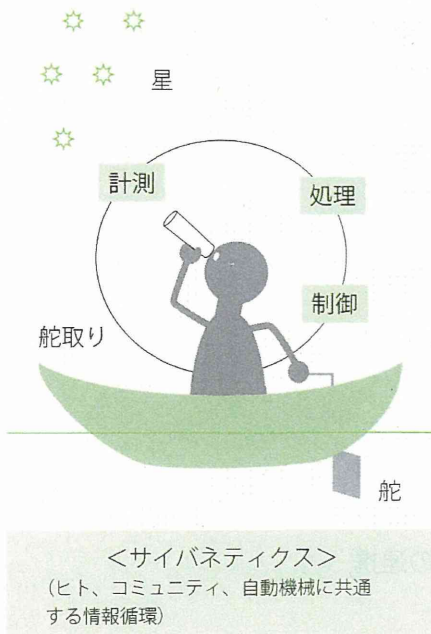
ジェロンテクノロジーは高齢者の生活や自立を支援する技術です。一方で、新しい発見、発明で産業の未来を拓いていく、希望を秘めた技術です。

## ①ジェロンテクノロジーとはなにか

### ノーバート・ウィーナー

1894～1964年。数学者・生物学者・哲学者。1948年に『サイバネティクス—動物と機械における制御と通信—』を著し、制御と通信における「情報」の役割を明確にした。動物の感覚や手足の制御にも、このような制御と通信に情報の流れが働いていると分析し、情報の重要性を指摘しているところが古典的な人間機械論とは大きく違う。この時代は数学者フォン・ノイマンが電子計算機ENIACを開発した頃で、ウィーナーは、情報を扱うコンピュータの大きな可能性にも言及している。

図1 サイバネティクスの概念図



1980年代、喉頭がんに罹患したら、声を失うことを意味していました。しかし90年代に電気式人工喉頭が開発されると、この機器を喉にあて普通に舌や唇を動かすことで会話ができる、という選択が可能になりました。今日、視力を失った人は、ソフトウェアの「スクリーンリーダー」でパソコンの画面を読み上げ、晴眼者と同じように情報をやり取りしています。バリアフリー化で移動がしやすくなったこともあって、視覚障害者は過去には考えられなかった学業、仕事、研究、趣味に取り組んでいます。

福祉機器が障害者の生活を前向きに変えてきたように、高齢者の生活を、高齢者の特性をよく研究した機器で支えていこうとするのが、ジェロンテクノロジーです。元気高齢者には、元気で仕事を続けられるように、扱いやすいコンピュータや通信機器、運動機器を開発しています。体力が衰えつつある高齢者には、遊びながら体力や反射神経が鍛えられるバーチャルリアリティのゲーム機が人気といいます。一方で家事ロボットなどの研究が盛んです。介護、療養中の方にはリハビリ機器や介護を楽にする移動、移乗補助機器などが開発されています。高齢化に伴う過疎化で、医療施設から遠くに暮らす人々に対しては、遠隔治療、投薬などのシステムも開発されています。

このように、ジェロンテクノロジーには運動器や感覚器の研究、心理の研究、社会システムの研究が必要で、工学、物理、医学、精神心理、特に脳科学の最先端の知見を結集していくことで、支援機器の開発が可能となります。このように、範囲が広く奥行きが深い研究分野です。

ジェロンテクノロジーという語は、**Gerontology** (加齢学) と **Technology** (技術) を合わせた言葉で、高齢者のための生活自立支援技術の研究を指します。ジェロンテクノロジーの考え方の基礎となっているのが、ノーバート・ウィーナーによって提唱されたサイバネティクスという概念です。この概念では、自動機械の働きを「計測」「処理」「制御」と分けて、その3つをつなぐのが「情報」であると分析。これは動物や人にも応用でき、体内で「情報」が循環することで身体

機能の恒常性（ホメオスタシス）が保たれるとしました。

高齢者の変化を、人間の「感覚＝計測」「脳＝処理」「運動＝制御」の3分野を結ぶ「情報」の循環がうまく働かなくなったというように捉えると、ジェロンテクノロジーの役割が見えてきます。

## ② ジェロンテクノロジーが支援する領域

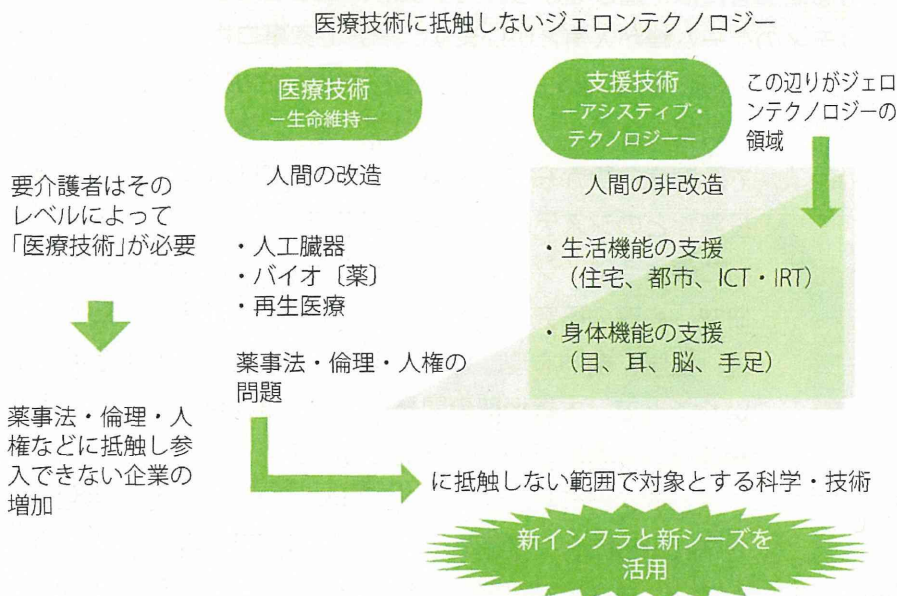
人間の体自体を変えずに、人間の機能を補強したり、周辺を改造したりして高齢者の身体機能や生活を支援するのがジェロンテクノロジーです。したがって医学で治すのが難しい、手足、感覚、脳に障害が残されたままになっている人が対象となります。視力を失えば音声で働くパソコン、聞こえにくくなったら補聴器というように、あくまで体の外部から支援する技術です。

高齢者を支援する技術としては人工臓器やバイオ、再生医療などもありますが、これらは医療分野における治療技術として、ジェロンテクノロジーとは区別して考えます。なぜならば、こうした治療技術は、医療従事者による医療行為が必要なことと、医療における倫理、人権、薬事法などもクリアしなければならないからです。ジェロンテクノロジーが取り組む領域は、医療技術に抵触しない範囲での、支援技術（アシスティブ・テクノロジー）ということになります。

### （アシスティブ・テクノロジー）

障害者の生活を助けるテクノロジーという意味で、「福祉技術」といわれる。障害者のパソコンを障害に合わせて設定を変えるなど、IT技術の支援にも使われている。

図2 ジェロンテクノロジーが対象とする技術・システム



ジェロンテクノロジーの方法論は、身体機能の衰えを人工的な機械や環境で支えるというバリアフリーの概念にも通じます。バリアフリーで研究されてきた成果や、ユニバーサルデザインで開発されてきた機器との連携など、多方面へ可能性が広がります。

また、生理機能を工学に活かす研究で〈優れた人工の感覚、手足〉ができるならば、センサやロボットなどの工業分野にも大きな応用が望める技術です。

### ③ジェロンテクノロジーに期待されること

内閣府は2007年「新健康フロンティア戦略賢人会議」で議論を重ねて「生きがいの倍増」と「社会保障費の削減」を実現することが超高齢社会の要、としています。

労働者人口の減少、社会保障費の増加という高齢社会では、高齢者の社会参画を可能な限り延長することが望まれます。働くことによる「生きがいの倍増」によって心身の健康を保つことができれば、「社会保障費の削減」も実現できるのです。

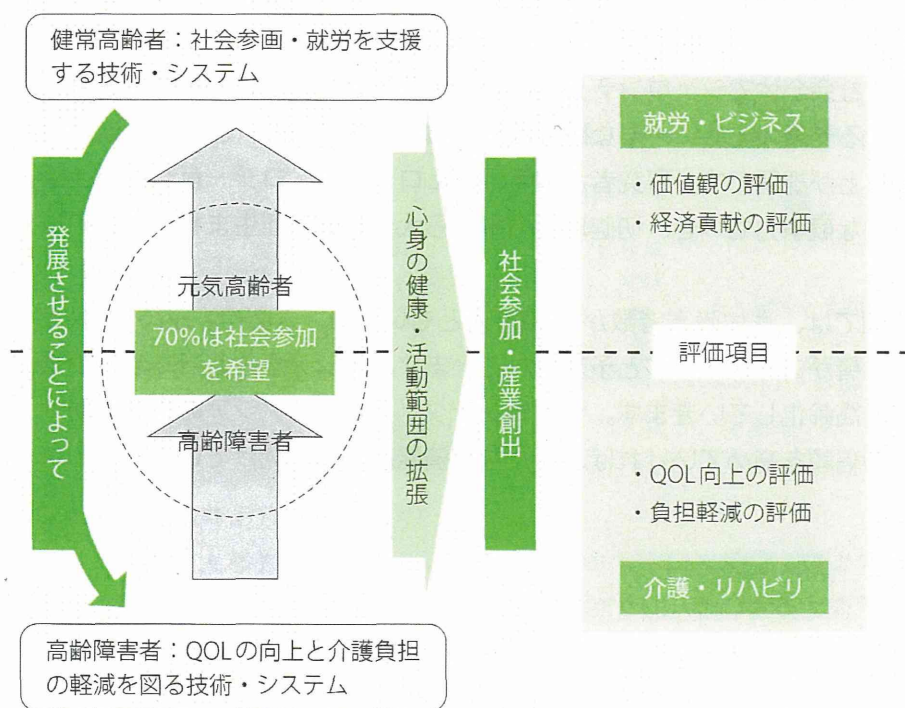
また、介護、看護においては被介護者のQOL（クオリティ・オブ・ライフ）の向上と介護者の負担軽減が望まれています。例えばベッドから車いすへの移乗が介助なしでできれば、被介護者のQOLの向上のみならず、介護者の負担を軽減することにもなります。特に排泄の介助が機械化されて、被介護者がひとりで操作できるようになったら、被介護者・介護者両者の心理的負担がどれほど減ることでしょう。この技術は介護する、される両方の人の心を明るくできるのです。

介護をすべて機械化することには無理がありますが、機械化したことで空いた時間と労力を、被介護者との散歩、社会参加、会話などに向ければ、

#### （新健康フロンティア戦略）

国民の健康寿命の延伸に向け、予防を重視した健康づくりを国民運動として展開するとともに、家族の役割の見直し、地域コミュニティの強化、技術のイノベーションを通じて、病気を患った人、障害のある人、年をとった人も持っている能力をフルに活用して充実した人生を送ることができるよう支援するための戦略。内閣官房長官主宰により、有識者及び関係閣僚からなる新健康フロンティア戦略賢人会議が開催されたことがある。実施期間：2007年度～2016年度。

図3 社会参画・就労からQOL向上・介護負担軽減へ



被介護者の生活は豊かになり、心に充足感や希望が生まれるでしょう。

人の労力に頼っていた介護が、見守りロボットや介護ロボットで代用されるならば、子世代が介護で離職することを防ぎ、次世代の生活の安定にもつながります。こういった充足感のうちに、「社会保障費の削減」が可能になることが理想です。

また、人とその変化を細かく観察、研究し、各分野の英知を集めた研究から、社会全体に貢献する技術開発が生まれてくることは確実です。

このように、社会全体に安心と活気を与えることができるのがジェロンテクノロジーです。

#### ④ ジェロンテクノロジーの課題

電話の発明者グラハム・ベルは聴覚障害のある妻のために音声を遠くまで伝える装置を研究していて、それが電話の発明につながりました。ジェロンテクノロジーも、通信やロボット、脳の分野で、全人類の進歩を促す発明の可能性を秘めています。

人類始まって以来の、未曾有の高齢化社会を迎える日本では、ジェロンテクノロジーは、来るべき大波を乗り切って進むために必要な技術です。高齢者を支援するだけでなく、ジェロンテクノロジーは、我が国の基幹産業に発展していく技術だと見られています。

産業界においては、第一に追求されるべきことは利益であり、結果、少品種大量型の生産体制が主流です。福祉的な機器の開発はおおむね多品種少量型ですが、人間の生活を支援し、便利にするという観点から見れば、ジェロンテクノロジーはさまざまな可能性を秘めているといえます。さらなるジェロンテクノロジーの振興のためには、「産学連携による生活機能補完産業」として、新たな産業分野として発展させていくことが急務です。

また社会全体でジェロンテクノロジーやそれがもたらした成果に注目し、さらなる発展のために必要な研究は辛抱強く支えていく、という潮流をつくることが課題です。研究者が増え、ジェロンテクノロジーが活気づけば、国際的な競争力もつき、切磋琢磨の中から大きな発明が生まれてくるでしょう。

中国では、身体障害者数が8300万人ともいわれ、2025年には65歳以上の高齢者が2億人を超すと予想されています。アジア全体が日本の一歩遅れで、高齢化していきます。ジェロンテクノロジーでアジアの国々を助け、日本の信頼を高めていければ、新たな経済発展の道が開けていくと思われれます。

#### （ グラハム・ベル ）

1847～1922年。英国生まれ。祖父は発声法の専門家。父は、難聴の妻のために「ビジブル・スピーチ・キット」を発明したという家庭環境で育ち、26歳で渡米しボストン大学音声生理学の教授となった。聾啞教育者となったベルは、自身も難聴の娘、メイベルと結婚。妻のために鼓膜を研究、鉄の薄い板を人工鼓膜とするという発想を生み、それが電話の振動板の原型となった。

# 2

## ジェロンテクノロジーという技術

**POINT >**

求められるのは〈仮説×検証・評価×修正〉の繰り返し。ジェロンテクノロジーの研究、開発に必要な方法論を理解し具体的な技術を理解します。

### ① 感覚、脳、運動からなる情報ループ

**WHOの採択**

世界保健機関（WHO）は2001年に「国際生活機能・障害・健康分類」の採択として、障害者支援を「特殊な境遇の人のための特殊な領域」と、見るのではなく、高齢者・病人・幼児などの身体的弱者を支援する社会システムとして位置づけ、障害になっている生体機能に加えて、生活機能そのものに着目すべきであるとし、それが国際的基準になっている。

人間が知的で自立し、社会参加を楽しむ生活を送るためには、感覚、脳、運動の間でスムーズに情報が流れ、相互に活かし合っている状態であることが前提です。

加齢により視力、聴力、運動機能、体力、認知能力が落ちてくると、この感覚、脳から運動の情報ループがスムーズに流れなくなります。

しかし、そのときに適切な支援があれば、情報ループがもとのように流れ、それまでの能力を保ちつつ同じように仕事を続け、生きがいを持ち、元気高齢者でいられるのです。40代、50代ともなると目が老化、眼鏡をかけるのが一般的ですが、これも情報ループの劣化を機器で補っていることとなります。

高齢者にはどんな変化が起こり、それをどんな技術で支援することができるのか、感覚、脳、運動について見ていきましょう。

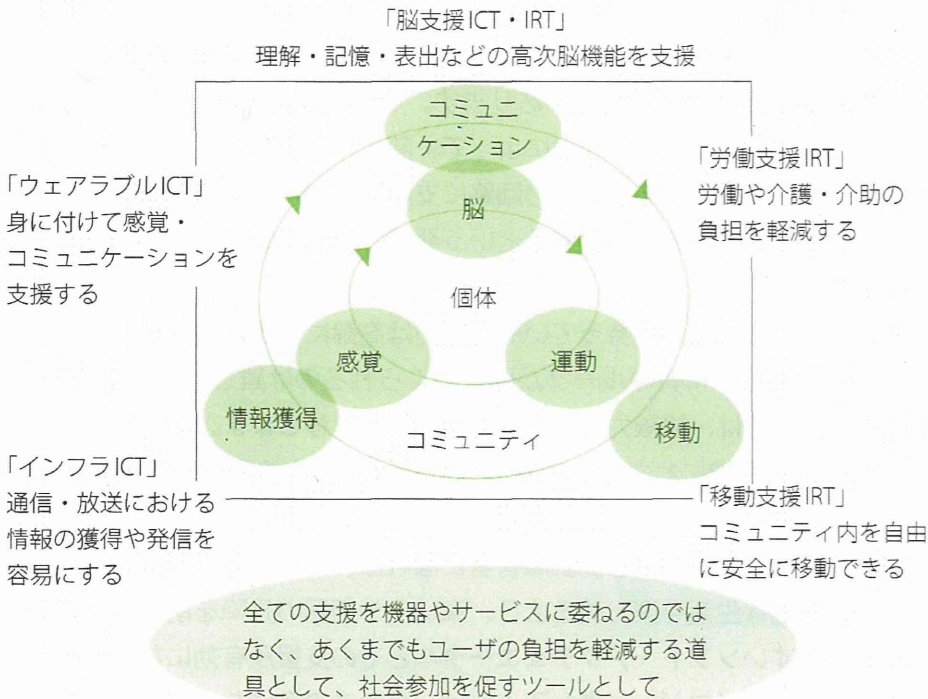
**ICT  
Information and  
Communication  
Technology**

情報（Information）や通信（Communication）に関する技術（Technology）のこと。コンピュータ技術やネットワーク通信に関わる技術全般のこと。

**IRT  
Information and Robot  
Technology**

通信や一般的なコンピュータ技術を意味する「Information Technology：IT」と、実際に動かしたり移動させたりロボット技術「Robot Technology：RT」を融合させた技術。買い物、配膳、運搬、留守番、炊事など家事の簡便化やロボット化などの技術。歩行支援、上肢支援、移乗介護、食事支援、体位交換、救助支援などのロボット開発も期待される。

図4 支援すべき機能とICT・IRT



## ● 感覚

感覚の障害とは、視覚や聴覚、嗅覚など情報収集をする機能の障害です。補聴器、眼鏡、音声の出るコンピュータ、バーチャル・リアリティなどによる人工感覚を利用した機器で情報収集を助けます。

## ● 脳

脳の障害は認知症、失語症、知的障害などですが、コミュニケーション機能が損なわれるのでその支援が大切です。コンピュータと脳のインタフェース、ICT、IRTの活用で、生活機能を支援し、社会参加を可能にしていきます。

## ● 運動

運動機能が障害を受けると、日常の動作が不自由になり、移動が困難になります。車いすや義手、義足、自動車やロボットの活用などで移動を支援していきます。また通院が難しいときの遠隔診察システムなど、システムでも支援します。

## ② 可塑性と経験力

人間の機能を支援する技術を考えるとき、忘れてならないのは人間の持つ「可塑性」と「経験力」です。生体には、機能が損なわれたとき、なんとか対処しようとして、ほかの機能で代償する能力、可塑性があります。

例えば視覚障害者は聞き取る能力が自然と発達し、健常者の倍速で読み上げたほうが理解しやすい、というようになります。また、視覚障害者の歩行実験では、反響音の微妙な変化を聞きわけて、何メートルも先にある障害物を察知できることが実証されています。聴覚障害では、触覚で音を感じ取れるようになる可能性があります。「感覚→脳→運動」という情報のループは、身体を含めた環境によって、変化・対応する柔軟さを持っているのです。つまり、ある情報の回路に支障が生じたら、別の情報の回路を作れるように技術的に支援するという発想がジェロントテクノロジーでは大切です。

ただし、こうした人の持っている可塑性は高齢になるにしたがって低下するので、新しい情報のループが脳につくられるのは難しい場合が多く、高齢者の支援では、経験力を生かす方向に重点を移します。経験力を呼び起こす研究は多岐にわたりますが、リハビリ機器や健康増進のバーチャル・リアリティ利用のゲーム機などが開発されています。

また療養や介護が必要な高齢障害者になれば、残存能力の保持を目的としつつ、快適な生活を楽しめるよう、車いすや便器の昇降を助ける、人体になじみやすいソフト・アクチュエータなどでの支援が有効になります。

ジェロントテクノロジーに携わる人には、高齢者の身になってニーズを探

### （ソフト・アクチュエータ）

ソフト・アクチュエータは、下肢障害者をやさしく持ち上げ移動させる目的で開発された水素吸蔵合金（MH）などを利用した介助機器。動作は緩慢だが重いものも楽々と移動させる機器で、小企業が開発に取り組んでいる。

る想像力、企画力、そして心身の変化に対しての想像力もまた、求められているのです。

### 高齢者の可塑性についての事例

40歳のときに視覚と聴覚を失った人が、67歳のとき、音声を振動に変えて指先で感知できる「触覚ボコーダ」という機器に触れ、ドレミを指先の振動部位の違いで覚える実験をしました。30分程度の訓練で記憶していた童謡を歌うことができました。触覚～脳～発声という「情報ループ」が新しくできたのです。

人の聴覚は魚の触覚センサが進化したものだといわれています。この触覚から聴覚への情報の流れを再現してみよう、という仮説からこの「触覚ボコーダ」さらに、「触覚ジョグダイヤル」が誕生しました。

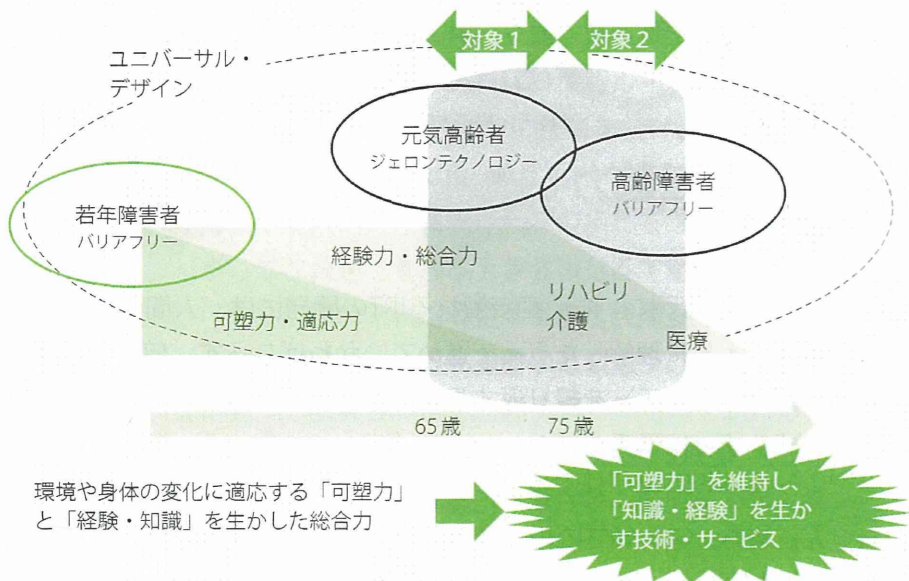
#### 触覚ボコーダ

音声と文字を、指先の触覚でわかる刺激に変換する感覚代行装置。

#### 触覚ジョグダイヤル

パソコンの画面の文字を任意の速度の音声に変換するソフトウェアと連動し、そこで変換された音声を指先の触覚に伝える装置。

図5 ジェロンテクノロジーの対象範囲の設定



### ③ 高齢者の問題を解決するアプローチ

ジェロンテクノロジーによる高齢者問題解決のアプローチは、高齢者の価値観、ニーズにマッチする技術やサービスは何かを知ることから始まります。そのためには、障害のある高齢者当事者からニーズを聞きとり、必要な時点で頻繁に研究に参加してもらうことが大切です。

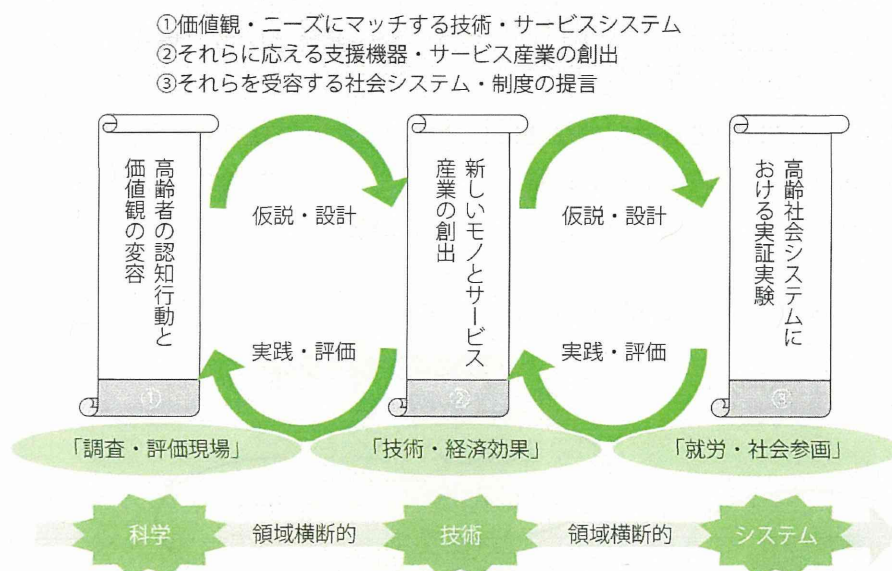
仮説を立てたら、それをもとにして機器を作り、できた機器を高齢者に使ってもらい、役に立つかどうかを検証します。使い心地や効果に改善点があれば、また作り直す。この〈仮説〉〈検証・評価〉〈修正〉を繰り返したゆまず積み上げていかななくては、本当に役に立つ機器とはなりません。

サービスやシステムの場合は、そのシステムを実地で検証し、問題が残されていれば見直すことを繰り返さなくてはなりません。〈仮説〉〈検証・

評価)〈修正〉の「らせん形方法論」が機器開発のときもシステム開発でも同じように必要です。

図6のように、仮説と設計や導入のラインに対して、実践と評価が返っていきます。これを繰り返して初めて、よい機器、モノ、システムになっていくという道筋です。

図6 課題解決のアプローチ



排泄介助機器のように、体に直接触れるIRTの開発には、人間の身体特性や心理特性を十分に理解したうえで進めていかねばならず、何度も〈仮説〉〈検証〉〈評価〉〈修正〉を繰り返す長期戦となるでしょう。

しかし、成功すれば優秀な「センサ」や「アクチュエータ」などが開発されたことにほかならず、社会全体に大きな進歩をもたらすことは間違いありません。また、IRT、ICTの技術開発には、脳神経や認知行動の研究者と、ロボットやバーチャル・リアリティの設計、開発者が協働して取り組むことが必要で、この開発現場は多方面の技術者が協働する場となります。

このようにして「新しいモノとサービス、産業の創出」が実現すれば「技術・経済効果」が高まり、「就労・社会参画」が実現できるのです。このように、ジェロンテクノロジーの現場は科学、技術、システムが領域横断的に働く場となります。

（排泄介助ロボット）

実際に体に触れるロボットなので、安全で快適であることを実現しなければならず、体に当たる部分の素材、機器の動きや操作性など難しい課題がある。しかし、このロボットができれば被介護者の心理的負担が軽くなるので、挑戦のしがいがあるところだ。

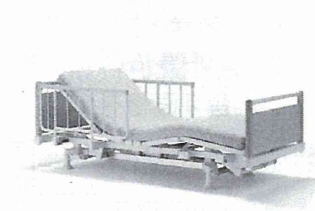
#### ④ ジェロンテクノロジーを生かした福祉機器

加齢によって体の動きに不自由があっても自立した生活を送れるように、また介護が必要になっても介護者の負担を軽減するために、福祉機器（福祉用具と言われることもあります）が活躍します。ここでは、福祉機器の種類と内容を説明していきます。移動に関する、杖、歩行器、車いすなどは、第7章に示してあります。



### <行動や介護・介助を支援する機器>

#### ベッド



電動ベッドがよく知られています。背上げ、膝上げ、高さ調整の機能がつき、身体機能の低下を補って生活ができるようになっていきます。車いすへの移乗がしやすいように回転するものもあります。マットレスには、寝心地のよさだけでなく、床ずれ防止などに工夫したものがああります。

#### 住宅改修



歩行が困難になると、廊下や階段などの手すりがありがたいです。また、トイレや浴槽などで、立ち座りやまたぎ動作の際にも、手すりが役立ちます（写真）。歩行ができなくなると車いすを使用することになり、家の内部や出入り口部にバリアフリー化が必要になります。車いすを通れる幅の確保、段差の解消などが必要になり、出入り口部には、スロープやリフトにより段差解消をはかります。2階へのアプローチのためのエレベータを付けることもあります。

#### リフト



移乗介助の負担を軽減するため、リフトが用いられることがあります。ベッドから車いす、浴室内での動きのため、などいろいろな使われ方があります。

#### 排泄関連



トイレへの移動が困難な場合に、ポータブルトイレ（写真）があります。臭いや衛生上の問題もいろいろ工夫がなされています。おむつもいろいろな種類があり、また尿の自動吸引器もあります。

写真提供：  
フランスベッド

### <コミュニケーションを支援する機器>

加齢による視覚・聴覚の衰えに対する支援機器があります。最近ではICT機器がいろいろな機能を有するようになりました。例えば、文章を音声にするスクリーンリーダ、音声を文字にする字幕システム、声帯の代わりにする人工喉頭、雑音下でも聴きやすいデジタル補聴器、音や画像を伝える触覚ディスプレイなどが実用化されています。



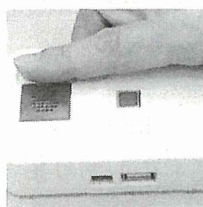
スクリーンリーダ



字幕システム



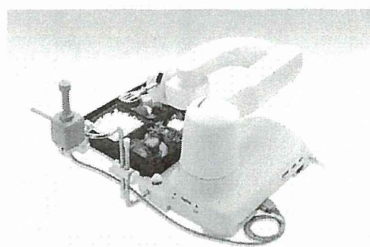
人工喉頭



触覚ディスプレイ

### <ロボット技術適用など>

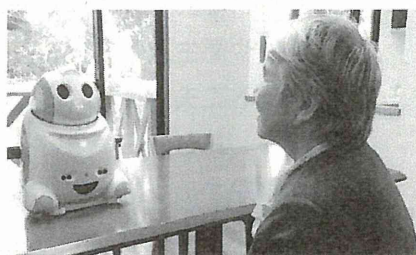
最近では、ロボットなどの先端技術を支援機器に活用する動きがあります。例えば、食事ロボット、手の代わりにするロボットハンド、体の動きをアシストするロボットスーツ、対話をするロボット、癒し感を与えるペット型ロボット、家事支援などを旨とした人型ロボットなどが実用化されています。また、脳の動きを検知して支援機器を動かすBMI（ブレイン・マシン・インタフェース）などの研究も進んでいます。さらに、理解や記憶を支援する機器として、記憶を支援する認知症対応機器から、徘徊感知の機器など、色々な機器が用意されるようになっていきます。



食事ロボット「マイスプーン」  
(写真提供：セコム)



体の動きをアシストする  
ロボットスーツ「スマートスーツ」  
(写真提供：北海道大学/三菱電機エ  
ンジニアリング/スマートサポート)



対話をするロボット「パペロ」



ペット型ロボット「パロ」  
(写真提供：産業技術総合研究所)

