



高齢者の自立を目指す 日本の支援機器革命

—介護ロボットとイノベーション—

クルーム洋子 著

■国際長寿センター（ILC-Japan）

ILC（International Longevity Center）は、少子高齢化に伴う諸問題を国際的・学際的な視点で調査研究し、広く広報・啓発および政策提言を行うことを目的としています。現在までに、米国、日本、フランス、英国、ドミニカ共和国、インド、南アフリカ、アルゼンチン、オランダ、イスラエル、シンガポール、チェコ共和国、ブラジル、中国、ドイツ、カナダ、オーストラリアの世界 17 カ国に設立され、連合体（ILC グローバル・アライアンス）として緩やかな連携のなか、研究やシンポジウム開催等の共同事業、また各国独自の活動にも精力的に取り組んでいます。

1990 年に設立された ILC-Japan は、プロダクティブ・エイジングの理念のもとに、数々の調査研究に取り組むとともに、その広報・啓発活動にも力を入れてまいりました。国際的な情報プラットフォームをめざし、すべての世代が支え合い、いきいきと生活できる豊かな高齢社会の実現にむけて、さらに積極的な取り組みを行ってまいります。

国際長寿センター（ILC-Japan）

〒105-8446 東京都港区西新橋 3-3-1KDX 西新橋ビル 6 階

TEL: 03-5470-6767 FAX: 03-5470-6763

URL: <http://www.ilcjapan.org>

E-mail: ilcjapan@mba.sphere.ne.jp

著者紹介：クルーム洋子氏

1949年東京生まれ。国際基督教大学卒業後、米国に留学、ノースカロライナ大学公衆衛生学部博士号取得。40歳台に高齢社会に関心を深め、同大学のソーシャルワーク修士課程に再入学。修了後、州立精神病院のクリニカル・ソーシャル・ワーカー、州高齢者対策本部主任研究員、ノースカロライナ州立大学機構の准教授を経て、2014年6月に退職。

現在は、コンサルタントとして研究・教育活動に従事するとともに、テネシー州のナッシュビルにてアクティブ・コミュニティ・ボランティアとしても活躍。

目 次

謝辞.....	3
はじめに.....	3
支援機器発展の歴史.....	4
支援機器と介護ロボットの関係.....	6
支援機器のイノベーションに影響を与える要因.....	7
支援機器のイノベーションを推し進める日本の政策.....	13
高齢者の視点.....	23
支援機器のイノベーションの実例.....	24
ディスカッション.....	38
結論.....	42
引用文献一覧表 (アルファベット順).....	43

謝辞

本稿は、日米友好基金(Japan-United States Friendship Commission)、アジア研究学会・北東アジア委員会(Northeast Asia Council of Association for Asian Studies)、および、国際長寿センター(International Longevity Center-Japan、ILC-Japan)より、研究費の援助を受けて実現しました。また、ILC-Japanからは、取材、掲載写真の取得、編集、発表面でもサポートを受けました。さらに、ジョン・キャンベル氏とリチャード・クルーム氏の両氏には、執筆にあたって、貴重な助言をいただきました。紙面を借りて、厚く御礼申し上げます。

はじめに

支援機器は、障害者の生活機能の維持、回復、向上を図るための機器のことであり、語源は、英語のアシティブ・テクノロジー(Assistive Technology)、略して、ATだ。ATはこの分野の再編成を意図して1990年に成立した米国の法律、障害を持つ人のための教育法(The Individuals with Disabilities Education Act、略称、IDEA)の中で正式に紹介された。この法律は障害者のために開発される機器とサービスを統合し、教育分野を中心に新しいテクノロジーを積極的に活用していくという米国連邦政府の姿勢を明確にした。以後、障害者向けの機器や用具はアシティブ・デバイス(assistive device)とよばれるようになり、日本でも、和訳の支援機器という言葉が使われるようになった。

支援機器自体の歴史は古く紀元前5～6世紀の中国やギリシャに遡るが、今日、その支援機器が大きな変革の時を迎えている。マサチューセッツ工科大学のHerr教授(2014)は、科学技術の進歩により障害という言葉が死語となる日が来るとさえ、断言している。このような野心的なビジョンも飛び出す中、ロボット工学を中心に、オーストラリア、カナダ、デンマーク、フランス、ドイツ、日本、ニュージーランド、韓国、スウェーデン、英国、米国などの諸国が支援機器の分野に進出している。中国、インド、ロシアの活動が本格化するのも近い将来だろう。

社会的な関心事や技術開発能力などの違いにより、各国の支援機器への取り組み方や進展度は様々だが、その中で、日本の支援機器の開発は高齢者のための支援機器に焦点を絞った点、さらには、国の経済復興政策との関連が密であるという点で、特に興味深い。新機種の市場進出が相次ぐ中、日本はこの分野を率先して進めているといっても過言ではない。

本稿は、介護ロボットやその他の支援機器のイノベーションを率先して進めている日本の現状を紹介し、その進展に影響を及ぼす様々な要因を考察し、さらに、その将来を検討することを目的とする。高齢化が世界的な規模で進行する中、日本のこの分野での経験を国際的な場面で共有することの意義は大きい。なお、日本では福祉用具や福祉機器などの用語が使われるのが普通であり、支援機器では意味が分からないという批判もあるが、福祉という概念を超え日常化する機器や用具という意味を含め、本稿ではあえて「支援機器」とする。

支援機器発展の歴史

今日、日本では支援機器の開発が積極的に進められているが、その出発点は、諸外国、特に米国やヨーロッパの国々の成果に負うところが多い。また、今後も他国との関係を強化しながら開発を進めていくという姿勢を持続している。したがって、日本の福祉機器を考える際、その世界的な背景を把握しておく必要がある。

もっとも古い支援機器の記録としては、障害者を家具などに乗せて運ぶ様子が、紀元前5～6世紀の中国の石板やギリシャの壺に残されている（Kamenetz、1969）。障害者専用の用具の開発は、中世期頃に始まったと考えられ、1655年に、下半身不随の障害を持つドイツ人、ステファン・ファフラーが開発した三輪の車椅子などがよく知られている。19世紀の半ばにはフランスのブレイクが点字方式を発明したが、それを改良したものは今でも使われている。20世紀に入ってから、欧米を中心に大戦争が続き、戦場の負傷が原因で障害者の生活を余儀なくされた若者が続出した。その結果、障害が社会問題としてクローズアップされ、一部の国々で制度的な対策が講じられるようになった。支援機器の改良も進み、フーバー式と呼ばれ

る視覚障害者用に工夫された杖や、電動の車椅子など、新しい工夫が凝らされるようになった。

1960年代に入ってから、米国で始められた自立生活運動（The Independent Living Movement）が大きな影響をもたらした。この運動は公民権運動の影響を大きく受け、障害があっても普通に生活する障害者の権利を主張し、1973年に成立したりハビリテーション法（The Rehabilitation Act）や、1990年の障害を持つアメリカ人法（The Americans with Disability Act）の成立に大きく貢献した。これらの法律は、障害を理由とする差別撤廃の原則を樹立する上で相乗的な効果を発揮し、支援機器の発展にも大きな影響を与えた。

支援機器のイノベーションに先鞭をつけたのは、通称テック法とよばれる1988年の米国の法律、障害者支援のためのテクノロジー活用法（The Technology-Related Assistance for Individuals with Disabilities Act）と、本稿の最初に紹介したIDEA法だろう。テック法は、障害を持つ人々の生活機能を補助・補完する分野に最新のテクノロジーを積極的に導入する米国連邦政府の姿勢を明確にした先駆的な法律であり、その2年後の1990年に発表されたIDEA法は、教育界を中心に分野の再編成を推し進め、ATを名称として定着させた。

米国の法律やAT分野の整備は、世界保健機構（WHO）の生活機能・疾病・健康に関する国際分類（The International Classifications of Functioning, Diseases, and Health-ICF）の成立にも大きな影響を与えた。それまで使われていた損傷・障害・ハンデキャップに関する国際分類（International Classification of Impairments, Disabilities, and Handicaps-ICIDH）は、障害の捉え方が固定的であり、医療モデルに頼りすぎると批判されていたが、ICFへの移行によって生活機能の側面から障害をとらえる視点が確立した。さらに、ICFは支援機器にテクノロジーを導入することや、生活環境の整備が障害の対応策として重要であることなどを明確にした。

日本の場合、国家としての支援機器普及制度の確立は、第二次世界大戦後間もない1950年の身体障害者福祉法を出発点にした、とあってよいであろう。同法は戦地から帰還した負傷兵が巷に満ち溢れていた時代を象徴する立法であった。その後、1963年に、老人福祉法が成立し、給付の条件を満たす65歳以上の高齢者を対象に「日常生活上の便宜のための用具の給付ないしは貸与」が開始された。県や市町村の取り組みも進め始められた。今日は、障害者の日常生活及び社会生活を総合的に支援するための法律（障害者総合支援法）を中心に、障害者の支援機器の普及が進められている。

支援機器と介護ロボットの関係

昨今、介護ロボットやケア・ロボットという言葉をよく耳にする。これらは、ロボット機能を有する支援機器を指すが、ロボットでなくても新しいテクノロジーを盛り込んだ機器であれば、介護ロボットと称されるのが普通だという（本間、2017）。このように、介護ロボットという用語は、日常語化しているが、何がロボットなのかの説明については戸惑う人も多い。新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）さえ、ロボット白書(2014)の中で、「ロボットについて完全に一般性をもった定義というのは実は存在しない」と断言しているぐらいであるから、そのような反応も不思議はない。様々な定義が試みられても、ロボット自体の進化が著しいので、長期間に渡って通用する定義を設定しにくいというのが実情のようだ。

そのような現状を踏まえつつ、本稿では機能的な側面を重視した定義、「センサー、知能・制御系、駆動系の3つの技術を有する知能化した機械システム」をロボットの定義とする（経済産業省、2008）。換言すれば、ロボットは「感じ、考え、動く」の3種類の機能がシステムとして統合され、社会の役に立つ機械と考えればよいだろう。センサーは「感じる」機能を担当する技術であり、よく利用されるのは視覚、聴覚、触覚など人間の五感に相当するセンサーだが、それに加えて距離センサーやGPSセンサーなど五感を超えるセンサーの利用も増えている。「考える」役目を果たすのはコンピューターであり、それにより、センサーから得られる情報が認識され整理され行動が計画される。アクチュエーターはモーターなどの動力源が生成するエネルギーを、「動く」すなわち行動に変える機械である。この3つの技

術を統合しシステム化したのが今日のロボットだが、日本は特にセンサーと制御技術が進んでいると評価されている。

国際ロボット技術連盟（International Federation of Robotics/IFR、2016）は、ロボットを、産業ロボットとサービス・ロボットの 2 つのカテゴリーに分類し、サービス・ロボットは、「人間の生活に役立つサービスを自律的（ないしは、半自律的）に提供するロボットであり、産業ロボット以外のもの」と定義している。サービス・ロボットは、さらに、誰が何のために使用するかによって、プロフェッショナルが使用するロボット（Professional Use）と個人や家庭で使うロボット（Personal/Domestic Use）の 2 種類に分けられている。前者には、宇宙開発、鉱業用、爆破作業、無人監視装置、災害対応用などのほか、手術やリハビリに使われる医療ロボットも含まれる。後者に含まれるのは、家庭や個人が使用する、掃除ロボット、住宅用のセキュリティ装置、教育用・娯楽用のロボットなどであり、介護ロボットもこの範疇に属する。

支援機器のイノベーションに影響を与える要因

日本の支援機器のイノベーションの進展に影響を与える主な要因としては（1）グローバルな規模で進展する高齢化、とりわけ、超高齢社会に突入した日本の現状（2）日本政府の高齢社会対策（3）経済復興の一環として介護ロボットや支援機器をニッチ・マーケットとして開拓する日本政府の方針（4）グローバルな市場環境と障壁、の 4 点が挙げられる。

グローバル化する高齢社会：今日、高齢化はグローバルな規模で加速しているが、その傾向が顕著になったのは 20 世紀の中盤からだ。1950 年から 2000 年の 50 年間に、平均寿命は世界平均で 20 年延長されているが、この傾向は今後も継続し、2050 年の全世界の平均寿命は 75 年に達すると予測されている（The United Nations、2002）。さらに、日本を含む最長寿国グループの場合は、平均寿命が 90 年の大台に乗るのも時間の問題と指摘されている（Salomon、2012）。

とりわけ、日本の少子高齢社会への特化は際立っており、長寿と少子化の相乗効果によりかつて例のないスピードで高齢化が進行している（内閣府、2017）。2016年の段階で、65歳以上の高齢者人口はすでに3,400万人、総人口の27.3%に達しており、さらに、その半分近くの1,700万人（13.3%）が75歳以上であったと報告されている。さらに、2065年には65歳以上の人口は総人口の38.4%、75歳以上の人口は25.5%に達すると予測されている。特に、後期高齢者人口の急速な伸びが目立つが、この傾向はヨーロッパや一部のアジア諸国の長寿国においても同様だ（Salomon、2012）。

一方、元気な高齢者も増えており「今の70代は一昔前の50代ぐらいの元気がある」という声も聞かれる。このような意見が出るのは、平均健康寿命(HALE)が伸びていることから明らかだ。ただし、HALEは伸びてはいるが、その速度は平均寿命の伸びを下回るため、疾病や障害を抱える年数（すなわち、支援機器が役に立つであろう年数）も長くなっているというのが現状だ（Salomon、2012）。したがって、健康寿命の伸びにしたがって支援機器の需要は抑えられたり減ったりする、という予測は立てられない。

高齢社会対策：高齢化社会に向けた日本の本格的な対応の出発点は、高齢化に伴う医療・介護ニーズへの懸念が表面化し始めた1960年代に成立した老人福祉法とあってよいだろう（Campbell、1992）。以降、主に北欧の社会福祉政策に啓発されながら、日本政府は様々な政策を打ち出し、各種のプログラムを創出してきた。その代表例としてあげられるのが、1989年に発表された高齢者保健福祉推進10カ年戦略（いわゆる、ゴールドプラン）であり、2000年に施行された介護保険制度だ。ゴールドプランの主目的は、高齢者を対象とした居宅介護サービスや介護施設サービスの拡充だったが、特に重視されたのは家族の介護負担の軽減を目指した介護職の専門化であった。介護保険は高齢者を主な対象として介護サービスを提供する世界でもユニークな公的な保険制度であり、サービスは施設介護と居宅介護の両面にまたがるが、最近では、後者を中心に据えた地域ケアの比重の高まりが目立つ。

介護保険の主な対象は、65歳以上の高齢者で、要支援・要介護の認定を受けると、その段階によって定められた範囲の介護サービスを受けることができる。支援機器の開発事業にとって特に重要なのは、サービスの一環に含まれる福祉用具貸与制度だ。居宅の高齢者を対象とし、全国的な規模で支援機器をレンタルする制度としては初の試みであった。支援機器を障害者に支給する制度は他にもあるが、高齢期になってから支援機器が必要になる人には分かり難く使いづらいという声も高く、高齢者の利用はごく限られているという（テクノエイド協会、2014）。

介護保険の福祉用具レンタルは車椅子や特殊ベッドなど13品目の支援機器を、収入に応じレンタル料の1割ないしは2割の利用者負担で、認定を受けた在宅の被保険者に貸し出す制度だ。さらに、2013年からはレンタルに際し福祉用具サービス利用計画を策定することが義務付けられるようになった。その背景には、支援機器の選択や利用については被保険者の残存生活機能の維持・向上の配慮が重要だという認識の深まりがある（大橋、2013）。

介護保険制度下の福祉用具貸与の課題の一つとして残されるのは、利用者が在宅の被保険者に限られるという点だ。介護施設に入居する被保険者の場合は、本人に対する給付ではなく、施設への備品経費の一部として支援機器は取り扱われている。これは措置制度時代の名残であろうが、支援機器の利用が多い施設入居者が本人のニーズに合わせた支援機器ではなく、「汎用性の高い備品として」の支援機器の使用を強いられるという矛盾が指摘されている（テクノエイド協会、2014）。このように課題も残される介護保険制度下の貸与制度だが、高齢者に支援機器を普及させる有効なメカニズムとしてその拡張が期待されている。介護ロボットやその他の革新的な支援機器の導入については、ごく少数が実現したのみだが、審査のペースが「3年に一度」から「随時」に変更されるなど、臨機応変に対応できるよう、徐々にではあるが、整備が進んでいる。

経済復興：第二次世界大戦後、日本経済は波乱万丈の道を歩んできた。70余年にわたるその歴史は、1945年から1973年頃までの経済復興から高度成長に及ぶ第1期、世界の先端を行く工業国としての地位を確立し、バブル景気に至った1990年

頃までの第2期、そして、そのバブル景気が破綻し模索を続けてきた過去30年間の第3期に大別される。その中で、現在は国際的な産業経済競争の激化や高齢少子化に伴う労働力不足などを理由に、長期的な経済復興の見通しを懸念する声が上がっている。

1990年代以降、日本政府は様々な経済復興政策を試みてきたが、2013年頃から将来の経済ビジョンを明確にする動きが活発化し、日本再興戦略と題する総合的な経済政策を打ち出している（内閣府、2013）。最近の動きで特筆すべきは、2017年に発表された「ソサエティ5.0」と題する新しい経済社会のビジョンだ（日本経済団体連合会、2017）。それによると、ソサエティ5.0が目指すのは、サイバー・テクノロジーが隔々にまで浸透した社会を創ることであり、その実現により少子高齢化社会の諸問題が解決されると同時に、経済の復興が可能になるという、いわば、一挙両得の構想だ。

ソサエティ5.0のビジョンを実現するには、高度な技術力と工業力を最大限に活用しつつ、ともすれば閉鎖的であった日本の技術・経済環境を大幅に改善し、ビジネスに適したグローバルな環境を整備する必要があるとされ、様々な方策が実行に移され始めている。具体的には（1）経産省がリーダーシップをとる（2）行政面での垣根を取り払う（3）産学官の協働を強化する（4）開発の妨げとなる規制を改善・緩和する（5）政府資金を大幅に投入する（6）オープン・イノベーションを推進する（7）外国企業や機関との連携を強化する（8）海外の優秀な人材を誘致する、などだ。日本は、日本株式会社など、称賛されると同時に揶揄された時代もあったほど国内の結束力が強く、日本の独自性を強調することによって成果を上げてきた国だが、グローバルなビジネス環境の整備という点でEU諸国や米国に後れをとってしまった感は否めない。ソサエティ5.0は、その弱点を克服し、世界を先導する経済国家に返り咲こうという日本政府や経済界の決意を込めた方針といえる。特に、その中に占めるロボット産業の重要性と高齢者のための支援機器開発の役割を明らかにした点が興味深い。とりわけ、最近では高齢者やその家族が家庭で使いやすいタイプの製品の開発へと対象の幅が広がっているのが注目される。

国際的な影響と貿易の障壁：日本は、諸外国の制度やプログラムから有益な部分や興味深い部分を抽出し、日本の事情に合わせて改変し成果を上げてきた伝統がある。これは支援機器分野のイノベーションにおいても同様だ。

支援機器のイノベーションに先鞭をつけたのは米国のテック法であることは先述したが、その5年後の1993年には日本でも福祉用具法が成立した。同法へのテック法の影響は明らかだが、それを日本の課題である高齢社会と経済復興という二つの課題の解決策に結びつけたのが福祉用具法とあってよいのではないだろうか。さらに、同法は日本の事情に即し（1）経産省と厚労省が協力して支援機器の開発を推進する（2）高齢者のための支援機器に主眼を置く（3）国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の研究・開発事業の一つに支援機器を加える、という枠組みを明確にした。NEDOは、企業や大学で行われる先端的な産業技術の研究開発事業を国家的なレベルでコーディネートし助成する目的で1980年に設立された国の組織だが、その事業対象に支援機器が加えられたということは、日本においても支援機器のイノベーション活動が本格化したことを示した。

国際的な影響という視点からは、他国との支援機器の取り扱いの違いが、日本にとって貿易上の障壁になっている点も見逃せない。特に、ヨーロッパ市場(EU)、米国、それに、将来的に大きな市場と見込まれる中国との違いが重要だ。これらの国々は共通して支援機器を医療機器として取り扱い、承認された製品でなければ販売できない仕組みになっている。対照的に、日本では支援機器は日常用品扱いであり、安全性、有効性、利便性などのデータがなくても市場に出せる仕組みになっている。次に、EU、米国、中国の制度を要約する。

EU：EUは、1985年に締結された技術の調和と規制のための新方針（New Approach to Technical Harmonization and Standards）という協定により、EU内に流通する商品にCEマークと呼ばれる共通の認証票の貼り付けを義務づけている。支援機器の場合は医療機器とみなされるから、医療機器対象のCEマークの貼り付けが必要だ。認証のレベルは、機器のリスクによって、I、II、IIIの3クラスに分類され、申請には、レベルによって、有効性、安全性、利便性

などのデータの提出が必要とされる。そして、このデータの義務化により、EU 全体の新製品の臨床テスト能力や評価能力が向上する仕組みになっている。特に注目に値するのは、デンマークやスウェーデンが中心におこなっているユーザー・ドリブン・イノベーション（User-Driven Innovation）、すなわち、利用者優先のイノベーションという手法だ。この手法は、開発の当初から臨床テストを終えるまで、利用者の参加を求め、その意見を中心に開発を進めるというものであり、支援機器の利用者が必要とする使い勝手の良い製品に仕上げるのに有益な方法と評価されている。特に、デンマークは、自国製品の開発のみにとらわれず、自国の高齢者の役に立つものであれば、世界各国の支援機器をサポートするというオープン・イノベーション方式を採用しており、後述するパロなど日本の支援機器もその恩恵にあずかっている（日本政策投資銀行(DBJ)、2014；OECD、2012）。

米国：最大の支援機器市場と期待される米国に販路を広げるには、まず、米国連邦政府の食品医薬品局（Food and Drug Administration/FDA）から、医療機器として認可されなければならない。リスクに応じて、認可レベルが3段階に分けられていること、リスクが高いほど、綿密な審査の対象とされることなどの点においても、EUと似ている。ただし、審査自体はEUより厳しいとみなされており、まず、ヨーロッパでCEマークを確保してから、米国に販路を広げるといった作戦をとる日本企業が多い。FDAの認可に加え、メディケアの耐久医療機器（Durable Medical Equipment- DME）に指定されることも普及を確実にする上で重要視されている。メディケアは、主に65歳以上の高齢者を対象とする連邦政府の医療保険だが、DMEに指定されると機器購入価格の80%をメディケアが負担するので、普及面でのメリットは大きい。しかし、この制度も、最近では、条件が厳しくなり、DMEの指定に加え、競争契約のプロセスを勝ち抜いた業者の取り扱い商品リストにのることが条件とされる場合が増えている。米国への輸出製品がこの難関を突破するキー・ポイントの一つは、効能、コスト・パフォーマンス、安全性などに関する第三者評価データの収集を、米国内の有力機関に依頼することだといわれている。

中国：中国も、米国や EU 同様、支援機器を医療機器と見なしており、中国食品医薬品局（China Food and Drug Administration/CFDA）の認可が必要だ。認可の段階は上記の国々同様 3 段階に分けられているが、申請に関する情報が中国語であることや、新技術やリスクの高い機器の場合は中国国内のデータとの比較や中国での専門家会議の開催が求められるなど、外国からの申請のハードルが高いことが特徴だ。だが、市場としての将来性は疑いない。

日本では、最近、補聴器が管理医療機器に指定された以外、支援機器の取り扱いに変化は見られない。むしろ、現在のシステムは比較的短期間で支援機器を市場化するのに有効だと指摘する報告もある。（毛利、2016a）一方、支援機器の安全性に対する懸念は国内でも高まっており、製品が市場に出る前に利便性、安全性、利便性などの検証は必要だとの認識が広まっている。また、デンマークやスウェーデンのユーザー・ドリブン・イノベーションへの関心も集まっている。

支援機器のイノベーションを推し進める日本の政策

1993 年の福祉用具法の成立に基づき、具体的な実行を先導したのは「課題解決型福祉用具実用化支援事業」だ。この事業は、支援機器のイノベーションを助成する事業であり、1993–1994 年を出発点に今日も継続されていることから、日本の支援機器イノベーション政策のバックボーンの一つとみなすことができる。（NEDO、2017a ; NEDO、2017b）支援機器のイノベーションはリスクが大きく企業、特に中小企業、が単独で実用化を図るのは難しい、という観点に立った助成事業で、助成後 3 年以内に実用化の可能性のある支援機器を主な対象としてきた。助成額の上限は、年間 2,000 万円、助成期限は 3 年以内と定められ、表 1 に示されるよう、2016 年現在、222 の福祉機器開発がこの事業の支援を受け、その約半数の 107 件が実用化を達成した。ただし、収益を上げる段階に至ったのは採択件数の 5%にとどまるという。高齢者の利用を目的とする介護ロボット開発が主眼だが、それ以外の支援機器イノベーションへの助成も行われている。

表 1. 課題解決型福祉用具実用化支援事業の実績 (2016 年現在)

年	件数		給付総額 (単位：億円)	事業者数	
	応募	採択		市場化実現	収益納付実現
1994	118	19	2.88	0	0
1995	77	9	1.78	4	0
1996	128	13	1.67	8	1
1997	123	13	1.95	6	1
1998	123	15	2.06	13	1
1999	158	20	2.42	10	2
2000	183	21	2.43	6	0
2001	129	10	2.44	10	2
2002	121	10	1.57	7	1
2003	115	5	0.88	9	0
2004	131	10	1.14	4	0
2005	77	5	1.29	4	0
2006	43	5	1.5	4	1
2007	34	5	1.07	2	0
2008	56	7	1.03	1	0
2009	45	4	0.93	2	0
2010	75	11	1.01	3	0
2011	29	11	0.54	4	1
2012	45	7	0.52	4	0
2013	58	7	0.33	4	0
2014	34	7	0.90	3	0
2015	33	3	1.15	0	1
2016	38	3			
合計	1,973	222	31.49	107	11

資料：NEDO (2017b) 平成 29 年度実施方針：課題解決型福祉用具実用化支援事業

事業開始当初の目標は基礎的な研究やそれを支える枠組み作りに費やされ、世間の関心を集めることは稀であった。最初のロボット型支援機器として国内市場に登場したのは、2002年に発表されたマイスプーンだった。マイスプーンは手が不自由でスプーンや箸が使えなくても、ジョイ・ステックの操作で自力で食事ができるようサポートするロボットだ。介護ロボットの新品が華々しく報道されるようになったのは2000年代の中盤頃からであり、開発者も新進のロボット博士としてもてはやされる時代が到来した。

政府の介護ロボット政策やプロジェクトに大きな拍車をかけたのは、2011年に総合科学技術会議が発表した「平成23年度科学・技術重要施策アクション・プラン」だ。同会議は内閣総理大臣をはじめとする閣僚と学識経験者で構成される国の科学技術政策の元締めであり、後に総合科学技術イノベーション会議と改称されている。2020年をめどにしたアクション・プランに盛り込まれた支援機器開発の焦点に当てられたのは、高齢者や障害者が楽に使える機器や、介護者の負担を軽減する機器であり（1）要介護者の増加が抑制され（2）高齢者と障害者の社会参加の機会が増え（3）介護者の負担が軽減するとともに介護の質が高められ（4）産業の国際競争力を高めること、に向けた支援機器の役割と期待が明確にされた（総合科学技術会議、2011）。

表2は同プランの方針を具体化する一連の政策のうち、中心的なプロジェクトであり、（1）生活支援ロボット実用化プロジェクト(2009)（2）福祉用具・介護ロボット実用化支援事業（2011）（3）ロボット技術の介護利用における重点分野策定(2012)（4）ロボット介護機器開発・導入促進事業（2013）（5）ロボット介護機器開発5カ年計画（2013）（6）介護ロボット購入助成事業（2014）などが含まれる。

表 2. 支援機器のイノベーションを促進する政府のプロジェクト

プロジェクト	内容
生活支援ロボット実用化プロジェクト (NEDO、2011)	2009年に開始され、2013年度までの5年間に、総額60億円を投入し、福祉用具の安全性を検証する方法を確立し、安全技術を導入した生活支援ロボットの開発支援を目的とした。
福祉用具・介護ロボット実用化支援事業 (厚労省、2016)	2011年に開始。年間予算8,300万円で、介護ロボット実用化に向け、専門家によるアドバイスや介護施設でのモニター調査資金の交付などの活動を通じて、開発者と介護の現場をつなぐ支援事業や実証実験を実施している。
ロボット技術の介護利用における重点分野策定 (厚労省、2014)	2012年12月に公表。ロボット介護機器の開発・実用化に係る重点分野として (1) 移乗介助 (2) 移動支援(装着型/非装着型) (3) 排泄支援 (4) 認知症見守りの4分野を選択し、2014年に入浴支援を追加した。
ロボット介護機器開発・導入促進事業 (日本医療研究開発機構、2017)	2013年に年間予算30億円で開始。重点分野のロボット介護機器を開発する企業等への補助と安全・性能基準作成など実用化に必要な実証環境の整備を主目標とする。
ロボット介護機器開発5カ年計画 (経産省、2013)	2013年の閣議決定。移乗介助、見守り支援等、安価で利便性の高いロボット介護機器の開発をコンテスト方式で進めることや、安全基準及びそれに基づく認証制度の早期設置を目標に掲げている。
介護ロボット購入助成事業 (テクノエイド協会、n.d.)	2014年度に開始。ロボット介護機器の量産化の道筋をつけることを目的とし、全国100カ所以上の介護施設にたいし、ロボット購入費用の50%以上を助成する事業として発表された。同時に、介護現場で活用される介護ロボットを対象に大規模な検証事業を開始した。

支援機器のイノベーションがロボットに限られないことは前述したが、ロボット技術の導入を中心に進められてきたことは確かであり、その用途も幅広い。経産省と厚生労働省は、2013年に、共同事業としてロボット介護機器開発5カ年計画を発表し、日本再興戦略の一環として、介護ロボットの開発と普及への支援を強化する方針を明らかにした。表3は、この方針に基づいて、日本政府が重点的に開発と普

及を援助する 5 種類の介護ロボット（移乗介助、移動支援、排泄支援、入浴支援、見守り支援）の用途・条件・件数をまとめたものだ（経産省、2014；厚労省、2013；経産省、2017）。支援の内容については、技術開発、実証研究によるデータ収集、販路の開拓など、申請された介護ロボットの実用化段階によって様々だ。

表 3. ロボット介護機器開発 5 力年計画に含まれる介護ロボット

機器タイプ		用途	採用の条件	採択件数と例
移乗介助	装着型	ベッド、車椅子、便器などからの移動アシスト	<ul style="list-style-type: none"> 介助者の腰の負担軽減 介助者が単独で脱着可 	<ul style="list-style-type: none"> 総数：5 件 例：サイバーダイン社の HAL[®] 腰タイプ介護支援用
	非装着型	ベッドから車椅子への移動アシスト	<ul style="list-style-type: none"> 介助者の単独操作可能 吊り下げ式移動用のリフトは対象外 	<ul style="list-style-type: none"> 総数：8 件 例：マッスル社の SASUKE
	装着型外出用（2017年に追加され、具体例の情報未発表）			
移動支援	屋外型	高齢者の外出や買い物をサポートする歩行支援	<ul style="list-style-type: none"> 利用者の単独操作可能 自力歩行支援 坂道の歩行を安全にパワー・アシスト 	<ul style="list-style-type: none"> 総数：12 件 例：RT.ワークス社の RT.2
	屋内型	高齢者の屋内移動や立ち座り（特にトイレへの往復やトイレ内での姿勢保持）のサポート	<ul style="list-style-type: none"> 自力歩行支援 単独ないしは介助者は一人の使用を想定 他の歩行用具との併用可 	<ul style="list-style-type: none"> 総数：7 件 例：サンヨーホームズの「寄り添い」ロボット
排泄支援		排泄物の室内処理	<ul style="list-style-type: none"> 室内設置可能 排泄物の室内への臭気発散防止 	<ul style="list-style-type: none"> 総数：10 件 例：日本セイフティ社の ラップボン
		自助型排泄支援（2017年に追加され、具体例の情報未発表）		

機器タイプ		用途	採用の条件	採択件数と例
入浴支援		浴槽への出入りの動作支援	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 単独ないしは介助者は一人の使用を想定 ▪ 家人の入浴の際は取り外し可能 ▪ 特別な工事不要 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 総数：5件 ▪ 例：積水ホームテクノ社のwells
見守り支援	介護施設	複数の要介護者を同時に見守ることが可能で、要介護者がベッドから離れた場合にも検知・通報能力を備えたプラットフォームや機器	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 介護者間の情報共有が可能 ▪ 常時使用が可能 ▪ 他の機器やソフトウェアとの接続が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 総数：21件 ▪ 例：イデアクエスト社の非接触無拘束ベッド見守りシステム
	在宅	在宅で使用する、転倒検知や外部通信機能を備えたプラットフォーム	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 複数の部屋の同時見守り可能 ▪ 暗所・浴室の使用可能 ▪ 要介護者から見守りの家人への通報可能 ▪ 要介護者特有の見守り指標の設定可能 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 総数：14件 ▪ 例：ソルクシーズ社のいまイルモHI
施設支援	施設業務支援（2017年に追加され、具体例の情報未発表）			

資料：介護ロボットポータルサイト（2017）ロボット一覧

この事業を国から委託された日本医療研究開発機構（AMED、2017）は、他の機関とコンソーシアムを立ち上げ、情報共有を目的とする介護ロボットポータルサイトを運営しているが、それによると、2017年までの5カ年計画に採用され、援助を受けた介護ロボット総数は68件にのぼり、そのうち、表4に見られるように、製品化が実現しているのは11件だという。

表 4. 製品化が実現したロボット介護機器開発 5 年計画の 介護ロボット

重点分野	製品名	企業名
装着型移乗介助	HAL [®] 腰タイプ介護支援用	サイバーダイン社
	介護用マッスルスーツ	株式会社菊池製作所
非装着型移乗介助	移乗サポート Hug T1	富士機械製造社
	離床アシストリショーン Plus	パナソニックエイジフリー社
	ROBOHELPER SASUKE	マッスル株式会社
屋外型移動支援	歩行アシストカート RT.1 *	RT.ワークス社
	歩行車フラティア	カワムラサイクル社
排泄支援	水洗ポータブルトイレ・キューレット	アロン化成社
介護施設向け見守り支援	3次元電子マット式見守りシステム	ノーリップレシジョン社
	シルエット見守りセンサー	キング通信工業社
	見守りシステム・アウルサイト	イデアクエスト社

*RT.1 の基本構造は、本稿で紹介する RT.2 と同じであり、RT.2 に先立って発売された。

資料：経済産業省/AMED ロボット介護機器開発・導入促進事業 製品化機器一覧

支援機器のイノベーションが進むにつれ、また、ヨーロッパや米国の市場の認証制度の経験を得ることにより、支援機器の効能、安全性、利便性などのデータを明らかにする必要性の認識が日本国内で高まった。支援機器の欠陥や誤った使用による事故が相次いで報道されるようになったことも、制度の整備をうながすことになった。主な動きとしてあげられるのは（1）経産省が 2008 年から開始した福祉用具専用の JIS マーク表示制度（2）厚労省がテクノエイド協会と共同で行っている福祉用具臨床的評価事業（3）NEDO が他国と協力して策定したパーソナル・ケア・ロボットの安全性に関する国際規格(ISO13482)だ（相沢、2014; 厚労省、2017）。福祉用具専用の JIS マークと臨床的評価事業は、共に、任意の認証制度であり、ISO13482 は、NEDO が、ドイツなどと協力し、世界で初めて策定したパーソナル・ケア・ロボットの安全性に関する国際規格だ。新しい分野の規格ということもあり、ISO13482 には、数値的な基準がほとんど含まれておらず、審査を行う機関の実力と国際的な信用が特に大切な規格だと指摘されている。後述する HAL[®]は、

ISO13482 を世界で初めて取得し、RT.2 もその先行型の RT.1 と共にこの国際規格の認証を得ている。

国の政策やプロジェクトは県や地方自治体にも大きな影響を及ぼし、独自の事業も開始されている。特に、地域活性化総合特区に指定されているさがみロボット産業特区と岡山型持続可能な社会経済モデル構築総合特区の活動は、新しい支援機器の開発と普及を事業内容に組み込んでいるという点で注目に値する（大沢、2014）。特区には幾つかの種類があるが、地域活性化総合特区は資源を最大に活用して、当面する経済的・社会的問題の解決、地場産業の育成、および、地域の活性化を図る地方自治体主体の活動を国が支援する制度だ。このタイプの特区に指定されると税制措置、財政措置、金融措置等を総合的に受けられ、かつ、目標達成を阻む規制が緩和されるなどの恩恵に浴することができる。

さがみロボット産業特区はロボット産業を地場産業として育成する目標を掲げているが、その一環として、ロボット技術を駆使した支援機器を特区内の介護施設に貸し出すプロジェクトを 2010 年に開始した。表 5 は、このプロジェクトに参加した 28 施設から得た改良すべき点についての意見をかながわ福祉サービス振興会（2012）がまとめたものだ。内容としては（1）購入しやすい価格にすること（2）現場のニーズに対する理解を深めること（3）安全性に関する情報をふやすこと（4）使い手の身になって使い勝手を向上させること（5）介護ロボットに関する基本情報及び事例や実績などの情報を提供し総体的な理解促進を図ること（6）利用の準備に要する時間を減らすこと（7）新しい試みに尻込みする経営方針を改めること、などの提案や懸念が浮かび上がってくる。また、これ見よがしの大げさな機器は反感を持たれると共に、介護は人の力でという考え方が根強いことも明らかになった。

表 5. 試験的に利用した介護ロボットにまつわる問題点

回答内容の分類		回答要旨	回答施設数
製品の価格、機能など	価格	価格が高い（高すぎる）	21
	費用効果	費用対効果がわからない(見えない)	9
	機能	<ul style="list-style-type: none"> 完成度が低い、現場ニーズと乖離 介護施設のニーズの理解不足 大仰で、使用準備などに手間がかかる 	9
	安全性	安全性に不安がある	8
	使い勝手	人が介在しないと使えない	5
情報	基本情報	そもそも情報がなさすぎるので、介護ロボットのことがよくわからない	6
	導入実績・事例	事例 実績・事例がわからない	4
介護施設の経営特性や経営意識		<ul style="list-style-type: none"> 資金的余裕がない 危機意識、問題意識が希薄 	6
介護に対する意識		介護は人で。ロボットには無理	5

資料：かながわ福祉サービス振興会(2012) 平成 23 年度介護医療分野ロボット普及推進モデル事業報告書 143 ページ

岡山市の特区活動の目標は、高齢社会への対応が十分に行き届いた環境創りであるが、その一環として、2014年に在宅の高齢者を対象に新しいタイプの支援機器を貸し出す貸与事業が開始された。貸し出し品目は、介護ロボットのみに限らず、介護保険のレンタルに加えられるべきと同市が判断する新しいタイプの製品が中心であり、ダイヤ工業のパワーアシストグローブなど、地元の企業が開発した製品を積極的に支援する方針も盛り込まれている。公募を通じて採用された支援機器は、介護保険の貸し出し条件に準じ、レンタル料は利用者負担10%で高齢の岡山市民に貸し出されている。レンタル・データを利用者から収集し、貸し出された支援機器が介護保険の対象品目に加えられるよう実績を積み上げていくというのが、特区としての岡山市の狙いだ。データの収集や分析は市が福祉機器の製造メーカーや地元の大学と協力して行い、介護保険の責任官庁である厚労省とも連絡を取りながら進め

ている。表 6 は、2018 年現在の貸し出し品目とレンタル料の一覧表だ（岡山市、2018）。

表 6. 岡山市福祉用具レンタル一覧表

支援タイプ	用具名	メーカー	利用料
入浴	シャワー温浴チェア	積水ホーム	500 円/月
コミュニケーション	パロ	知能システム	2,000 円/月
握力アシスト	パワーアシストグローブ	ダイヤ工業	1,700 円/月
服薬	服薬支援ロボ	ケアポット	1,500 円/月
	e-お薬さん	エイザイ	1,000 円/月
	お薬飲んでね!	上島電興	800 円/月
みまもり	おだやかタイム	F.S.C.	1,600 円/月
排泄	ラップポン	日本セイフティー	800 円/月
歩行器	アクシブ	ナンブ	1,000 円/月
	快速ウォーカー	ウエルファン	350 円/月
姿勢矯正	トランク・ソリューション	TSC	1,400 円/月
歩行・車椅子用室内スロープ	ハートフル・スロープ	ナカシマ建創	850 円/月

資料：岡山市(2018) 岡山市総合特区事業 最先端の介護機器のレンタルのご案内

例えば、コミュニケーション・ロボットのパロは 2014 年から 2016 年の 2 年間に、52 人の高齢者に平均 6.1 カ月間貸し出された。その間に集められた家族からの情報を基に、岡山市（2016）は認知症の問題行動の減少にパロは効果的だったと報告している。同じ報告書は心理的な負担が減ったという家族の報告も指摘している。反面、利用者の 32%が 2 か月以内にレンタルを中止したことから、パロの使用が必要かどうかを判断する事前のアセスメントが大切とも言及している。岡山プロジェクトは、開始以来、多少、レンタル製品の入れ替えがあったが、大きな成果としては、RT. 2（岡山市のレンタル品目であった歩行器ロボット RT.1 の改良型）が 2016 年に介護保険適用になったことが挙げられる。

さがみ、岡山、及びその他の都市で集められた介護ロボット利用に関するデータは貴重であり多くの示唆を含んでいるが、調査内容や分析方法にバラツキがみられ、うまく蓄積されていないという印象が強い。支援機器の製品化が着々と進行しつつある現在、利用者からのフィードバックや臨床データが、政策やプログラムに十分生かされるよう一層の連携と整備が必要なのではないだろうか。

日本政府は、2014年に、ロボット革命実現会議を開催し、2020年の介護・医療分野のロボットの国内市場での売り上げ目標を500億円に定めた（本間、2017）。そのうち、支援機器系のロボットの売り上げ高は150億円に達すると予測されているが、その期限が2年後に迫った今日、目標が達成できるか、さらには、どのような状況での達成が可能なのか興味深い（毛利、2016a）。

高齢者の視点

平成28年度厚生労働白書に記載された世論調査によると、高齢者の72.8%が自宅に住み続けたいと答えたという（厚労省、2016）。別の調査では、高齢者の68%が日常生活を暮らしやすくするために支援機器を使用したいと答えている（内閣府、2014）。高齢者以外の年齢層も含む別の調査（内閣府政府広報室、2013a）では、回答者の60%が介護ロボットに好意的な見方を示している。その内訳は（1）介護者の負担が減少する（64%）（2）介護者に気を使わなくてよい（42%）（3）自分でできることが増える（36%）（4）心身の機能低下防止に役立つ（21%）などであった。

今までの高齢者対象の調査は介護や経済不安をテーマにしたものが多かったが、平均健康寿命の伸びに伴い、今後は自立生活やテクノロジー利用について、高齢者自身の意見や考え方に焦点を当てた調査を増やすべきであろう。特に、団塊の世代全員が65歳以上の高齢者になった今日、高齢者自身がどのような高齢期の過ごし方を望んでいるのか興味深い。米国では第二次大戦後の1946年から1964年の18年間に生まれた世代をベビー・ブーマー、略してブーマーと呼んでいるが、このブーマー世代は前世代に比べ、教育程度が高く職業経験の幅も広く進取の気風に満ちているといわれる。前世代に比べるとテクノロジーにも慣れている。日本の団塊の

世代は米国のブーマーに匹敵する生活体験や指向性があるといわれるが、政府の調査でもそれを裏づける結果が出ているようだ（内閣府、2013b）。この世代が70歳代に入りつつある今日、介護ロボットやその他の新しい支援機器とどのように向き合っていくのか興味深い。その意味からも、この世代を対象とした支援機器の利用に関する具体的な調査が行われることに期待する。

昨今、高齢者や障害者の自立のサポートを目標に掲げる政策やプログラムが当たり前になってきた。日本でも、「自立」は昔からある言葉だが、もとは、若者の経済的な独り立ちを促した責任を全面に押し出した言葉であった。対照的に今日の自立は、米国の自立生活運動などの影響が大きく、障害があっても社会の中で普通に暮らす権利としての自立として捉えられている。したがって、専門家（神部、1995；テクノイド協会、2014）は、特に日本の場合、この点を取り違えないよう、十分留意する必要があると警告している。高齢者の自立という目標に向かい、どのような支援機器が望まれるのか、そしてそれをどのように使いこなしていくのか、高齢者の考えをしっかりと見極めることが大切であろう。

支援機器のイノベーションの実例

1993年以來、日本では、課題解決型福祉用具実用化開発支援事業などを出発点に支援機器の開発が勧められ、介護ロボット開発5カ年計画へと受け継がれてきた。今日、前者に採用された企画の約半数が実用化されたことについては前述したが、商業ベースに乗った製品はまだごく少数である点にも留意したい。最近の政策で特に注目されるのは、「少し不自由な高齢者」すなわち日常生活に何らかの不自由や不便を感じる高齢者の自立生活を支える支援機器の開発への関心が高まっていることだ。支援機器が自立生活に有効であるというデータはまだ出ていないと警告する報告書（毛利、2016b）もあるが、世界的な傾向である高齢者の自立志向に向けて、支援機器がどのような役割を果たしていくのか興味深い。

本章では、日本の支援機器イノベーションの流れの中で開発された代表的な支援機器4例（RT.2、HAL[®]、パロ、comuoon）を紹介する。無論、この4例のみで、その全貌が明らかになるわけではないが、いずれも評判の高い機器であり、この分

野の過程と将来を考える上で大いに参考になると思われる。なお、取り上げた例からも明らかなように、最近の支援機器は意図的に英語の名称を付けた製品が多いのが特徴だ。その裏には時代を先取りするモノというイメージ作戦と共に、グローバルな市場で使える名称という意図が認められる。なお本稿では、各社がカタログなどでよく使っている名称やスペリングをそのまま採用した。

RT.2：紹介する四例のうち、ロボット技術を支援機器に導入した例として最もわかりやすいのは、RT.ワークス社の歩行支援ロボット RT.2 だろう。RT.2 はその先行型の RT.1 と共に、歩行器にロボット機能を搭載する新境地を開拓した。RT.2 は RT.1 のロボ



©RT.ワークス株式会社

ット機能を引き継いでおり、両モデルはロボット機能の側面から同じものとみなされることもある。なお、RT.1 のロボット機能は高和製作所が製造するリトルキーパスという歩行器にも使われている。本稿では、介護保険のレンタル機器に指定された RT.2 を、RT.1 のロボット機能としての成果を含めた製品として紹介する。

RT.2 は、4 輪の歩行器で、前面には椅子にもなるバスケットがとりつけられている。重さは 9 キロ、たたんで、車の荷台に積むこともできる。ロボット技術を搭載することによって、歩行器を使つての外出をより楽にし快適にすることが狙いだと言う。センサーが道路情報をコントロール・システムに伝えて動力を始動させ、坂の上り下りや傾いた道など歩きにくく歩行器が使いにくかった場所も、ロボット機能の導入によって安全で楽に歩けるといふ。RT.2 に使われているロボット技術は (1) 6 軸モーション・センサーなどのセンサー (2) 使用者の動きを察知するようハンドルに取り付けられたグリップ・センサー (3) 路面状況や人の動きをリアルタイムでフィードバックし駆動するブレーキ制御装置 (4) 動力源としてのリチウム・イオン・バッテリーであり、前述の通り ISO13482 の認証済みだ。

RT.2 に使用した技術は車椅子への応用も可能だったが、歩くことを支援する機器の方が高齢者の自立に役立ち、支援機器の将来に大きなインパクトを与えられると考え、歩行器開発の道を選んだと開発のリーダーである藤井は説明している (藤井、

2017))。これは車椅子の重要性を否定するものではなく、いずれ車椅子が必要になることがあるとしても、その時期を先延ばしにするには使いやすい歩行ロボットの開発が急務だと考えたからだという。そのため、開発にあたっては(1)使い勝手がいいこと(2)安心して使えること(3)これなら使っても良いと思ってもらえるようなスマートなデザインを目標にしたという。

RT.ワークス社は、ロボット介護機器開発・導入促進事業の支援をうけて RT.1 を開発し、その後介護保険対応モデルとして独自に RT.2 を開発した。RT.2 は、RT.1 に比べ軽量であり、ハンドルなどデザイン上の違いもある。藤井は、RT.2 に満足しているが、RT.1 のキー・テクノロジーとみなしていた IoT が、RT.2 のベース機能から外されたことは残念だったと述べている。IoT はいわゆるモノのインターネットであり、RT.1 の場合、IoT が搭載されていることにより、各種のヘルス・データの中央集積、GPS による位置確認、天気予報のチェック、転倒時の緊急連絡、クラウド・サービスのアクセスなど、外出の便と健康の増進に役立つ様々な情報の処理が可能だ。これらの機能はスマートフォンやアイパッドを使うことによって補えるものもあるが、RT.2 に IoT が搭載されていれば、より簡便に指先一つで操作でき個人でアプリを探す必要もない。なお RT.2 にオプションとして IoT を搭載する件は、現在検討中だという。

RT.2 は、先述のリトルキーパスとともに、最優秀中小ベンチャー企業部門で、2016 年に、第 7 回ロボット大賞を受賞している。ロボット大賞は、経産省と日本機械連合会の共催で、将来性のあるロボット開発事業に与えられる名誉であり、RT.2 の受賞理由には、社会的なニーズが明確であり、技術的によく練られていることがあげられている。

歩行器の国内需要は年間約 20 万台で、1 万台売れば、大ヒット商品とみなされるという。RT.ワークス社は、それを目標に、地域と結びついたマーケティング戦略を立てており、また、足腰が弱くなっても、一人でトイレに行けるよう開発中の RT 屋内版も完成間近だという。(藤井、2017)

※「RT.2」は RT.ワークス株式会社の登録商標です。

HAL[®]：日本の支援機器イノベーションの代表例としてまず頭に浮かぶのは、サイバーダイナ社のロボット HAL[®]だろう。HAL[®]の名称は英語の Hybrid Assistive Limb（融合型支援四肢）の頭文字からとられ、いくつもの異なる制御システムをハイブリッド（融合）させて四肢の動きをアシストする機械（ロボット）という意味が込められている。短期間に実用化された RT.2 と対照的に、HAL[®]開発の歴史はそのまま、日本の支援機器のイノベーションの歴史といってよいだろう。

HAL[®]の開発者は筑波大学の山海嘉之だが、同氏は大学院生時代から HAL[®]のアイデアを温め始め、1991 年に医療用途を目指して本格的に HAL[®]の基礎研究を開始した（山海、2018）。1988 年の米国のテック法と 1993 年の日本の福祉用具法の間当たる時期であるが、これは世界的に先端技術を支援機器に導入する動きが見え始め、日本でも開発環境を整備する動きが出始めた時期だ。山海はその時点で最も必要とされた才能の持ち主の一人であり、同時にその恩恵を受けた研究者といえる。



©CYBERDYNE 株式会社

©CYBERDYNE 株式会社

その後、2009 年に新設された最先端研究開発支援プログラムにおいて、山海は日本の最先端研究者 30 人の一人に選ばれ、HAL[®]開発を大きく前進させる機会に恵まれた。このプログラムは、通称 FIRST と称される総合科学技術会議の重要な政策であり、総額一千億円の研究・開発費が、研究者一人につき上限 50 億円をメドに助成された大規模な試みであった。助成の対象となったのはいずれも日本の科学技術を代表する研究者とその研究部門であり、3 年から 5 年の間に世界のトップレベルの研究成果を上げる見込みが大きいことが助成の条件であった（内閣府、2009）。さらに、平成 27 年版科学技術白書は、2005-2015 年の 10 年間に国民生活に変化をもたらした科学技術の具体例 8 例の一つとして HAL[®]を詳しく紹介している（文部科学省、2015）。これらの実績は山海が医療機器のみならず福祉機器の開発を推進させる上で大きな役割を果たしてきたことを示す。

山海によれば、HAL[®]は世界初のサイボーグ型ロボットであるという（立山、2017）。サイボーグはヒューマノイドと異なり、自分の行動を自分で決めるタイプのロボットではなく、装着する人の意思を読み取りそれにもとづいた行動ができるよう、機械力、情報力のいずれか、ないしは、その両方を活用して人を支援するロボットだ。いくつもの HAL[®]のうち、最初に実用化されたのは高齢者や障害者の歩行をアシストする HAL[®]福祉用であり、2009年にレンタルが開始された。製造と販売を担当するのはベンチャー企業として設立されたサイバーダイン社だ。その後種類が増え、今日では医療用、介護支援用、作業支援用、自立支援用など様々な用途の HAL[®]が登場している。装着スタイルも、福祉用は片脚型と両脚型の二種類だったが、現在は、腰型、ポータブルに持ち運びができる単関節型など多様化している。

HAL[®]のキー・テクノロジーとして、まず、挙げられるのは BES と略される生体電位信号（Bio-Electrical Signal）を、皮膚の表面に張り付けた電極を通してキャッチするセンサーだ。人が歩こうとする時、脳から筋肉に指令が発せられ、それをキャッチした筋肉が収縮し BES が皮膚の表面に漏れ出す。山海はこの現象に注目し、漏れ出た BES を検出できるセンサーがあれば、脳が何をしようとしているのか感知できると考えた。しかし、漏れ出る BES の量はごく微量であったり、まばらであったりするため、人体外部からの電気ノイズへの対策などが必要であり、そのため、実用化に向けて長い年月を要したという。さらに、HAL[®]は複数の制御システムを搭載しており、これらは総称してハイブリッド制御システムと名付けられている。このシステムは、山海が創設したサイバニクス(人・ロボット・情報系の融合と複合を目的とする学問体系)に基づいて開発されたが、装着する人の意思に応じてスムーズにその動作をアシストするというのがその狙いだ。

今話題の HAL[®]医療用下肢タイプは、人の脳神経系と HAL[®]の間に人体内外を通じたインタラクティブ・バイオ・フィードバック(interactive Bio Feedback, iBF)のループを構築し、身体機能の改善と再生を促進する治療用の医療機器だ。HAL[®]を装着することにより、そのアシストでうまく歩けた時の感覚が脳に送られる。その繰り返しにより、患者は身体に過剰な負担をかけることなく神経系のループを適切に回すことができるようになり、身体機能の改善と再生が促されるため、脳・神経・

筋系の治療に有効だというのが山海の提唱する iBF の理論だ。この理論に基づいた HAL[®]は治験によって医学的効果・効能と安全性が示され、医療用治療機器として薬事承認・保険適用化を達成した(山海・桜井、2017a b)。

HAL[®]の場合は最初から医療用途を目指していた。その原理の汎用性の高さから多目的展開が可能となったが、山海は、必ずしも高齢者対象の支援機器や医療機器開発のみに目標を置いていたわけではなかったという(サイバーダイナ社、2018)。社会の高齢化への懸念が高まる中、支援機器開発に着手しやすい条件がそろい、山海はその機会を有効に活用して福祉分野や労働分野等のための HAL[®]の開発を進めたといえるだろう。HAL[®]のロボットとしての多目的性は、支援機器としての HAL[®]から医療用 HAL[®]としての承認を受ける際に遺憾なく発揮された。支援機器としての HAL[®]の評判を高めることによって、サイバーダイナ社は、開発資金調達能力を拡大し、国内外で医療機器としての承認を得るのに必要なデータ収集・分析作業を短期にえることができた。前述したが日本と外国では、支援機器の規制が異なるという事情も医療用 HAL[®]の実現に有利であったと指摘されている(毛利、2017a)。

山海は日本を代表するロボット博士として世間の人気を集めている。その才能とビジョンが時代の要求とうまくかみ合い、ロボット界の看板的存在といってもよく、前述の FIRST などの他、政府の主だった支援機器開発助成プロジェクトにも、必ずといってよいほど名を連ねている。さらに、NEDO は 2009 年に生活支援ロボット実用化プロジェクトを開始し、日本の有望な介護ロボットを対象に本質安全と機能安全の試験を行い、安全性のデータの蓄積と分析する作業を始めたが、サイバーダイナ社もこの事業に参加しパーソナル・ケア・ロボットの安全性に関する国際規格 (ISO13482) の策定に貢献した。さらに、このプロジェクトに好タイミングで参加できたことが、2014 年に HAL[®]が世界で初めて ISO13482 の認証を取得するという実績に繋がった (古川、2014)。なお、この国際規格ができたために、欧米での販路拡張を目指す企業にとっては、医療機器対象の厳しい規格ではなく、支援機器に適切な規格への対応が可能になった。山海は、新しいロボット支援機器の開発と市場開拓を高める上で、この進展こそ、ISO13482 の最も大きな成果だと指摘している (Lazarte、2014)。

販売・普及活動が始まった。2006年に、サービス・ロボット部門で第1回目のロボット大賞を受賞したことから、当時からいかに多くの期待がパロに寄せられていたかがわかる。

コミュニケーション・ロボットとしてのパロは、動物のぬいぐるみという外見でまず人目をひく。動物との触れ合いは人に様々なプラスの効果をもたらす事は古くから知られているが、柴田はこの人と動物の特別な関係に注目し、その利点をキープしながら生き物を飼う際に生じる問題点をロボットで解決したいと考えた。人に親しまれている犬や猫ではなくタデゴト・アザラシの赤ん坊をモデルに選んだのは、その愛らしい外見とともに、比較しやすい動物でない方が自然に受け入れられるという心理実験の結果を考慮に入れたからだという(柴田、2012)。デザイン面では視覚・聴覚・触覚にアピールすることを大切にし、現実感を出すために本物のアザラシの赤ちゃんの鳴き声を録音して使用したり、人が好ましいと思うであろう、柔らかな純白の毛並みのボディーにしたという。さらに、心身の機能が低下している人が身近に接触することを想定し、素材の選択と縫製には特別な注意を払ったという。

パロの内部には、各種のセンサー、2台分のコンピューター、身体の7箇所を動かすための静穏型アクチュエーターが搭載されている。バッテリーは一度充電すれば5時間は持つものが使用されている。これらの機械がシステム化され、呼びかけられたり撫でられたり昼夜で明るさが変わったりすると、それらの刺激に対し生き物らしく反応するようにプログラムされているのがパロだ。例えば、ペットは撫でられると気持ちよさそうに反応するのが普通という人間の期待に応じ、パロはその期待に沿うような仕草をするようプログラムされている。限られてはいるが学習機能も備わっており、持ち主が名前をつけて繰り返し呼びかけると、それに反応するようになり「使い手の好みに近づく」状況が生まれるという。

パロはペットが飼えない高齢者を対象に、まず、国内でペットの代替品として販売を開始した。値段は「買える値段」ということを配慮し、40万円前後にしたと柴田(2012)は述べている。当時、日本ではアニマル・セラピーの知名度は低かったが、デンマークのコペンハーゲン市の認知症センターが、動物の代わりにパロを使って

アニマル・セラピーをするというアイデアに大きな関心を示した。2006年から2008年の2年間、同センターは「Be Safe」というデンマークの国家プロジェクトから予算を得て、認知症高齢者のケアを支援する機器や技術の実証実験や臨床評価を行っていたが、パロもその一つに抜擢された。アニマル・セラピーは、米国を中心に1970年代に盛んになった心理療法で、動物との接触は人間の身体・生理・精神に好影響をもたらすという認識に基づき、犬や馬など人に親しみのある動物を使って行うセラピーだ。1980年以降臨床実験のデータも発表され欧米では人気があるが、心理療法としてはさらなる整備が必要とする声もある（Fine & Beck、2010; Kruger & Serpell、2010）。デンマークでは、アニマル・セラピーが高く評価される一方、コストやリスク・マネジメントが懸念されていたので、パロを動物の代わりに使うロボット・セラピーという発想への期待は大きかった。

認知症センターでの実証実験は大成功をおさめ、国を代表するデンマーク技術研究所(Danish Technological Institute-DTI)から、パロをヨーロッパで販売したいとの紹介があった。しかし、柴田は、技術系の研究所であるDTIには、認知症ケアや高齢者介護に関する知識・経験・人材が不足していることを懸念し、その対策として、DTIが認知症センターのBe Safeプロジェクトのリーダーを雇用することと、産総研と共同でパロの普及に必要な能力を高めることの条件を付けた上で、その申し出に同意した。この同意に基づき、DTIは2009年にパロの普及・販売活動開始し、オランダ、ドイツ、フランスや北欧への進出の拠点となった。普及には、ユーザー会議の開催や、パロを使ってセラピーをする人の養成やネットワーク創りなど様々な活動が展開された。その後、DTIはこの手法をパロ・モデルとして他の支援機器への活用を図ったが、その試みはあまりうまくいかなかったと柴田（2018）は指摘している。

DTIでの経験は介護ロボットとしてのパロの可能性と期待を裏づけるものであり、日本の介護ロボット分野全体にとっても、新しい支援機器がEUで商品として成功するために必要な諸々の条件やプロセスを学ぶ貴重な経験であった。さらに、テクノロジー優先のイノベーション（technology-driven innovation）とも指摘される日本の支援機器開発に対する、警告でもあった。使い手のニーズや使い勝手に対する

配慮が欠ける介護ロボットもあるという声は、さがみ特区の報告書など国内でも一部表面化していた。これらの懸念はパロに向けたものではなかったが、パロが率先して行ったEUや米国への進出の結果、性能・安全性・利便性などのデータを揃えたパッケージとしてのイノベーションの完成が必要、という認識が深まったといえるのではないだろうか。さらに重要な教訓は、DTIのような評判が高い組織であっても万能ではなく、むしろ、パロの普及にかかわることによって学ぶことが多かったという点であろう。その意味で、パロ・プロジェクトはDTIにとっても組織の能力を高める貴重な体験だったといえる。

パロのユーザー会議は、2009年にデンマークで開催されたのをはじめとし、日本国内でも、2012年以降、パロを用いたロボット・セラピー研究会として内外の研究者や介護現場の関係者を集め、毎年の様式で開催されている。また、今日では認知症の患者の他、学習障害を持つ児童のためのセラピーなどとしてもその利用が検討されており、パロは2011年の東日本大震災の被災者にも贈られ話題となった(柴田、2012)。

介護ロボットの成功の秘訣は、機械の先進性や目新しさにのみに頼るのではなく、安心して使える支援機器であることを示すことが大切であることについては前述した。その観点から、パロの場合、「考える」ロボットとしては時代の先端ではなく、人工知能の程度が適度である点がプラスとなっている点が興味深い。この点について、デンマーク国家生命倫理委員会 (The Danish Council of Ethics、2016) は、キズメットというロボットとパロを例にとり、人とロボットの間社会的・感情的な絆を築くには、高度の人工知能は必ずしも必要としないと指摘している。同委員会は、さらに、パロのようなコミュニケーション・ロボットの場合、倫理面から検討されるべき点の焦点は(1) ロボットが人との触れ合いを補足するのか、それとも、その代替として使われるのかであり(2) 治療効果が一種の「欺瞞」によるものかどうか、であると指摘している。意図的に代替するつもりでなくてもそうなってしまう場合があり、また、治療を目的とする欺瞞がすべて悪いわけではないと断ったうえで、使用に際しては責任能力のある人(介護をする人)が、使う人の尊厳を守るよう常に注意を払うことが利用上の条件である、というのが同委員会の勧告

だ。

パロの販売実績は、2017年現在、世界30カ国以上5,000体と報告されている。パロは、米国でもFDAから医療機器のIIクラスとして認証され、利用範囲も認知症の問題行動のマネージメントを始め、うつ、痛みの改善や脳梗塞後のリハビリと広がっている。メディケアや民間会社の医療保険も、医師から「パロを用いたバイオフィードバック・セラピー」の処方箋が出れば使えるようになった。バイオフィードバック・セラピーは患者自身が脳の働きを活用する方法を学ぶことによって、生理機能の改善や健康の増進を図る療法で人気が高まっている。テキサス大学のパロを使ったランダム化比較試験(RCT)の結果でも、認知症患者の問題行動のマネージメント効果に加え、鎮痛薬の投薬量の減少などが報告されている(ピーターソン、2017)。その他、Jones(2018)やJøranson(2016)も、パロの効能を示すRCTの結果を発表している。前者は、パロは中程度位までの興奮状態の緩和に役立つと結論しており、後者は、問題行動のコントロールに必要な投薬量が減ったと報告している。さらに、Lane(2016)は、米国の退役軍人専用の介護施設の入居者23人を対象に18ヶ月の調査を行ったが、この場合もパロの導入によって、投薬量の必要が減少したという結果が報告されている。香港中国大学もパロを利用したセラピーのRCTを行う計画を発表しているので、その結果の報告も待たれている(Yu、2015)。

※「メンタルコミットロボット」は国立研究開発法人産業技術総合研究所の登録商標です。
「パロ」は株式会社知能システムの登録商標です。

comuoon： 先端を行く介護ロボットとして、RT.2、HAL[®]、パロの3例を紹介したが、ロボット以外の新しいタイプの支援機器の開発も進んでいる。その代表例に挙げられるのがcomuoonだ。comuoonは、ユニバーサル・サウンドデザイン社が開発した「卓上型難聴者支援システム」であり、会話の聞こえをよくするに



©ユニバーサル・サウンドデザイン株式会社

は、クリアな音の再生が重要であることに焦点を当てたサウンド・テクノロジー分野のイノベーションだ(ユニバーサル・サウンドデザイン、2014)。comuoonは一般的な老化現象の一つである加齢性の難聴に特に有効だと、開発者の中石真一路

(2017) は指摘する。なお、アルファベットの綴りで紹介されることが多い comuoon というユニークな名前は、英語の communication と繭を意味する単語 cocoon をかけあわせた造語で、頭文字の c も小文字が使われているので、本稿でも、そのまま使用する。

comuoon は、縦型のマイクと卵型スピーカーの 2 つの部品がセットになったポータブルの装置だ。スピーカーは握りこぶし大の大きさ、マイクも鉛筆のように細長く、机上の他の備品と自然に調和するようスマートにデザインされている。健聴者の前にマイクを置き、難聴者の前にスピーカーを置いて話すのが基本的な使い方だが、その配置が聞こえに影響するので両者が位置を確認しあう配慮を自然に行うようになり、その結果、コミュニケーションは、話し手と聞き手の両者の協力で成り立つ、という当たり前の原則が無意識の内に再認識されるというデザイン上の工夫でもあるという(中石、2017)。補聴器のような装具ではなく、環境の中に設置して難聴者のコミュニケーションをサポートするというのも新しい発想であり、ICF の理念に近づくイノベーションとして注目されてよいのではないだろうか。comuoon の設置にふさわしいコミュニケーションが大切な場所としては、クリニックや病院の診察室、銀行や役所の窓口、学校の教室、会社の会議室、家庭の居間や食堂まで、広範囲の場面が想定されているが、タクシーに取り付けて乗客と運転手のやり取りをスムーズにする試みも報告されている。

comuoon の話し声をクリアな音に再生する秘密は、特許を取得したスピーカーに隠されている。comuoon のスピーカーの主な特徴は (1) 音を濁らせる原因の接着剤の使用を最小限に抑え (2) アルミ製の蜂の巣状 (ハニカム構造) の振動板によって会話の中でも聞き取りにくい高い周波数の音域の再現能力を高め (3) スピーカーの内壁を卵状に湾曲させることによって音を濁らせる原因になる定在波が発生しにくくし (4) 振動板をスピーカー内のくぼみに据え付けることによってスピーカーから出される音の拡散を防ぎ、小さなスピーカーでも音圧 (デシベル) が高く壁からの反響の少ない音を聞き手に届けられる、の 4 点に集約される。これらの機能が満載されたスピーカーに加え、話し手の正面に置かれるマイクにも仕掛けがあり、話し手以外の音が収録されるのを最小限に抑えられるよう、細い縦型にデザ

インしたという。中石（2017）は、これらのイノベーションは補聴器の枠を飛び出したことによって実現が可能になったと指摘している。

加齢性の難聴の問題は日本の場合、特に深刻だといわれている。ごく一般的な高齢期の障害であるにもかかわらず、補聴器の普及や対策の遅れが目立ち、大橋（2013）は、「日本では、聞こえの保証はほとんど重視されてこなかった」とさえ断言している。特別養護老人ホームや老人保健施設に入居する高齢者のほとんどが補聴器を装着していないのが現状だとも指摘している。欧米諸国の中には、専門の訓練を受けた技士により個人的にフィッティングされた医療機器としての補聴器の原則を確立している国もあり、反面、日本ではインターネットや店頭で安く買える集音器も補聴器としてまかり通ってきたという事情がある。

さらに、例えば、英国の国民保険サービス制度（National Health Service-NHS）は、一括して補聴器を買い付け、それを難聴の受給者に無料でレンタルしているのに比べ、日本の場合、入手は個人負担が原則というのも補聴器の普及を遅らせている。補聴器はごくベーシックなものでも、片耳 5 万円から 10 万円はするので高すぎて買えないという苦情も多く、利用率も低い。また、価格の安い集音器を補聴器と思って使う人も多く、そのため、性能に対する評価や満足度も低い(Ikeda、2017)。良い補聴器を正しく使った場合でさえ、加齢性の難聴に悩む人の場合の聞こえは 70%ぐらいにとどまると指摘されており（増田、2017）、制度上の問題が重なる日本の場合、難聴は高齢者が直面する深刻な問題と指摘されるのも当然だ。

補聴器は話し声の範囲の音圧を電氣的に大きくすることによって聞こえをよくすることを狙った機械だが、耳に装着する小さな機器として、技術面での制約が大きい。聞こえをよくするには、音圧を高めて音を大きくするだけではなく、音自体をクリアにする必要があると考えた中石は、補聴器の装着という条件を外すことによって、雑音を減らしたり音をクリアにしたりしやすい技術開発の環境を作った。これは、障害の問題の解決策として生活環境の整備重視する ICF の理念とも合致する。また、近年、日本政府は、軽度から中程度の障害を持つ人のための支援機器の開発に関心

を寄せており、comuoon が軽度から中程度（20—70 デシベル）の難聴を対象としている点とも合致する。

興味深いのは、中石は現在 comuoon の技術を応用した補聴器の開発に従事しており、その完成も間近だという点だ。この試みが完成すれば、環境型 comuoon の利用、comuoon 補聴器の使用、環境型と装着型の両方の併用と、聞こえの状態により、3 つの選択肢が可能になると中石(2017)は指摘する。無論、現在市販されている補聴器と環境型 comuoon の併用も可能だ。

comuoon の性能や有効性に関するデータはまだ少ないが、東京都立産業技術研究センター（2016）は、comuoon の音圧（デシベル）検査を行い、会話の聞き取りをよくするのに重要な 1000 ヘルツから 2000 ヘルツの音圧を高める能力に優れていると報告している。また、九州大学の研究チームは外来の難聴者を対象に調査を行い、軽度から中度の難聴者の場合、comuoon の使用により聞き取りに改善が見られたと報告し、補聴器との併用による聞き取りの改善の可能性にも言及している（野田、2015）。広島大学宇宙再生医療センター野聴覚リハビリテーション・グループは、人間の脳は音の大きさだけでなく明瞭度の高さが聴こえに大きく影響していることをブレイン・マッピングを用いて示し、米国の神経学関連誌 Neuroreport に発表している（Nakagawa and Nakaishi et al., 017）。ブレイン・マッピングは日本語で脳機能マッピングと呼ばれているが、脳の各部分の機能を明らかにし難病の治療や機能の回復・向上を目指す分野で、脳の解明を地図を作る作業に見立てこの名称がつけられた。現在は、大脳皮質を中心に世界各国で研究が進められている。上記の研究成果に基づき、comuoon は認知症グループホームの難聴の入居者の対話の場に導入され、対話頻度を向上させる研究が進められている。聴覚リハビリのツールとして使える可能性が明らかになれば、comuoon も HAL[®]やパロに続き、医療機器としての道が開かれる可能性が生まれる。

※「comuoon」はユニバーサル・サウンドデザイン株式会社の登録商標です。

ディスカッション

高齢化する日本社会に、市民の関心と不安が高まり始めてすでに 40 年以上が経過した。その長い時間のながれの中で、1972 年に出版された有吉佐和子のベストセラー「恍惚の人」が果たした役割が、改めて思い起こされる。この小説は、認知症という用語さえ存在せず痴呆とかボケとか言われていた時代に、この疾病に対する認識を高め、高齢者の介護は嫁が孤軍奮闘するという社会の仕組みに疑問を投げかけた先駆的な作品だった。1995 年には、佐江衆一の「黄落」がベストセラーとなり、「親の面倒を見るのは嫁の責任」という社会通念が崩壊し始めた後の、家族介護の混乱と不安が浮き彫りにされた。

同時期、日本では経済の見通しに対する不安が高まり始めていた。圧倒的な優勢を誇っていた産業ロボット界も各国の追い上げ激しく、その影響が自動車産業などの主要産業にも出始めていた。この事態に直面し、当時、次の成長産業として世界的に注目され始めていたのがサービス・ロボット分野であり、日本もこの分野で新境地を開拓しロボット産業のリーダーの地位を保持するという戦略が浮上した。以後、サービス・ロボットの開発は多角的に進められることになったが、社会の高齢化に対応する介護ロボットの開発もその一環として、日本の切実な状況に即した方策として力が注がれることになった。支援機器に最新のテクノロジーを導入するという試みは、米国などですでに始まっていたが、支援機器の開発を高齢化する社会の解決策と経済復興の手段に結びつけたことで、日本独自の支援機器イノベーションの方向が定まったといえよう。

1993 年の福祉用具法を出発点とした日本の支援機器のイノベーションは、政府主導で進められてきたとあってよい。高齢者のニーズ、経済復興、ロボット産業の新境地開拓の 3 点の連携を軸に、経産省と厚労省の協力体制の強化や NEDO の積極的な介入などの枠組みが築かれたが、この方向性は今日まで一貫している。また、焦点は介護ロボットのイノベーションであるが、その他のイノベーションについても

柔軟な姿勢が示されている点も、日本の支援機器イノベーション政策の特徴といえる。

これまでの支援機器イノベーション活動は経産省とロボット工学者が中心になって進められ、厚労省の影響力は限られていたという印象が強い。経産省の積極的な活動により新たな資力や才能が支援機器分野に投入され大きなプラスになったが、反面、高齢者とその家族や介護施設のニーズへの理解が不十分な事態も生じ、日本は、テクノロジー優先の支援機器イノベーションに偏りすぎると批判された。日本の場合、医療機器と異なり支援機器には規制がなく、介護ロボットもその環境の中で開発されてきたため、臨床テストやその他のデータの収集と分析を通じた情報公開の必要性に対する認識が薄かった点への認識も深まった。

臨床テストやその他のデータの必要性が広く認識されるようになるのは、2000年代の中盤に介護ロボットの海外進出が本格化し始めてからだ。EU や米国では支援機器も医療機器として扱われており、医療機器としての認証を受けなければそれらの国に販路を広げることはいできない。そのような諸外国の事情も配慮しつつ、高齢者を対象とした臨床テストのデータの収集に力を入れ、早くから公表してきた代表的な例としてはパロが挙げられる（Shibata 2001; Saito, 2002 ; 柴田, 2003）。支援機器のイノベーションが進む 今日、パロなどの先例や経験を十分に活かし、効能、安全性、利便性などの情報が分かりやすい形で保証されるよう、制度上の整備が期待される。

特に、パロは独創性・ロボット技術・丁寧な製品作りが活かされた完成度の高いコミュニケーション・ロボットだが、認知症高齢者のセラピーに使えるとしてデンマークの関心を惹き、有望な介護ロボットの普及を支援するプロジェクトに招かれた。これを機に、パロの存在は、ヨーロッパ、米国、アジア諸国等に広く知られるようになり、販路が拡大した。他方、デンマークも、パロを使うセラピーを在宅の認知高齢者の訪問療法に取り入れることに成功した。

パロやその他の介護ロボットが海外市場で得た教訓をまとめると（１）現地の有力な研究施設と協力関係を結ぶのは海外進出の上で効果的（２）国内でも支援機器の臨床テストが行えるよう制度上の整備が必要（３）テクノロジー優先の開発姿勢は再考の時期、の３点が浮かび上がってくる。この内、長期的にみて最も重要な教訓は、国内における支援機器の臨床テスト能力を整備する必要であり、2010年頃からその目標に向かっていくつものプロジェクトが組み立てられてきた。大学や研究機関における支援機器の臨床テスト活動を活発化させ、この分野の専門職を育て、効能・安全性・利便性などのデータの収集・分析・公開を行うシステムを構築するなど多面的な制度づくりが今後必要だ。

日本は、また、NEDOが中心になって世界初のパーソナル・ケア・ロボットの国際安全規格であるISO13482の策定に、ドイツとともに積極的に取り組んだ。この経験は、パーソナル・ケア・ロボットの分野のリーダーシップを確立する上で重要なステップであったといえる。ただし、問題として残るのは、日本と他の国々の間に支援機器規制にまつわるギャップが存在するという事実だ。介護ロボットを中心に支援機器の複雑化がすすみ、医療機器と支援機器の境界が、ますます、曖昧になりつつある今日、支援機器を使う高齢者の安全を守るという観点からは、日本の制度の見直しも検討されるべきであろう。介護ロボットではないが支援機器の事故が国内で相次いだこともあり、家庭で使う支援機器の安全性に関する懸念も社会問題化した。しかし、現状では支援機器規制の動きは見られず、かわりに、支援機器専用のJISマークや臨床的評価事業など、任意の第三者評価のシステムを育てる計画が実行に移されている。それらが、規制不在のギャップを埋められるか否かの答えは今後に残される。ISO13482の策定と関連し、今後、どのように自体が進展していくのか注目される。

臨床テストや実証評価の必要の認識が高まるにつれ、今後は、厚労省が果たす役割の比重が増すことが予測されると共に期待される。厚労省には、介護ロボットやその他の新しい支援機器を、安全で、役に立ち、かつ入手しやすい価格で高齢者に提供する制度を維持・発展させていく責任があるが、具体的には介護保険制度下の福祉用具貸与プログラムを有効に活用し、介護ロボットを含む新しい支援機器の普及

を促進することが望まれる。現在、5品目の介護ロボット系製品が、レンタル機器に指定されているが、タイムリーに申請機器の審査を行い、対象製品の数についても柔軟性を持って増やせるよう、さらなる制度上の整備が必要だろう。また、現在は個別に福祉機器をレンタルできない介護施設の入居者についても、当人の必要に応じた使いやすい支援機器をレンタルできるよう制度の改善が求められる。

市町村や地域の団体の果たす役割も無視することはできない。さがみ特区や岡山特区に加え、その他の市町村でも支援機器イノベーションの普及にむけて独自の取り組みが始まっている。特に、利用者からのデータの収集にこれらのプログラムが果たす役割は貴重だ。しかし、残念なことに、これらのデータは収集や共有の仕方に連携不足の感が免れない。今後、組織間の連絡や協力関係を強化し、データが能率的に積み重ねられていくような配慮が求められているのではないだろうか。

いろいろな角度から、日本の支援機器開発を考えた場合、必然的に湧き上がってくるのは、誰のためにどのような支援機器のイノベーションを進めていくのか、という本質的な疑問だ。社会の高齢化に対す関心は、ともすれば、介護をする家族の窮状への同情や懸念が主になりがちだ。加えて、介護職の専門化が進むにつれ、介護職の心身のストレスや待遇の問題にも関心が高まった。それらを反映し支援機器のイノベーションも、介護をする人を重視する形で進められてきた。利用者の声を取り入れる際も介護の家族や施設介護者の調査になりがちであり、高齢者の意見や考え方も介護職や家族が代弁するのが普通であった。

高齢社会において、介護の重責を負う家族や介護職の考えが重要であることは疑うべくもないが、政策の焦点が高齢者の自立に移り、介護予防のための支援機器の必要が説かれるようになった今日、スローガンの的に使われる感のある自立、特に、高齢者の自立について、高齢者自身の考えを中心に明確に捉え直す必要がある。介護ロボットを含む支援機器のイノベーションについても、高齢者が支援機器を試験的に利用できる機会を大幅に増やし、その具体的な体験をもとにした高齢者自身のフィードバックが大切なのではないだろうか。岡山市の在宅高齢者向けの福祉機器貸与事業がその先鞭をつけたが、さらに、デンマークやスウェーデンのユーザー・ド

リブン・イノベーションの手法をさらに検討するのも大切であろう。この手法が高齢者の自立生活を支援する機器の開発にどのように役立っているのか、どのような視点から市場性とのバランスを目指しているのか興味深い。

結論

日本は過去 25 年間、高齢社会の課題解決と経済復興という二つの目標を掲げ、介護ロボットを中心に支援機器の開発を国家事業として推進してきた。本稿では、この分野における日本のユニークな歩みを紹介し、それを支える要因と将来の展望を考察した。さらに、RT.2、HAL[®]、パロ、comuoon の四点の支援機器のイノベーションを日本の独創性と技術力の具体例として紹介した。これらの具体例を含む現在の支援機器のイノベーションが高齢者の自立をサポートし、掲げられた二つの目標達成に実質的な貢献ができるかの答えは、まだ出ていない。

しかし、介護ロボットを含む新しい支援機器によって高齢者の自立生活が根本的に変革される日が近いことに疑いの余地はない。その変革を如何に高齢者自身に納得のいく生活の質の向上に結び付けていくかが、今後の課題だ。

引用文献一覧表 (アルファベット順)

- 相沢幸一：福祉機器に関わる JIS マークについて、
www.hcrjapan.org/hcrnews/pdf/2009-02/p2.pdf よりダウンロード、2008.
- 有吉佐和子：恍惚の人、新潮文庫、1972.
- Campbell, J. C. (1992). *How policies change: The Japanese government and the aging society*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Danish Council of Ethics. Recommendations concerning social robots. (ソーシャルロボットに関する勧告、山内繁訳)
www.f.waseda.jp/s_yamauchi/robot/Danishi_Gov.html よりダウンロード、2016.
- Fine, A. H. & Beck, A. (2010). Understanding our kinship with animals: Input for health care professionals interested in the Human/animal bond. In A. H. Fine (Ed.), *Handbook on animal assisted therapy* (pp. 3-16). London: Academic Press.
- 藤井仁、4月15日に RT.ワークス社（大阪市東成区 1-10-26）での取材中の談話、2016.
- 古川一夫：ISO が生活支援ロボットに国際安全規格を発行—NEDO プロジェクトの成果が企画化に貢献、http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100247.html よりダウンロード、2014.
- Herr, H. (2014). *The new bionics that let us run, climb and dance*. Presentation at 2014 Ted Talks. Retrieved June 2, 2018, from https://www.ted.com/talks/hugh_herr_the_new_bionics_that_let_us_run_climb_and_dance.
- 広島大学、研究成果：卓上型対話支援システム cumuoon 脳科学的視点から語音弁別の有用性を発表、<https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/41153> よりダウンロード、2017.
- 浜田利満、横山章光、柴田崇徳：ロボットセラピーの展開、計測と制御、Vol. 42, 9月号, 756-762. 2003.
- 本間敬：子介護支援ロボットの開発・導入と展望、エイジング・アンド・ヘルス Vol. 81, pp.6-13、2017.

- Ikeda, M. (2017). Hearing aid market in Japan. Document posted by the U.S. Federal Trade Commission.
https://www.ftc.gov/system/files/documents/public_comments/2017/05/00087-140718.pdf よりダウンロード。
- International Federation of Robotics (IFR) (n.d.) 1.2 Classification of service robots by application.
https://ifr.org/img/office/Service_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf よりダウンロード。
- Jones, C., Moyle, W., Murfield, J., Draper, B., Shum, D., Beattie, E., et al. (2018). Does cognitive impairment and agitation in dementia influence intervention effectiveness? Findings from a cluster-RCT with the therapeutic robot, Paro. *Journal of American Medical Directors Association*. May 15, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1525861018301038> よりダウンロード。
- Jøranson, N., Pedersen, I., Rokstad, A. M. M., & Ihlebek, C. (2016) Change in quality of life in older people with dementia participating in Paro-activity: A cluster-randomized control trial. *Journal of Advanced Nursing*, 72-12, 3020-3033.
- Kamenetz, H. L. (1969). A brief history of the wheelchair. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 24-2, 205-210.
- かながわ福祉サービス振興会神奈川福祉サービス振興会：平成23年度介護医療分野ロボット普及推進モデル事業報告書、http://www.kaigo-robot-kanafuku.jp/image/CBDCCAD4__merged.pdf よりダウンロード、2012。
- 神部 純一：高齢者の自立と学習に関する研究、教育学部紀要 人文科学・社会科学・教育科学、Vol.263、No.45、pp.263-270、1995。
- 経済産業省：これまでのロボット産業政策について、2016年5月15日に
<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g80919c05j.pdf> よりダウンロード、2008。
- 経済産業省：省ロボット介護機器開発5カ年計画について、
[Http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12301000-Roukenkyoku-Soumuka/0000034903.pdf](http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12301000-Roukenkyoku-Soumuka/0000034903.pdf) よりダウンロード、2013a。

- 経済産業省：ロボット技術の介護利用における重点分野、
<http://www.meti.go.jp/press/2013/02/20140203003/20140203003-2.pdf> よりダウンロード、2013b.
- 経済産業省：経済産業省/AMED ロボット介護機器開発・導入促進事業 製品化機器一覧、
<https://www.amed.go.jp/file/05-Shingikai-12301000-Roukenkyoku-Soumuka/0000034903.pdf> よりダウンロード、2017.
- 厚生労働省：ロボット技術の介護利用 における重点分野、
<Http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-12305000-Roukenkyoku-Shinkouka/0000036475.pdf> よりダウンロード、2014.
- 厚生労働省：資料 2：介護保険福祉用具・住宅改修評価検討会の今後の進め方について、
<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12301000-Roukenkyoku-Soumuka/1109-s2.pdf> よりダウンロード、2015.
- 厚生労働省：省福祉用具・介護ロボット実用化支援事業・事業報告書、
http://www.mhlw.go.jp/sinsei/chotatu/chotatu/kikaku/2016/07/dl/kk0707-03_02.pdf よりダウンロード、2016a.
- 厚生労働省：平成 28 年度厚生労働白書、
www.mhlw.go.jp/wp/hakusho/kousei/16/dl/1-02.pdf よりダウンロード、2016b.
- 厚生労働省：平成 28 年度福祉用具臨床的評価事業報告書、www.techno-aids.or.jp/gap/ifo/201706 よりダウンロード、2017a.
- 厚生労働省：福祉用具貸与参考資料。http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Shakaihoshoutantou/0000168702.pdf よりダウンロード、2017.
- Kruger, K. A. & Serpell, J. A. (2010). Animal-assisted interventions in mental health: Definitions and theoretical foundations. In A. H. Fine (Ed.), *Handbook on animal assisted therapy* (pp. 33-48). London: Academic Press.
- Lane, G. W., Noronha, D., Rivera, A., Craig, K., Yee, C., Mills, B., et al. (2016). Effectiveness of a social robot, "Parp," in a VA long-term care setting. *Psychological Services, 13-3*, 292-299.
- Lazarte, M. (2014). Enter first cyborg-type robot. Downloaded from <https://www.iso.org/news/2014/09/Ref1882.html>.
- 増田正次：高齢者の難聴、日本老年学会雑誌 Vol. 51、No. 1、pp.1-17、2014.

- 毛利光伸：医療用ロボット開発に有利な日本、ARC レポート、<https://www.asahi-kasei.co.jp/arc/service/pdf/1002.pdf> よりダウンロード、2016a.
- 毛利光伸：実用的になった介護ロボット、ARC レポート、<http://www.asahi-kasei.co.jp/arc/service/pdf/1008.pdf> よりダウンロード、2016b.
- 文部科学省：平成 27 年版科学技術白書、
http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa201501/detail/1358751.htm よりダウンロード、2015.
- Morishita, T. & Inoue, T. (2016). Interactive bio-feedback therapy using Hybrid Assistive Limbs for motor recovery after stroke: Current practice and future perspectives. [Electronic Version]. *Neurologia Medico-Chirurgica*. 56-10, 605-612.
- Moyle, W., Jones, C., Cooke, M., O'Dwyer, S., Sung, B., & Drummond, S. (2013). Social robots helping people with dementia: Assessing efficacy of social robots in the nursing home environment. [Electronic Version] In *The 6th International Conference on Human System Interaction (HSI)*. Downloaded on June 1, 2017 from http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/54814/89766_1.pdf?sequence=1.
- 内閣府：介護ロボットに関する特別世論調査の概要、
<https://survery.gov-online.go.jp/tokubetsu/h25-kaigo.pdf> よりダウンロード、2013a.
- 内閣府：平成 24 年度「団塊の世代の意識に関する調査結果」、
<http://www8.cao.go.jp/kourei/ishiki/h24/kenkyu/zentai/index.html> よりダウンロード、2013b.
- 内閣府：日本再興戦略—Japan is Back、
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf よりダウンロード、2013c.
- 内閣府：高齢者の日常生活に関する意識調査結果、
www8.cao.go.jp/kourei/ishiki/h26/sougou/zentai/index.html よりダウンロード、2014.
- 内閣府：平成 29 年度版高齢社会白書
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/html/gaiyou/s1_1.html よりダウンロード、2017.

内閣府: 最先端研究開発支援プログラム(FIRST)について、
www.8cao.go.jp/cstp/sentan/about.html よりダウンロード、2009.

中石真一路: 4月15日に東京のユニバーサルサウンド・デザイン社での取材中の談話、
2017.

Nakagawa, K., Nakaishi, S., Imura, T., Kanahara, Y., Hashizume, A., Kurisu, K. et al.
(2017). Neuromagnetic evaluation of a communication support system for
hearing-impaired patients. *Neuroreport*, 28-2, 712-720.

日本医療研究開発機構 (AMED) : 経済産業省/AMED ロボット介護機器開発・導入促進事
業 製品化機器一覧、
<http://robotcare.jp/wp-content/uploads/2017/04/List-of-commercialized-equipment.pdf> よりダウンロード、2017.

日本経済団体連合会: Society 5.0 実現による日本再興、
<http://www.keidanren.or.jp/policy/2017/010.html> よりダウンロード、2017.

日本政策投資銀行(DBJ): 我が国の介護ロボット産業の発展に向けた課題と展望～北欧に見
るユーザー・ドリブン・イノベーション、
http://www.dbj.jp/pdf/investigate/mo_report/0000015497_file4.pdf よりダ
ウンロード、2014.

野田哲平、松本希、高岩一貴、小宗静男: 難聴者スピーカーComuoon®の有用性、耳鼻と
臨床。Vol.61、No.4、pp.140-147、2015.

大橋謙策: ICFの視点に基づくケアマネジメントと福祉用具の活用、2013年9月2日に山
梨大学で開催された生活生命支援福祉工学系学会連合大会での発表を文章にまとめ
たもの、2013.

大澤秀一: 特区制度: 地域活性化への取り組み、
http://www.dir.co.jp/research/report/esg/esg-place/esg-municipality/20140707_008731.pdf よりダウンロード、2014.

岡山市: 岡山市福祉用具貸与モデル事業報告書、2016.

岡山市: 岡山市総合特区事業: 最先端の介護機器のレンタルのご案内、
<http://www.city.okayama.jp/contents/000334189.pdf> よりダウンロード、
2018.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2012). The
robotics innovation challenge: Opportunities and solutions for a silver
economy. Downloaded from

[http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DS
TI/ICCP/IE%282012%296&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DS
TI/ICCP/IE%282012%296&docLanguage=En).

Peterson, S., Houston, S., Qin, H., Tague, C. and Studley, J. (2017). The utilization of robotic pets in dementia care. *Journal of Alzheimer's Disease*, 52-2. 569-574.

RT.ワークス：ロボットアシストワーカーRT-1の有効性に関して、

https://www.rtworks.co.jp/product/pdf/rt1_about_effectiveness.pdf よりダウンロードよりダウンロード、2016.

Saito, T., Shibata, T., Wada, K., and Tanie, K. (2002). Examination of change of stress reaction by urinary tests of an elderly before and after introduction of mental commit robot to an elderly population, *Proceedings of the Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics, Beppu, Oita, Japan, 16-18, January, 2002*. 316-319.

佐江衆一：黄落、新潮文庫、1995.

サイバーダイン社：2018年7月17日付け筆者へのeメール通信、2018.

Salomon, J. A., Wang, W., Freeman, M. K., Vos, T., Flaxman, A. D., Lopez, A. D., & Murray, C.J. (2012). Healthy life expectancy for 187 countries, 1990–2010: A systematic analysis for the Global Burden Disease Study 2010. *Lancet* 380: 2144–2162.

山海嘉之：下肢運動機能を改善するロボット新医療機器、

<http://www.jspmi.or.jp/system/file/3/1207/N14-02.pdf> よりダウンロード、2013.

山海嘉之、桜井尊：サイバニクスと神経疾患治療の未来—HALによる機能再生治療、*神経内科*、Vol.86、No.5、pp.596-603、2017a.

山海嘉之、桜井尊：機能再生医療—サイバニクス治療の夜明け。再生医療、Vol.16、No.2、pp.10-21、2017b.

Shibata, T., Wada, K., Saito, T., and Tanie, K. (2001). Robot assisted activity for senior people at day service center. *Proceedings of the 1st International Conference on Information Technology in Mechatronics, Istanbul, Turkey, October 1-3, 2001*. 71-74.

柴田崇徳：セラピー用ロボット・パロの研究開発と国内外の動向、第一回アザラシ型ロボット・パロによるロボット・セラピー研究会抄録集、東京：産業技術総合研究所、2012.

柴田 崇徳：メンタルコミットロボット「パロ」の開発と普及：認知症等の非薬物療法のイノベーション、情報管理、Vol.60、No.4、pp.217-228、2017.

柴田崇徳：2018年7月6日付け、同氏よりのメール書簡、2018

新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)：生活支援ロボット実用化 プロジェクト、
[Http://www.nedo.go.jp/content/100388880.pdf](http://www.nedo.go.jp/content/100388880.pdf) よりダウンロード、2011.

新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)：ロボットスーツ・ハルに CE マーク、
http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100215.html よりダウンロード、
2013.

新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)：ロボット白書、
<http://www.nedo.go.jp/content/100567345.pdf> よりダウンロード、2014.

新エネルギー産業技術総合開発機構 (NEDO)：平成 29 年度実施方針：課題解決型福祉用具
実現支援事業、www.nedo.go.jp/content/100863800.pdf よりダウンロード、
2017a.

新エネルギー産業技術総合開発機構 (NEDO)：課題解決型福祉用具実現支援事業（中間）
制度評価報告書、 www.nedo.go.jp/content/100862099.pdf よりダウンロード、
2017b.

総合科学技術会議：平成 23 年度科学・技術重要施策アクション・プラン、
<http://www8.cao.go.jp/cstp/output/20100708ap.pdf> よりダウンロード、
2011.

総理府：平成 28 年版高齢者白書、
<http://www8.caogo.jp/kourei/whitepaper/w-2016/gaiyou/pdf/lsls.pdf> より
ダウンロード、2015.

立山 晃：独創の原点：重介護ゼロ社会への第一歩、
<https://www.jsps.go.jp/j-pdab/data/sankai.pdf> よりダウンロード、2017.

テクノエイド協会：新しい福祉機器と介護サービス革命：導入の視点と活用のポイント（大
橋謙策 監修）、テクノエイド協会.

テクノエイド協会：介護ロボット導入支援特別事業、
<http://www.techno-aids.or.jp/robot/donyu.shtml> よりダウンロード.

The United Nations. (2002). Second World Assembly on Aging: Political Declaration
and Madrid International Plan of Action on Ageing. New York, NY: The
United Nations.

東京都立産業技術研究センター：高齢者の音声聞取改善に適したスピーカシステムの開発、
技術シーズ集、12 ページ、2016.

- U.S. Census Bureau. (2018). News release: The nation's older population is still growing, Census Bureau Reports. Downloaded from <https://www.census.gov/newsroom/press-releases/2017/cb17-100.html>.
- ユニバーサル・サウンドデザイン株式会社：九州大学大学院医学研究院耳鼻咽喉科分野チームが卓上型難聴者支援システム「COMUOON」使用経験をテーマに第 115 回日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会」で研究発表〈報道資料〉、http://u-s-d.co.jp/_userdata/pressrelease_usd_20140617.pdf よりダウンロード、2014.
- World Health Organization (WHO). (2002). Toward common language for functioning, disability and health. Geneva: Author. Downloaded from <http://www.who.int/classifications/icf/icfbeginnersguide.pdf>.
- Yu, Ruby, Elsie Hui, Jenny Lee, Dawn Poon, Ashley Ng, Kitty Sit, Kenny Ip, Fannie Yeung, Martin Wong, Takanori Shibata, and Jean Woo (2015). Use of a therapeutic socially assistive pet robot (PARO) in improving mood and stimulating social interaction and communication for people with dementia: Study protocol for a randomized controlled trial. 2015. *Journal of Medical Internet Research*,4-2, e45.

※写真提供：大和ハウス工業株式会社、CYBERDYNE 株式会社、RT ワークス株式会社