

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。

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

図1 サイバネティクスの概念図



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

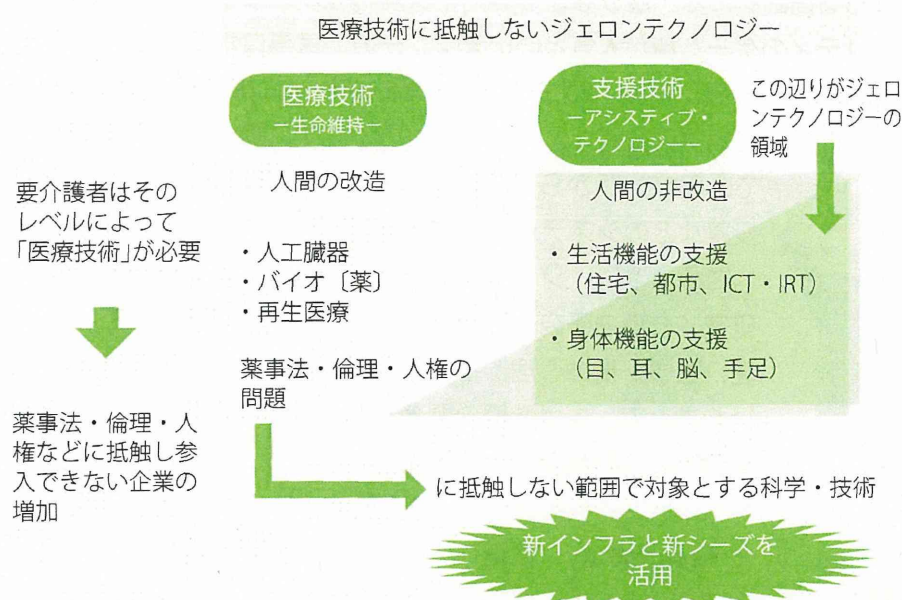
人間の体自体を変えずに、人間の機能を補強したり、周辺を改造したりして高齢者の身体機能や生活を支援するのがジェロンテクノロジーです。したがって医学で治すのが難しい、手足、感覚、脳に障害が残されたままになっている人が対象となります。視力を失えば音声で働くパソコン、聞こえにくくなったら補聴器というように、あくまで体の外部から支援する技術です。

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

（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。

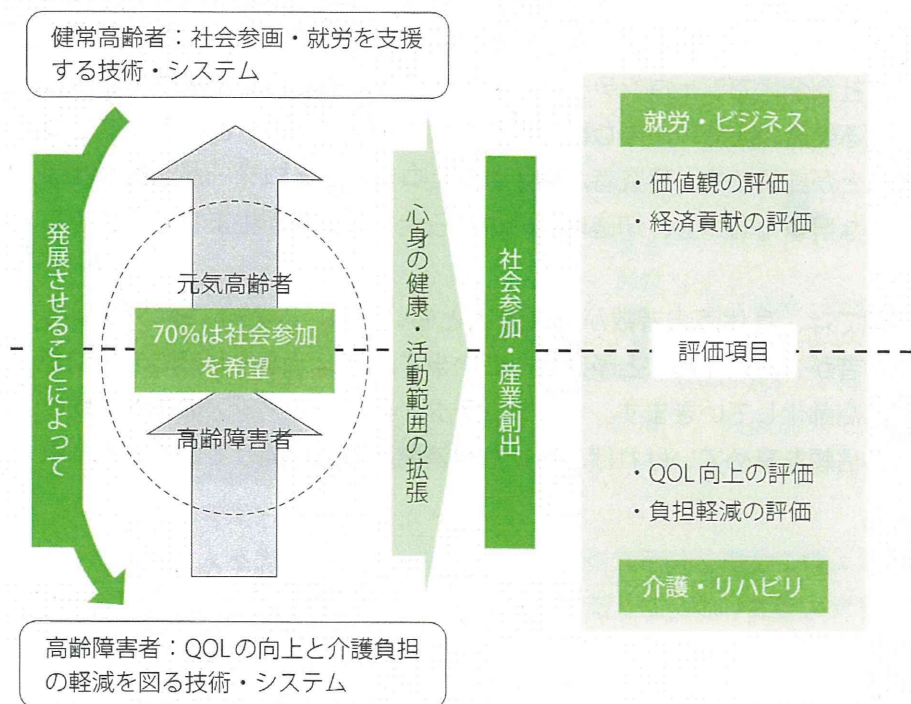
内閣府は2007年「新健康フロンティア戦略賢人会議」で議論を重ねて「生きがいの倍増」と「社会保障費の削減」を実現することが超高齢社会の要、としています。

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、

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のが課題です。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

（ 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。

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。

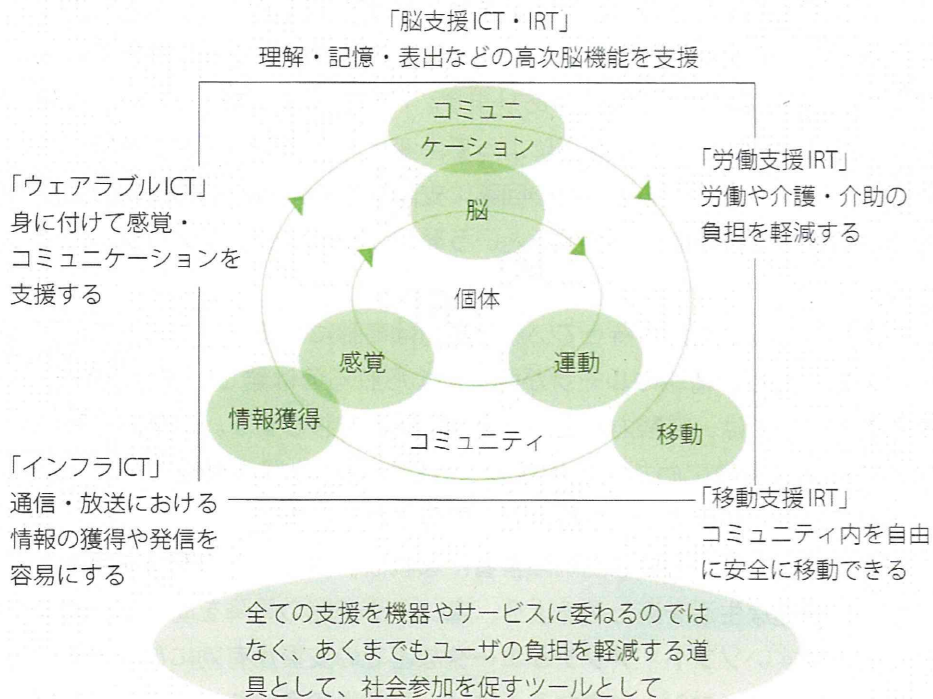
人間が知的で自立し、社会参加を楽しむ生活を送るためには、感覚、脳、運動の間でスムーズに情報が流れ、相互に活かし合っている状態であることが前提です。

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。

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。

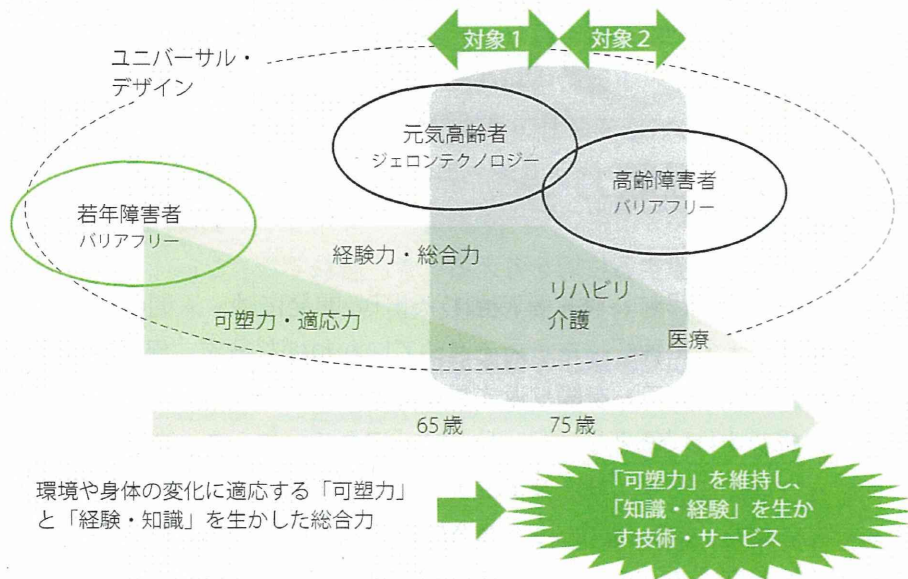
触覚ボコーダ

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。

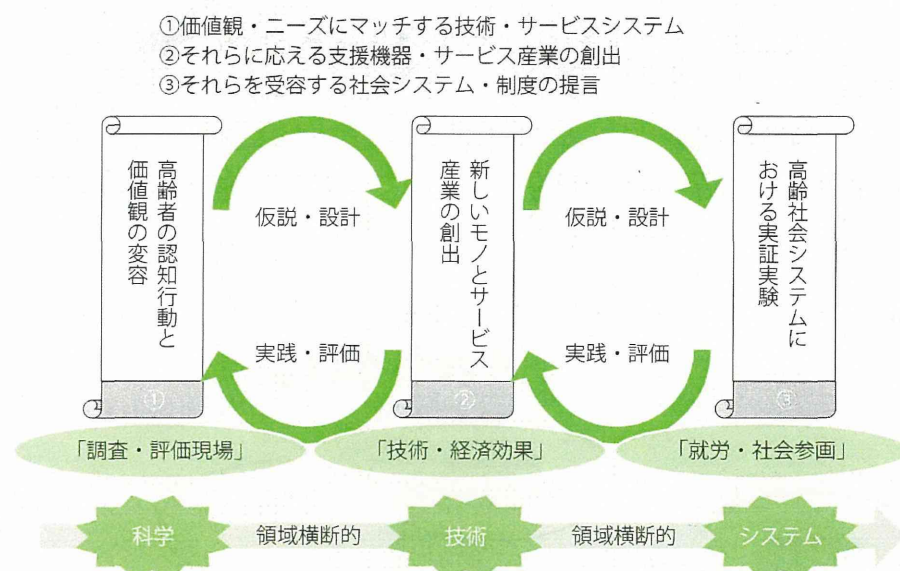
仮説を立てたら、それをもとにして機器を作り、できた機器を高齢者に使ってもらい、役に立つかどうかを検証します。使い心地や効果に改善点があれば、また作り直す。この〈仮説〉〈検証・評価〉〈修正〉を繰り返し、たゆまず積み上げていかなくては、本当に役に立つ機器とはなりません。

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、体に直接接触する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はかならず、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、ジェロント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。

④ジェロントロジーを生かした福祉機器

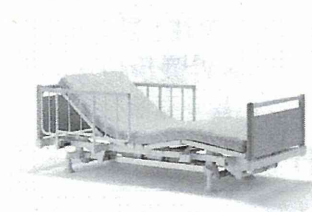
加齢によって体の動きに不自由があっても自立した生活を送れるように、また介護が必要になっても介護者の負担を軽減するために、福祉機器（福祉用具と言われることもあります）が活躍します。ここでは、福祉機器の種類と内容を説明していきます。移動に関する、杖、歩行器、車いすなどは、第7章に示してあります。

（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。

<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。車いすが通れる幅の確保、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。

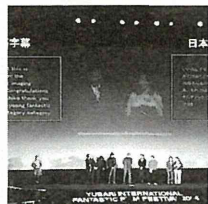
写真提供：
フランスベッド

<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、声帯の代わりをする人工喉頭、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。



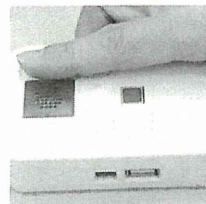
スクリーンリーダ



字幕システム



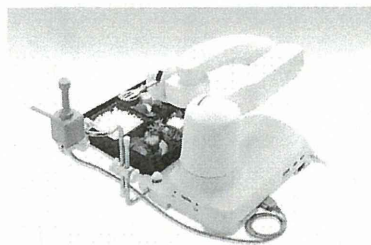
人工喉頭



触覚ディスプレイ

<ロボット技術適用など>

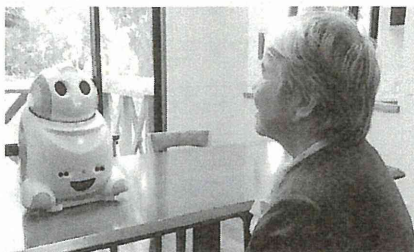
最近では、ロボットなどの先端技術を支援機器に活用する動きがあります。例えば、食事ロボット、手の代わりをするロボットハンド、体の動きをアシストするロボットスーツ、対話をするロボット、癒し感を与えるペット型ロボット、家事支援などを旨とした人型ロボットなどが実用化されています。また、脳の動きを検知して支援機器を動かすBMI（ブレイン・マシン・インタフェース）などの研究も進んでいます。さらに、理解や記憶を支援する機器として、記憶を支援する認知症対応機器から、徘徊感知の機器など、色々な機器が用意されるようになっています。



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「パベロ」



ペット型ロボット「パロ」
(写真提供：産業技術総合研究所)

