

介護分野へ接近を始めた多様なロボット

～イノベーションが進む福祉・介護分野のロボット～



社会研究部門 准主任研究員 青山 正治

aoyama@nli-research.co.jp

はじめに

ロボットという言葉から連想されるのは、かつては、製造現場で活躍する各種産業用ロボットや、ハリウッド映画に多数登場するヒューマノイド型と呼ばれる人型ロボットが中心的存在であったといえよう。特に、産業用ロボットは、80年代からの工場の自動化の流れにより自動車産業や電機・電子産業などに幅広く普及した。

近年では、ロボットの研究・開発のターゲットが従来の製造業を中心とした産業領域から、アミューズメントや家庭用、さらに福祉・介護といった生活やサービス領域へと拡大を始めた。多様な分野でのロボット開発のマスコミ報道も増え、また、家庭用の円盤型をした掃除用ロボットの登場などにより身近な存在として社会的関心も高まりつつある。もちろん、その背景には、コンピュータによる制御技術や各種センサー技術などの電子工学分野と、モーターや2次電池などの電機分野の飛躍的な技術革新の動きがある。

他方、2010年6月に政府より発表された「新成長戦略」の柱の一つである「ライフ・イノベーション」の中には「医療・介護ロボット等の研究開発・実用化を促進する」と記載され、その戦略的な重要度についての認知も高まってきた。

本稿では福祉・介護分野におけるロボットに焦点を絞るが、そこでの開発視点には、①将来的な介護領域を含めた労働力不足への対策としての視点、②新産業創出の視点、③被介護者のQOLの改善と共に介護者の心身の負荷軽減を目指す手段としての視点、があると考えている。本稿では、この視点に立ちつつ代表的なロボットの事例を検証し、簡略に今後の展開を検討したい。

1—本格化する多様なロボット開発へ向けての動き

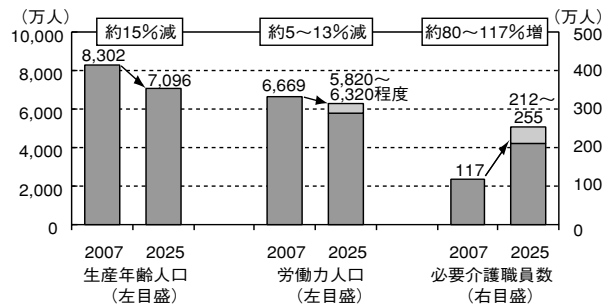
1 | 超高齢社会とロボット活用の必要性

厚生労働省による将来的な必要介護職員数の試算によると、2007年の介護職員数の労働力人口に占

める割合は1.8%となっているが、2025年には3.4～4.4%へと拡大する結果となっている（図表－1）。少子高齢化が進行し労働人口が減少する中、既存の介護システムの延長のみの対応だけでは困難な状況に直面することが懸念される。

2025年には全ての「団塊の世代」が75歳以上となり、その後も長期にわたり要介護者の増加が確実である。長期的に、施設介護や在宅介護を問わず、介護職員の人員確保とその心身の負担を軽減し、業務遂行を支援する環境を構築することが必要になろう。その環境構築のためには、多くの時間を必要とするため、早期の対策立案が重要である。この点で今後の福祉・介護分野の多様なロボットの開発と普及は多くの可能性を持つことが期待される。

【図表－1】生産年齢人口、労働力人口、必要介護職員数の見通し（試算）



	2007年	2025年
介護職員数	117.2万人	212～255万人
労働力人口	6,669万人	5,820～6,320万人
割合	1.8%	3.4～4.4%

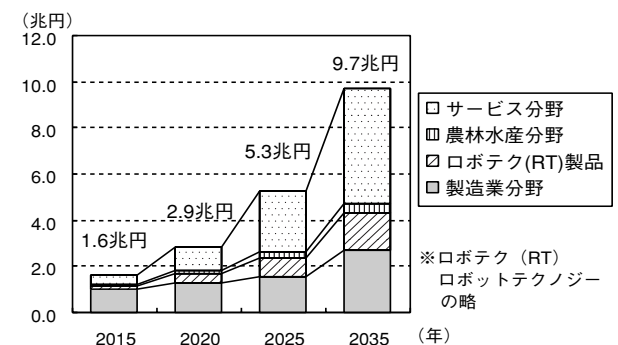
（資料）厚生労働省資料より作成（参考資料1より）

2 | 福祉・介護分野のロボットを新たな産業とするための視点

新産業創出の視点からは、ロボットの供給側となる企業や大学、研究機関などで研究・開発が進展していることが窺われる。国としても成長領域の創出を目指し、NEDO（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）で2009年度より5年間をかけて「生活支援ロボット実用化プロジェクト」が推進され、具体的には4タイプのロボット（移動作業型2種（操縦型、自立型）、人間装着型、搭乗型）について安全技術とその検証手法の開発が進展している。2010年12月にはその拠点として「生活支援ロボット安全検証センター」が設立され、実用化へ向けた開発が行われている。

2010年4月の経済産業省のニュースリリースによると、2010年に約1兆円強のロボット市場（国内生産）は2035年には9.7兆円に市場拡大するポテンシャルを持つとの将来市場推計が公表されている（図表－2）。上記のサービス分野に含まれ、今回注目する「福祉・介護」分野の市場規模は2025年で1,239億円（構成比：2.4%）、2035年で4,043億円（同：4.2%）となっている。なお、「福祉・介護」分野のような今後新たに形成される製品群・市場について、上記はあくまで将来市場推計数値

【図表－2】2035年までのロボット産業の将来市場予測



（資料）経済産業省・NEDO（2010.4）

であり、技術革新や普及政策などによりその数値は大きく変わる可能性もあろう。

将来的に普及が期待される福祉・介護分野のロボットは、従来の産業用ロボットとは様々な点で違いがあり、同じロボットではありながら両者は別のキャラクターを期待される存在と認識する必要がある。その目的、使用環境等々の点において、産業用ロボットの機能はモノを対象とした効率的な作業を工場内で行うのに対して、福祉・介護分野のロボットは、人を対象として、介護現場などで活用するため、その安全性やユーザビリティなどについて産業用ロボットとは質的に異なる高い要求水準を満たす必要がある。

2—代表的な介護分野のロボット

現在、数多くの研究機関や様々な業種の企業が介護分野のロボット開発や実証試験を進めている。以降では福祉・介護分野向けに開発が進展するロボットに焦点を絞り、その代表的な、既に内外で実績を有し、高い評価を得る3種のロボットの具体的事例を見てみたい。

1 | 代表的な事例・・・国内外で高い評価の介護分野のロボット

(1) メンタルコミットロボット「パロ」・・・内外で知られるアザラシ型の癒しロボット

①概要

「パロ」とは独立行政法人産業技術総合研究所の柴田崇徳博士が開発したセラピー用のアザラシ型ロボットである。2002年、「ギネスブック」に「世界でもっともセラピー効果があるロボット」として認定され、2009年には米国FDA（食品医薬品局）より医療機器として承認されている。デンマークではその効果が認められ、100ヶ所以上の医療福祉施設へ導入されている。2005年以降、国内外で既に約2,000体の販売実績を持つ。

[図表-3] パロの外観



(製造・販売) 株式会社 知能システム
(販売仲介/写真提供) 大和ハウス工業株式会社

(<http://www.daiwahouse.co.jp/robot/about/index.html>)

②特長

見た目は「ぬいぐるみ」だが、重量は約2.7kg（バッテリー装着時）で、内部にはCPU（中央演算装置）2個と触覚（ひげ・全身）、聴覚、視覚（光）センサーや駆動装置、バッテリーが組み込まれ、まぶたや首、前後の足が、利用者の接触や声掛けにより反応して動く。さらに学習機能が備わり、名前を覚えると呼んだ人の方へ顔を向け、甘えた泣き声を出す。このほか、ひげを触ったり、乱暴に扱ったりすると首を振り嫌がる声を出す。このように単なる動く「ぬいぐるみ」でなく、人の心にコミットする様々な工夫が凝らされたハイテク満載の癒し効果を持つセラピー用ロボットである。

しかし、この内容であれば犬などを使ったアニマル・セラピーでもよいのではないかとと思われる人もいよう。ただ、生き物の場合、その世話やトレーニングが必要であり、動物アレルギーを持つ人もいる。この点、「パロ」は哺乳瓶の吸い口のような形状の充電器のプラグを「パロ」の口に繋げて充電を行うだけであり、アレルギーの心配もない。安全性の面では電磁シールドも施され、安心して使える。このように、ロボットであるが故の多くのメリットを有している。

③現状と今後

また、東日本大震災の被災地において、大和ハウス工業株式会社が避難所や高齢者施設へ「パロ」を2年間無償で62体を貸与し、高齢者や子供に好評を博している。大きな災害を被災して気持ちの沈みがちな人々の心を癒し、元気付けることにより、利用者のQOL向上に寄与している。

前述のとおり、既に欧米では「パロ」の持つ効用が認められ、認知症等の改善効果などの良好な結果も得られており、今後、さらに国内外で「パロ」の認知が進み、一層の普及が期待されよう。

(2) 「ロボットスーツHAL®福祉用」・・・全国の医療・介護施設への導入が進んでいる

自立動作支援ロボット

①概要

「HAL®」は、筑波大学大学院システム情報工学研究科の山海嘉之教授が開発した自立動作を支援する装着型のロボットである。また、同教授は、2004年6月に設立され、同機の研究・開発・製造を行う大学発ベンチャー企業、CYBERDYNE株式会社のCEOも務めている。

加齢や疾病の後遺症などで、下肢の不自由な人に同機を直接装着することで、体と一体化して立ち座りや歩行を支援するロボットである。

②動作原理と特長

同機の動作原理は、例えば装着者が立ち上がろうとすると脳から足の筋肉に微弱な生体電気信号が流れ、その信号を足の皮膚表面に貼り付けたセンサーが即座に検出し、専用の靴に内蔵された床反力センサーからの情報と共に腰の背面上部にあるコントロールユニットが信号を解析する。そして瞬時にコントローラが股関節と膝関節の横にあるモーターを、信号から解析された必要量だけ動かし、立ち上がりを支援する。同様に歩行や、階段の昇降をも支援する。利用者の状態により単脚タイプと両脚タイプがあり、前者で重量が約6kg(バッテリーを除く)あるが、作動状態では機器自体が自重を支え、重さはあまり感じないという。

このように、「HAL®」は装着者の意思に従った動きを支援(随意的制御)するほか、歩行の動作毎にあらかじめプログラムされた支援動作(自律的制御)を行うこともできる、極めて高度な技術を駆使した自立動作を支援するロボットである。この他にも専用パソコンの画像を活用することで、利用者が同機を装着した状態での足裏の荷重位置や左右の足への荷重の傾向などをリアルタイムで連続して細かくモニターできることから、リハビリテーションの訓練の道具として使用されている。

③現状と今後

テレビ報道等で疾病や怪我の後遺症で立ち上がることや歩くことが困難になった人が、「HAL®」を装着し、立ち上がって歩くシーンを見た人も少なくないと思われる。歩くことが困難になった人にとって、再び立ち上がり、歩けることがどれだけの喜びであるかは想像に難くない。

「HAL®」は完成度が高く、現在、国内の120ヶ所を超える病院や高齢者施設に導入が進んでおり、リハビリテーションの補助ツールとしての活用法が研究されたり、利用者のリハビリ意欲向上のための活用が始まっている。今後さらに、数多くの活用結果のデータが蓄積されていく中で、その活用方法の新たな開発やさらなる改良も進み、本格的な普及が期待されている。

[図表-4] HAL®の外観(下肢タイプの装着状態)



© 2010 DAIWA HOUSE INDUSTRY CO.,LTD.All Rights Reserved.

(開発・製造) CYBERDYNE株式会社
(総販売代理店/写真提供) 大和ハウス工業株式会社
(<http://www.daiwahouse.co.jp/robot/about/index.html>)

(3) 食事支援ロボット「マイスプーン」… 手の不自由な人の食事を支援

①概要

3つ目はセコム株式会社が開発し製造・販売を行う食事支援ロボット「マイスプーン」である。このロボットは、手の不自由な人が自身のあごでジョイスティック（図表-5の左端）を操作し、スプーンとフォーク一体の器具が付いたアームを動かし、食事を支援する。食べ物はあらかじめ専用食事トレイに一口大にして盛り付け、利用者はジョイスティックで食べたい物のあるトレイを指示し、アームがその区画に動いた後に位置を微調整する。そこでジョイスティックを左に倒すと目的の食べ物をスプーンとフォークが挟み込み、自動で口元まで運び、目的の物を食べられる。これが同機の操作及び動作の概略である。利用対象者は、頸髄損傷、筋ジストロフィー、慢性関節リウマチなどにより手の不自由な人である。また、個人購入の場合、自治体ごとの公的助成が受けられる可能性^(注)もある。（注：自治体によって異なるため確認が必要）

[図表-5] マイスプーンの外観



(研究・開発・製造・販売/写真提供) セコム株式会社
※財団法人テクノエイド協会より研究開発助成を受けた。
(<http://www.secom.co.jp/personal/medical/myspoon.html>)

で運び、目的の物を食べられる。これが同機の操作及び動作の概略である。利用対象者は、頸髄損傷、筋ジストロフィー、慢性関節リウマチなどにより手の不自由な人である。また、個人購入の場合、自治体ごとの公的助成が受けられる可能性^(注)もある。（注：自治体によって異なるため確認が必要）

②特長

「マイスプーン」の優れた特長として一口大にした食べ物だけでなく、ご飯といった粘着性のあるものや豆腐までも上手く一口分をつかみ、口元まで運べる点である。さらに、スプーンとフォークで挟んだ状態の食べ物を食べやすくするために、下位置のスプーンに口が触れると上位置にあるフォークが後方にスライドして、食べ物を口に入れやすくなっている。安全性の面も徹底的に追及され、異常監視機能が働き、機器に異常が起きた場合には自動的に停止する。また低出力モーターを使用し、万が一、スプーンが人にぶつかった場合でも、強い力がかからない。

手の不自由な人の食事には、介助者が付きっきりで食事を支援する必要があるが、同機の活用により、利用者は家族と一緒に食事を楽しむことができる。同機により、利用者が介助者に手間をかけるという心理的負担から解放され、自身の意思で自立して食事できることが究極の効用である。操作方は簡単で、20分程で食事ができるという。このように同機は手の不自由な人にとって、心理的なQOL向上という得がたい効果が期待される完成度の高い日常生活を支援するロボットである。

③現状と今後

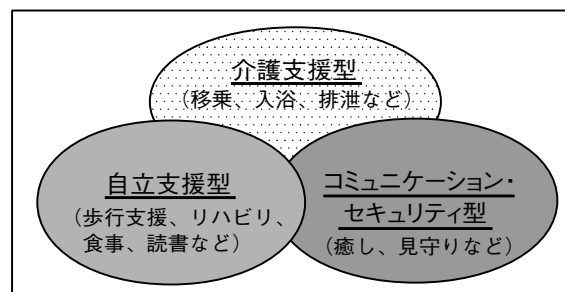
「マイスプーン」は2002年4月の発売以来、累計で約300台が国内を初め、オランダ、デンマークなど欧州7カ国で販売され、高い評価を得ている。なお、セコムというセキュリティ会社がなぜ「マイスプーン」を製造・販売するのかと思われる人もいようが、同社はこの他にもAED（自動体外式除細動器）のオンライン管理サービスを初め、各種医療や介護・福祉、健康・予防サービスを提供する企業でもある。同機のような特定用途に特化した福祉用ロボットの展開は、社会的に大きな価値を持ち、同社のその長期的展開はCSRの活動の一環としても再評価されるべき内容である。

2 | 先導的なロボットの試験導入と評価事業の動き（社団法人かながわ福祉サービス振興会）

(1) 事業概要

ここでは現在、介護ロボット普及へ向けて実施されている先導的な事業を紹介する。その事業は、社団法人かながわ福祉サービス振興会が神奈川県に委託を受けて実施する「介護・医療分野ロボット普及推進事業」である。その主な目的は、介護福祉分野が抱える様々な問題の解決と新(ロボット関連)産業の育成である。なお、同事業は、定義が錯綜している介護ロボットの範囲を大きく3領域と想定して実施されている(図表-6)。

[図表-6] 想定した介護ロボットの領域

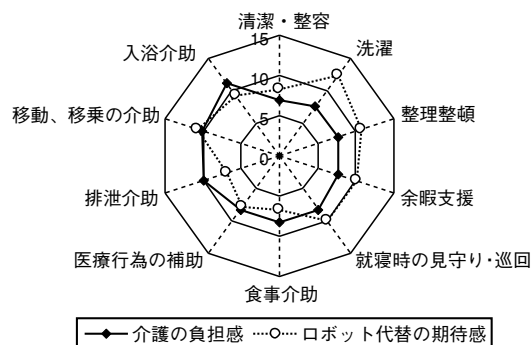


(資料) 社団法人かながわ福祉サービス振興会
「2010年度 介護・医療分野ロボット普及推進事業
最終報告書」(2011.2.28)、P9より
(<http://www.kaigo-robot-kanafuku.jp/>)

(2) 具体的事業内容（2010、2011年度）

2011年度の具体的な事業内容は、複数の介護ロボット(HAL®やパロなど計7機種)を神奈川県内の計17ヵ所の介護施設に試験導入(無償貸与)し3~6ヶ月間、それら进行评估するという、2010年度(4機種、7ヵ所)に続き2年度目となる事業である。

[図表-7] 介護業務の負担感とロボット代替の期待感



(資料) 前に同じ、P148より

すでに2010年度には4機種の評価やアンケート・ヒアリング調査が行われ、その最終報告書が同振興会のホームページに公表されている。通常、介護分野のロボットは、開発企業により介護施設などで実証試験が行われつつ開発が進められてきている。しかし、本事業では、複数の介護ロボットについて同時に複数施設で実証試験が行われ、介護現場の利用者の状況と介護職員やリハビリテーションの専門職などによる評価内容が一般向けに公表された。前述の2010年度の報告書の内容は、今後の介護分野の様々なロボット開発や普及の検討に当たって極めて多くの示唆に富む内容となっている。

(3) 多くの示唆に富む2010年度報告書

報告書では、施設向けのアンケートで導入に際しての予算面や購入プロセス、導入の阻害要因などが、さらに介護職員の介護ロボットの認知、関心度等々についての集計結果が示されている。

上図(図表-7)はその一例であるが、介護業務を10区分し、その「介護業務の負担感」と「ロボット代替の期待感」を15点満点でスコア化した結果である。「負担感」では、「入浴介助」「移動、移送の介助」「排泄介助」が高く、「期待感」では「洗濯」が最も高く、次いで「移動、移乗の介助」「整理整頓」などが続く。「負担感」と「期待感」が一致する項目としては「移動、移乗の介助」がある。高い「負担感」を感じながらも、ロボット代替に期待していない領域の存在を浮き彫りにするなど、介護現場における介護ロボットの検証や意識調査は開発の現場には有用な情報をフィードバックしていると考えられる。また、この他にも、施設側のニーズ把握、導入時の施設への情報提供、教育・トレーニングの必要性など、ハード提供と共にソフト充実の必要性も報告されている。2011年度の報告書公表と共に同振興会の次期展開が注目される。

3—必要性が高い介護ロボット開発・普及へ向けた新たな仕組みづくり

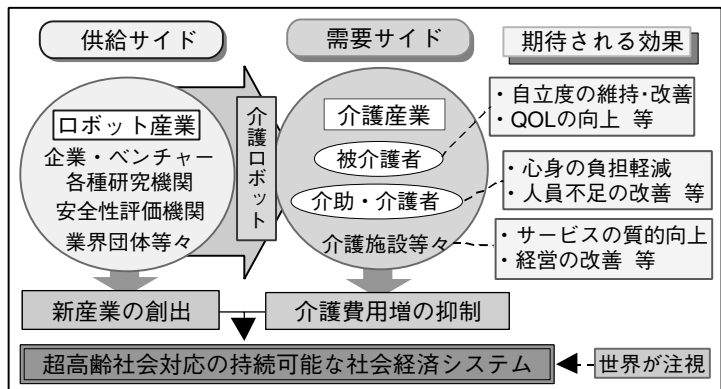
以上のように日本には優れた福祉・介護分野のロボット（以下では介護ロボット）が複数存在し、研究・開発段階にも注目されるロボットや機器類がある。しかしながら、現場での利用については未だ長すぎる黎明期にある。やはり、開発や普及の速度を上げることが対処すべき重要な課題となる。

1 | 介護ロボット開発・普及の目指すところ

今後、高齢化が加速して進行する時期を前に、要介護の人を支え、人員不足が予想される介護職員の負担軽減への取組や新たな仕組み作りが必要であるのは自明である。そして解決策の一つとして期待されるのが他の多くの種類を含めた介護ロボットの開発と普及である。

そこで、介護ロボットの開発・普及が進化した際の、その効果や目標を簡略に図式化する（図表－8）。今後、高齢化が

[図表－8] 介護ロボットの普及を中心とした目指す目標



(注) ここにおける「介護ロボット」とは介護関連の装置、機器類を含む広義の意
 (資料) ニッセイ基礎研究所作成

進行する海外諸国は、日本の先端技術を駆使した一部の介護ロボットをいち早く評価し、介護等にかかる社会保障のコスト削減効果に期待をしている。ところで、介護ロボットを普及させ、市民の日常生活に組み込む究極の姿を想定した場合、そこでの追求すべき目標は何であろうか。それは「需要サイド」である介護産業から見れば「介護の質的向上と介護費用の増加抑制の両立」であり、「供給サイド」のロボット産業から見れば「新たな成長領域の創出」である。その結果のもたらす究極の姿は、超高齢社会に対応した持続可能な社会経済システムの構築である。無論、「介護ロボット」産業だけではその究極の姿の実現化は困難としても、その一部を担う重要パートとなることは可能ではないだろうか。

2 | 介護ロボット開発初期の課題

(1) まずは施設の介護関係者のニーズ把握

現在、「供給サイド」ではロボット開発に力が入られる一方、その「需要サイド」である介護産業では、まだロボットへの認知が十分に進んでいないという、アンバランスな状況が続いている。

また、介護施設などにおいて介護ロボットについての多くの実証試験や評価を通じて、各種エビデンスの構築が必要であるが、実際はごく限られた範囲での試験・評価しか行われていない。さらに、現実の介護現場で実際にロボットを使う利用者（被介護者）やその運用を担う介助・介護者、さらにロボット導入の決定者である施設長など、各層ごとのウォンツやニーズが十分に把握されていない。

この点において、前述の神奈川県が社団法人かながわ福祉サービス振興会に委託して実施されている事業は意義深い。同事業をより拡大し、進展させる産官学の取組が必要である。

(2) 必要とされる開発プロセス効率化の仕組みづくり

現在のような、介護ロボットの研究・開発の初期段階においては、「ロボット産業」と「介護産業」

の相互間でどのような開発プロセスが必要となるかを簡略に整理した（図表-9）。基本的に図中央の開発プロセスを上から下への流れで実施し、繰り返すプロセスが想定される。最上段にある「介護ロボット認知の促進」は介護関係者に限らず、社会全体に対しても長期的に広報・啓発活動が望まれる。

この開発プロセスを繰り返し、複数の施設で各種調査や実証試験を実施することで、どのロボット導入によりどのような効果が被介護者に期待され、また時間的効率や経済的効果についても多数の実証試験と評価に基づいたエビデンスが集積、提示される。このことが、本格的な介護ロボット普及の推進力となる。

この他にも、ロボット産業・企業には機器としての安全性確保、各種認証、さらに知財権（特許など）への対応等々多くの負担やハードルも存在するが、前述のとおり、国の支援による安全性の評価施設が整備されるなど、開発環境は徐々に整ってきている。課題は多々あるが、ブレークスルーを期待したい。

さらに重要な今後の検討課題は、上記の開発プロセスを個々の企業が、評価試験に協力する介護施設等を探し実施するのではなく、両産業群を結び付け、より効率的に、より迅速に介護ロボットの評価試験が行える総合的なコーディネート機能を持った機関設立であろう。そこでは開発プロセスの各事項を支援したり代行すると同時に、実証試験の結果のうち公開可能な情報を集め分析し、両産業が相互の情報を利活用可能とすることで開発速度を上げるオープンイノベーションを実現化することが期待される。今後、早期にこのようなコーディネート機関を、産官学の協働で設立することが切に望まれる。

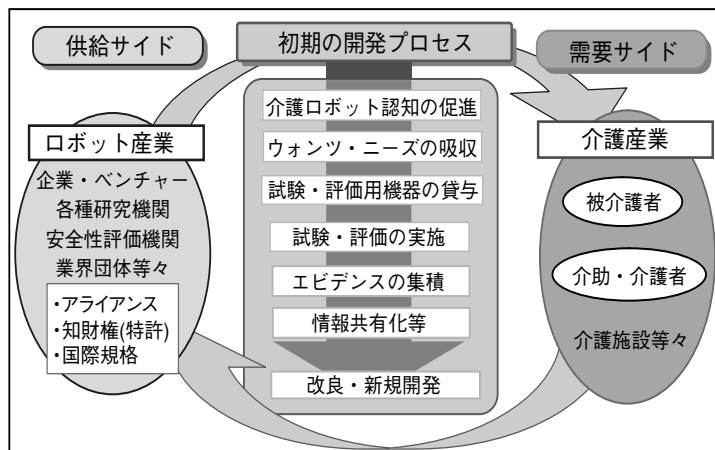
おわりに

2011年秋に、大手自動車企業が人の移動をテーマに歩行支援ロボットのプロトタイプなどを発表する時期を迎えた。いよいよ介護ロボットに長い黎明期を脱する時期が徐々に近づいているように思われる。社会保障制度と税負担などの財政改革に関わるテーマに眼が奪われがちな昨今であるが、これら介護ロボットや隣接領域、他領域のロボット開発などを含めた新産業創出への動きを見落としてはならない。この新規性の高い介護ロボットという一分野のイノベーションが成功することは、他の分野の新たなイノベーションをも誘発し、大きなイノベーションの連鎖を作り出す切っ掛けとなる潜在力を秘めている。

<参考資料>

1. 厚生労働省「介護現場とロボット」（2010年9月）
2. 経済産業省産業機械課「ロボットと共存する安全安心な社会システムの構築に向けて」（2010年9月）
3. 社団法人かながわ福祉サービス振興会「2010年度 介護・医療分野ロボット普及推進事業 最終報告書」（2010年2月）
4. 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「生活支援ロボット実用化プロジェクト」（2011年11月） 他

〔図表-9〕 介護ロボット開発の初期段階のプロセス（イメージ図）



（注）あくまで簡略化したイメージ図である
（資料）ニッセイ基礎研究所作成