

ロボット技術（R T）が拓く豊かな日本
～介護サービスへの産業的挑戦～

2011年5月

社団法人 日本経済調査協議会
Japan Economic Research Institute

序

我が国の高齢化は世界に例を見ない速度で進展している。平成 22 年版『高齢社会白書』（内閣府）によれば、65 歳以上の高齢者人口は過去最高の 2,901 万人、その総人口に対する比率（高齢化率）は 22.7% となった。高齢化率は今後も上昇の一途をたどり、2025 年には 3 割を、2055 年には 4 割を超過すると見込まれている。保険制度改革を経て、高齢者介護の世界にも新たなアプローチが必要とされる所以である。

このような情勢を背景として、日本経済調査協議会では、2009 年 6 月に調査委員会を発足させた。委員長には機械産業記念事業財団会長の福川伸次氏、主査には東京大学大学院経済学研究科教授の岡崎哲二氏、副主査には東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻教授の浅間一氏にご就任願ひ、また委員および講師として経済界、学界等の有識者の方々に多数ご参加いただいた。

約 1 年半にわたる委員会活動の結果として取りまとめられた本報告書では、急速な高齢化に対応するための一つの解を、介護分野におけるロボット技術の応用・適用を進めてひとつの産業として自立発展させることに見出し、これを実現するための様々な提言を行っている。この提言が、日本のロボット産業の一層の発展と、さらには日本のみならず世界が豊かな実りある社会として繁栄を継続するための一助となれば幸いである。

最後に、本報告書作成にあたり、福川委員長、岡崎主査、浅間副主査をはじめ、委員、講師の方々、ならびに関係各位から多大なご協力をたまわったことに対し、心から感謝を申し上げます。

2011 年 5 月

社団法人 日本経済調査協議会
理 事 長 勝 俣 恒 久

まえがき

ロボット産業は、ものづくりを得意とするわが国にとって、次世代の中核産業になりうるものと広く期待されている。しかしわが国は、産業用ロボットではその生産と利用の両面において世界の最先端を走り続けているものの、生活支援の分野となると、その生産と利用は十分に進んでいないのが現状である。

わが国においては、ロボットに対する関心と親近感が高く、産官学を通じて研究開発が熱心に進められてきた。ロボット研究者の数も世界一であり、世界に誇り得るロボットが多数開発、発表されている。それにも関わらず、ロボットの利用は依然として産業用の域を出ず、広く人間機能を補完する分野にその利用が進まないこと背景には、研究の方向性、研究資源の投入、国による支援、社会保障制度との関連などに関して、総合的な研究がなされてこなかったことがある。

今日の日本では、高齢化が急速に進み、人材と施設の不足など、深刻な諸課題が生ずることが懸念され、その解決のために、ロボット技術を活かすことが期待されている。同時に、高齢者は、他者に全面的に支えられるのではなく、ある程度の自立を保つ必要があり、こうした機能を最先端のロボット技術に期待したいという声もある。

介護を取り巻く多くの問題（人手不足、介護地獄、老老介護等）が噴出していることを考えると、従来の人手中心の介護のあり方をステップアップし、総合的な対応を検討すべき時期に来ていると言っても過言ではない。人間と高度のロボットの最適組み合わせによって、豊かな高齢化社会を実現することが出来たならば、それは日本に少し遅れて高齢化が進みつつある諸外国にとっての目標となり、またわが国のロボット産業は優れた技術により国際市場を拡大するだけでなく、それを通じて人類の福祉に貢献することが可能となるに違いない。

以上のような問題意識の下、福川委員会では、ロボット技術のみならず、介護・福祉や経済・経営に至るまで、幅広い分野の専門家を委員に迎え、1年半にわたり様々な面から活発な検討を行った。すなわち、高齢化社会における介護分野の課題解決を主たるターゲットに、わが国ロボット産業を次世代の中核産業としてテイクオフさせるという、いわば新産業創出への挑戦ともいえるべき研究を実施した。その集大成である当報告書における提言が、「豊かな日本」の実現への一助となることを切に願うものである。

2011年5月

委員長 福川 伸次

福川委員会 委員名簿

(五十音順・敬称略)

委員長	福川 伸次	機械産業記念事業財団会長
主査	岡崎 哲二	東京大学大学院経済学研究科教授
副主査	浅間 一	東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻教授
委員	伊藤 健三	ニチイ学館執行役員
	小原 之夫	昭栄会長
	久村 春芳	日産自動車フェロー
	栗田 瑞夫	ジェムコ日本経営監査役
	坂本 裕寿 (2010年5月～)	読売新聞東京本社論説委員
	山海 嘉之	筑波大学大学院システム情報工学研究科教授
	杉井 清昌	セコム顧問、セコム科学技術振興財団理事長代行
	炭谷 茂	済生会理事長
	高木 宗谷	トヨタ自動車パートナーロボット部理事
	田中 辰雄	慶應義塾大学経済学部准教授
	柘植 綾夫	芝浦工業大学学長
	松日楽 信人	東芝研究開発センター技監 (現 芝浦工業大学機械機能工学科教授)
	丸山 淳一 (～2010年4月)	読売新聞東京本社論説委員
	山内 繁	早稲田大学研究推進部参与
	山本 澄子	国際医療福祉大学大学院福祉援助工学分野教授
オブザーバー	福田 洋一	機械産業記念事業財団調査企画部長
事務局	奥 雅文	日本経済調査協議会専務理事
	根本 徳久	日本経済調査協議会主任研究員

目次

要 旨	i
第1部 政策提言	1
1. 研究開発戦略に関する提言	5
2. 制度設計に関する提言	10
3. グランドデザインに関する提言	15
第2部 サービスロボット産業の現状と課題	19
1. ロボット産業、サービスロボット産業の概要	20
2. 高齢化と介護ロボットの必要性	26
3. 介護ロボットの定義とターゲットの限定	29
4. 介護ロボット特有の問題	31
5. 介護現場の現状	33
6. 海外における介護ロボットの利用状況	39

第3部 参考資料（委員会講演録）

<CD-ROMに収録>

※講師敬称略、役職名は講演当時のもの

1. サービスロボットの現状と展望

（東京大学 人工物工学研究センター サービス工学研究部門 教授 浅間一）

2. パートナーロボットと作る未来のカタチ

（トヨタ自動車 理事 高木宗谷）

3. 使ってもらえる支援ロボットを開発するために

（国際医療福祉大学・大学院 福祉援助工学分野 教授 山本澄子）

4. ロボット産業を生活福祉に生かすために

（ニチイ学館 執行役員 伊藤健三）

5. 高齢者介護の現場から見た介護機器開発と普及の課題

（社会福祉法人 若竹大寿会 理事長 竹田一雄）

6. 食事支援ロボット・自立支援リフトから見た“福祉ロボット”の課題と展望

（セコム 顧問 杉井清昌）

7. 人間共存環境を目指したロボット技術開発

（東芝 研究開発センター 技監 松日楽信人）

8. 医療福祉ロボットの開発・普及における諸課題とその解決に向けた提案

ーロボットスーツHALの経験からー

（筑波大学大学院 システム情報工学研究科 教授 山海嘉之）

9. 生活支援ロボット実用化の課題 ～次世代ロボット産業政策～

(経済産業省製造産業局産業機械課長 (兼ロボット産業室長) 米村猛)

10. 高齢者介護の現状と課題、福祉用具と生活支援ロボット

(厚生労働省 老健局 振興課長 土生栄二)

11. セラピー用ロボット・パロの社会システムへの融合

(内閣府 柴田崇徳)

12. 次世代ロボット産業化と“介護ロボット”の社会実装

(MOTソリューション 代表取締役 石黒周)

要 旨

日本のロボット産業、ロボット技術（Robot Technology、R T）は世界のトップ・レベルにある。産業用ロボットの稼働台数は日本が第1位であり、世界の1／3のシェアを占めている。日本の産業用ロボットが持つ高い競争力の背景には、それが自動車や電気機械産業等の日本のユーザーの厳しい要求に応えながら成長してきたこと、および日本におけるロボットに関する研究開発の広さと深さがある。ロボットに関する研究論文の発表数、研究者数においても、日本は世界的に優位にある。また、「ロボカップ」「ロボコン」「ロボットグランプリ」など、日本発の国際的なロボット競技会も多数開催されている。

日本および世界で急速に進みつつある少子高齢化とそれが引き起こすさまざまな問題に対して、日本のR Tは有力な解決手段を提供する潜在力を持っている。一般にR TはI Tに匹敵する汎用技術（General Purpose Technology）であり、労働力の減少傾向が見通される中で、生産性の向上による持続的経済成長に寄与することが期待される。具体的には、介護労働力の不足と介護者の肉体的・精神的負担を軽減し、被介護者のQ O Lを向上するためにR Tは有力な手段を提供すると期待される。そしてこうした期待のもと、これまでに様々な介護支援ロボットが開発されている。

例えば、ロボットスーツH A L（ROBOT SUIT HAL®）*（図1）は、微弱な生体電位信号を読み取ることによって人間の身体機能を拡張・増幅するロボット・スーツであり、被介護者の自立や介護者の負担軽減のために、筑波大学の山海嘉之教授が開発したシステムである。図2は、セコム株式会社が開発したマイ・スプーンである。これは、被介護者が身体の一部を動かすことによって、自分で好きな時に好きなものを食べることを可能にするロボットである。また、あざらし型ロボット「パロ」は、セラピー機能や認知症予防などの効果があるロボットとして開発されており、東日本大震災の避難所などでもいち早く投入され、被災者のメンタルケアに一役買っている（図3）。しかし、実際には、開発されたこれらの優れたロボット技術は、これまでに実用化・事業化のための様々な努力がなされているにもかかわらず、なかなか一般的に普及するまでには至っていない。



図1 HAL Prof. Sankai University of Tsukuba / CYBERDYNE Inc.

*『ROBOT SUIT』(ロボットスーツ)、『ROBOT SUIT HAL』(ロボットスーツ HAL)、『HAL』(ハル)、『Hybrid Assistive Limb』は、日本国または外国における CYBERDYNE(株)の登録商標です。



図2 マイ・スプーン



図3 パロ

しかし、RTをさらに広く介護分野で普及させるためにはいくつかの課題を乗り越えなければならない。その際に重要なのは視野を社会システムのグランドデザインに広げることである。すなわち、ロボット工学の専門家が、医学、看護学、情報・システム、建築・都市などの技術系、経済、経営、法律、政治などの人文系の専門家、そして理学療法士や作業療法士といった実務家、行政、産業界等と連携して「高齢化対応社会システム」をデザインし、その中でのロボットの役割を考える必要がある。

「高齢化対応社会システム」のグランドデザインという視点から見た場合、現在の制度や研究開発のあり方にはさまざまな課題が指摘できる。まず、社会環境の中で操縦または自律制御されて行動するロボットが人と共存するために必要なルール、インフラ等が未整備であり、特区の活用等を通じてその整備を行う必要がある。また、現在の介護現場の労働環境・労働条件は厳しく、それが介護要員不足の大きな原因となっている。介護現場に関する適切な規制を設計し、RTの活用による労働環境・労働条件の改善を図る必要がある。さらに、

ロボットの利用が安全に行われる必要があることは言うまでもないが、一方で、万一の残留リスクに備えてロボット開発者・生産者のためのセーフティネットを設けることは開発・生産を促進するうえで不可欠である。これらの課題を解決するための適切な認証制度と保険制度をデザインする必要がある。

そして、このようなグランドデザインと制度を前提として、ロボット自体の研究開発戦略を立て直す必要がある。すなわち、技術シーズから出発してその応用を考えるのではなく、使用者のニーズと使用環境から出発してそれに適合した技術を開発するというアプローチをとることが求められる。そのためには、研究開発の段階から、使用者、サービスプロバイダ、システムインテグレータ等と一体となったプロジェクトの推進が必要とされる。研究開発戦略を立てるにあたって、施設と在宅という介護用ロボットの使用環境の区分に留意する必要がある。そのうち比較的ロボットの使用に適合性が高い施設用ロボットに研究開発資源を重点的に投入し、施設用ロボットを出発点として在宅用に転用し普及させるという戦略が、ビデオやコンピュータ等の先行事例から見て、有効であろう。さらに固定費用を回収し、規模の経済性を享受するという観点から、当初から国際市場を目標とした研究開発を行うことが望ましい。

以上のように、グランドデザインに基づいて制度改革と研究開発を一体的に推進するためには政府の長期的な戦略的関与が不可欠である。「介護福祉分野へのロボット技術適用」は、国家的課題として現内閣の「新成長戦略」に記載されているが、省庁を横断して主導的役割を果たす組織が不明確である。介護分野へのロボット技術の適用・開発を戦略的大目標として、それに関わる予算および人的・物的資源を国レベルで統括する国家的代表機関（NASA、DARPAのイメージ）を設置することを提言したい。

第 1 部 政策提言

はじめに

高齢社会において、介護は極めて大きな問題である。今後さらに高齢化が進展することを考えると、被介護者のQOL (Quality of Life) をいかに向上させるかが重要な課題となっている。その一方で、実際の介護現場では、腰痛を患う介護者が非常に多く、過酷な作業を必要とする介護者の労働環境をいかに改善するかも、早急に解決すべき課題である。

これを解決する手段の一つとして介護用ロボットがある。日本はロボット先進国である。優れたロボット技術を保有しており、これまでに様々な介護用ロボット技術が開発されてきた。しかし、これらの技術は一般的に普及するに至っていない。

もし、この技術が普及すれば、被介護者のQOLは改善され、介護者を過酷な作業から解放し、さらには介護における質や効率を向上させることが可能になる。

本委員会では、介護用ロボットの普及が進まない原因について調査を行った。詳細については第2部で述べるが、調査の結果、介護用ロボットの普及が進まないことの原因は、ロボット技術そのもの以外に存在することが明らかになった。また検討の結果、これらの原因は、しかるべきグランドデザイン・制度設計を行うことで、また新たな研究開発戦略を構築することで、解決が図れるとの結論に至った。そこで、本調査では、解決するための方策として、以下をはじめとする政策提言を行う。

1. 介護分野におけるロボット技術普及推進組織の設立(グランドデザイン)

介護分野においてロボット技術を普及させるための省庁横断的な組織を設立するべきである。介護分野へのロボット技術の適用・開発を戦略的大目標として、それに関わる予算および人的・物的資源を国レベルで統括する国家的代表組織を設置するべきである。技術開発の促進を統括するとともに、RT産業の成長推進する機能を、その組織にもたせる必要がある。また、この組織のもと、需要と供給をつなぐ仕組み、自治体も含めた産官学の連携を促進する枠組みを構築すべきである。

2. ユーザー一体開発型研究開発の推進 (研究開発戦略)

開発者のみならず、ロボット技術を利用する介護者や被介護者、さらにはサービスプロバイダ、システムインテグレータなどのステークホルダーが一体となったコンソーシアムの構築や、プロジェクトを推進し利用者の立場に合致した技術開発、介護ロボットシステムの開発と使用のシームレスな共創体制を実現する。介護ロボットシステムの「開発する」と「利用する」を継続的に回すことで、実用化につながるような、総合的な実証実験の場、技術育成の場を構築するべきである。そのためには、自治体レベルでの実証や省庁間の連携の強化も必須である。

3. 規制の改革（制度設計）

介護用ロボットの普及が進まないことの背景には、様々な規制による制約が障害となっていることが明らかになった。この規制を管轄している省庁は、経済産業省、厚生労働省、総務省、国土交通省など多岐にわたっており、省庁の垣根を超えた戦略的規制緩和を実施するべきである。また、逆に、介護者の負担軽減のため、機器導入などを義務付ける規制強化も実施するべきである。

4. 標準化と認証（研究開発戦略・制度設計）

機器システムの安全度評価やリスクアセスメントを効率的に行い、国際的に普及を促進させるために、標準化においても、世界の認証に関するトップの機関等と連携し、国際的に相互認証を主体的に行えるような戦略的推進体制および、一元的な認証制度の体制を整えるべきである。

5. コーディネータやアーキテクトの育成（グランドデザイン）

ロボット技術開発と、それを導入する介護現場をつなぐ人材が圧倒的に不足している。それは、ロボット技術を含むシステムをソリューションとして導出できるようなコーディネータや、社会システムのグランドデザインを行うアーキテクトである。科学技術とイノベーションを有機的につなぐことが重要であり、そのための人材を育成するべきである。

介護の現場や介護ロボット開発の現状調査・分析について、また介護ロボットを普及させ、産業として育成させるための課題やその解決方法・戦略について、議論を行った結果、政策提言を、（１）研究開発戦略に関する提言、（２）制度設計に関する提言、（３）グランドデザインに関する提言、に集約することとした。

以下に、政策提言の具体的な内容について述べる。

1. 研究開発戦略に関する提言

高齢社会における介護分野を中心にサービスロボットを普及させ、介護用ロボット産業を次世代の中核産業としてテイクオフさせるためには、まずロボットの研究開発面から戦略を立て直す必要がある。その際の論点は次の5つにまとめることができる。

(1) 研究開発戦略の明確化

対象の特定

研究開発のための限られたリソースを有効利用するために、開発の対象となるロボットの用途、市場を明確に絞り込む必要がある。介護ロボットには施設介護用のものと在宅介護用のものがあり、両者の間には求められる機能・使用に大きな相違があることに注意する必要がある。

施設介護用ロボット

施設については、介護・看護職の腰痛保持率は、日本の現状で73%～85%に達しており、施設介護従事者の労働環境改善のために移乗移動リフトへのロボット技術導入をはじめとする施設用介護ロボットの研究開発は喫緊の課題となっている。さらに施設用介護ロボットは、被介護者の尊厳を守るという観点からも必要とされる。また、施設用介護ロボットの研究開発は、在宅での生活福祉サービスロボット利用の出発点として位置付けられる。業務用に開発された技術が家庭用に転用され、普及することの重要性は、ビデオ、コンピュータの事例等から明らかであろう。

在宅介護用ロボット

施設用技術の在宅用への転用という開発経路が重要である一方、在宅用介護ロボットの開発には固有の目的・課題がある。施設の場合、介護用ロボットの主な役割は介護者にとっての「重力に逆らう仕事の緩和」と被介護者の尊厳の維持である。在宅の場合、これらに加えて、介護者・被介護者双方にとって「時間的拘束からの緩和」「孤立感からの緩和」が大きな意味を持っている。その場合には、開発にあたってロボット技術（RT）を単独で用いる

のではなく、ITと統合したIRTで対応することが有効である。

また、在宅使用では「安くて、すぐ使える」ロボットが喜ばれる。もちろん安全性も重要である。在宅介護用ロボットが登場した場合、使い慣れた生活環境であるベッド、車いす、浴槽、トイレ等との親和性が重要である。まずこれらの間をうまく乗り移ること(transfer)ができるようにすることが在宅介護用ロボットの基本である。長い目を見た場合、ロボット開発と住宅、生活環境製品などの開発が連携して行われることが望ましい。

国際市場向け商品としての開発

介護用ロボットの開発にあたって制約となる重大な要因の一つとして市場規模の限界がある。介護用ロボットは使用者が限定されているうえ、カスタマイズされる部分が大きいため、国内市場だけでは量産効果を期待することが難しい。そこで介護用ロボットの開発は、当初から国際市場を視野に入れて行い、開発体制の組織にあたってその点を考慮に入れる必要がある。福祉機器全体の傾向として、実際、韓国の政府と関連企業は、すでに中国を将来性のある福祉機器の市場と見据えて中国マーケティングの体制を整え、日本市場から中国市場に視点を移している。日本においても国としてのマーケティング体制を整えることが必要である。そして内外の市場規模、それに対応する価格を軸とする開発のロード・マップを明示する必要がある。

(2) 研究開発方式の転換

使用者の視点に立った研究開発

介護用ロボット、福祉用具に限らず、人が使用する機器の開発は使用者の視点に立ったものでなければならないことはいままでもない。これまでに多彩な介護用ロボット開発がなされている点で日本は世界トップクラスにある。しかし、その技術とそれを利用する使用者のニーズとマッチさせるためのメカニズムが十分に機能していなかった。介護用ロボットの開発にあたっては、使用者が真に求めているものは何か、開発しようとするものが使用者の生活の中で果たす役割は何かを深く理解し、それを出発点とする必要がある。これまでの技術資産を整理分析するところから具体的戦略を構築することが肝要である。また、個々の開発者の成果を介護分野の関係者が一覽し、意見を述べる場がないことも問題であり、そのよう

な環境やシステムを構築することも重要となる。

使用者・システムインテグレータ・サービスプロバイダなどと一体となったプロジェクトの推進

現在、国が投資するロボット関係のプロジェクトの多くは、研究開発が主体となっている。そこに、その成果が普及しない一つの一因が存在する。すなわち、技術シーズ指向であるために、使用者や導入者などのユーザの立場や状況が十分に考慮されず、ユーザのニーズに合致しない技術開発が行われ、結果的に成果がユーザに受け入れられないという事態が起こっている可能性がある。

これを解決するためには、開発者のみならず、ユーザやサービスプロバイダ、システムインテグレータなどが一体となったプロジェクトを推進する必要がある。さらには、デベロッパやNPO、自治体などまでも参画することも有効であろう。

また、国の投資を無駄にしたいためにも、研究開発、実証試験のみでプロジェクトを終了させることなく、これらの成果の利活用に関しても国が継続して支援し、開発された技術を使用し続けることが重要である。そして、使用することで得られた知識・知見・経験を吸収・蓄積し、これをフィードバックしたさらなる技術開発を可能とするような支援システムを設計することが肝要である。

(3) 政府による戦略的な研究開発の推進

教育と科学技術とイノベーションの一体的推進

介護分野のロボット技術を国家として戦略的に推進する際の要は、「関連する科学技術要素群の研究の長期的かつ体系的な推進」と、「イノベーション創出に向けた社会・経済的価値化の仮説立案・検証」を同時並行的に推進することである。大切なことは、前者は認識科学にも跨る基礎・要素研究であり、後者は厳密に設計科学としての社会的価値実現を目的としていることを政策側も研究・開発側も認識し、それぞれのファンディングの評価基準を明確に分け、かつ相互連携を保つ政策をとることである。同時に、これら二つの活動に、それぞれ初等・中等教育から高等教育の視野に立った教育活動も組み入れ、持続可能な介護分野のロボットイノベーション実現に向け、「教育と科学技術とイノベーション」を三位一体的

に推進することが肝要である。

国家的プロジェクトとしての推進体制の確立

「介護福祉分野へのロボット技術適用」は、国家的課題として現内閣の「新成長戦略」に記載されたものの、省庁を横断して主導的役割を果たす組織が不明確であり、国際標準策定においても国家的代表機関が存在しないため、介護分野へのロボット技術の適用・開発を戦略的大目標として、それに関わる予算および人的・物的資源を国レベルで統括する国家的代表機関（NASA、DARPAのイメージ）を設置すべきである。

省庁連携とプロジェクトの継続性

最近では省庁連携が以前よりも進んできたと考えるが、まだまだ浸透はしていない。とくに開発省庁と現場をもつ省庁との連携は重要である。また、プロジェクトでは、ある程度の完成度まで出来た後に、実証・評価しながら、使えるものになって行く。現状では、この部分を支える施策がなく、無駄になることもある。この様なことから継続してプロジェクトが走る、または終了後にも実証実験が継続できるなど具体的な施策が必要である。単発な計画で終わらないよう省庁連携した施策を総合的に計画、議論する場も必要である。

国のイニシアティブ

福祉・医療分野は許認可・申請などの問題があり、新規で参入しようとするのが複雑で、何が必要か、どんな検査・試験をやれば良いのか等がわかりにくい。安全に関しても具体的に設計指針や認定、製造物責任、社会制度などが明確でないので、各企業判断になっている。また、総合の市場は大きいと期待するが、個別対応が多い。ユーザの視点では生活に合わせて使えるようなシステムとして考える必要があり、いろいろなレベルで複数企業の参加や国の体制が必要で、その意味でも国のイニシアティブが重要な分野である。

(4) 海外との連携

前述の商品市場の拡大という点でも、また後述の国際標準戦略においても、海外との連携を従来以上に積極的かつ戦略的に進めることが不可欠。その際、各国の戦略・方針や特徴を

的確に把握し、それぞれの実情に応じた対応を図ることが必要である。例えば北欧や中東諸国のように、自国での技術開発には拘泥せず、技術の活用を主眼とする国もあれば、シンガポールのように産学連携の仕組みを構築し、世界から技術や技術者を集め、技術開発と医療への適用を並行して進める国も存在。デンマークが顕著な例であるが、自前の技術は存在せずとも、技術が活用される仕組みを構築した国には、自然に優れた技術が集まるものであり、日本の技術を海外に発信することも重要であるが、技術活用を実現する仕組み作りを海外に学ぶことも、日本技術の優位性を保持していく上でも重要である。

(5) 経済的効用の定量的評価・シミュレーション

介護サービスにおいてR Tの導入がどれだけの経済的インパクトを社会に与えるかが、定量的に見積もれないことも、介護用R Tに対して国がどれだけの投資をすべきかを決定できない一つの要因である。R T導入によって、どのような新たな経済的効果を創造できるか、どのような経費を節減することが可能となるかなどの効用を、データ収集・モデル構築を行い、シミュレーションによって定量的に算出・評価し、示すことが重要である。公的な機関、研究機関、シンクタンクなどが、それを行うことによって、投資戦略・開発戦略などにおける政策執行のエビデンスを検証することが必要である。

2. 制度設計に関する提言

(1) 規制緩和

法的規制

一般的な社会環境の中で操縦または自律制御されて動作するロボットが人と共存するために必要なルール、インフラ等が現状では未整備である。すなわち、次世代ロボットの活用場面の拡大とともに、その使用形態と現行の社会制度の間にずれが生じている。一般ユーザが参加した実証研究の積極的推進や、その後の普及拡大を図るためには、新しい制度の整備が必要である、具体的例としては次のような項目を挙げることができる。

- ①移動ロボットによる歩道・公道走行を実現する条件と環境の整備
- ②介護・医療ロボット等における治験・承認環境の整備と人材の確保
- ③サービスロボット用の通信周波数帯域の整備と確保
- ④エレベータでの人とロボットの同乗に関する基準の整備

特区の活用

従来の特区の主たる問題点は、既存の社会システム、法制度体系を前提とした局部的な法規制緩和や強化を前提としている点である。これに対し、本来あるべき特区は以下のとおり。

まず、高齢化対応社会の従来検討の中では取り上げられることのなかったロボット/ロボット技術を社会変革の革新的要素（QOLと効率性・労働生産性というトレードオフ関係の両要素を同時に向上させうる要素）として捉え、それらを社会のインフラ技術としたときに、どのような社会システムが実現しうるかという解のプール（選択肢群）をデザインする（社会システムデザインとアーキテクトの項目で後述）。そのうえで、デザインされたシステムを、社会を構成するそれぞれの立場の人たちが認識・共有し、課題をそれぞれの立場からあげ、改良していくというサブプロセスが社会実証実験であり、それを従来の制度的枠組みから解放して実現するために必要な制度が特区ということになる。デザインされたシステムを実社会に展開し、それを改良していくプロセスを図1に示す。

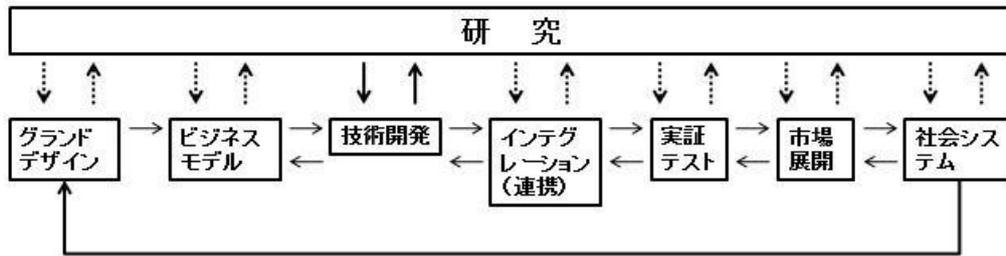


図1 システムデザインのプロセス

成長戦略の施策として打ち出されている総合特区は思想的にはこの考えに基づいているようであり（上記実現のための要件である、強力な政治主導、国民の付託を受けた政治家によるリーダーシップに基づく地域主権を前提にしている）、それを活用すれば上記は可能と考えられる。したがって、この特区制度を活用して、従来とは異なる上記プロセスを回し、新たにデザインされた社会システムのパフォーマンスを最大化しうる規制の強化と解除を地域的な実証の場で果たし、それを日本全体に地域性を加味しながら拡張していくという手順になる。

(2) 規制強化

介護者保護の視点

腰痛を始めとする介護職種における肉体的負担の大きさは、介護現場での要員不足をもたらす主要因である。移乗リフトのように、介護者の肉体的負担を軽減する技術として実現しているものもあるが、導入コストの問題や、介護者・被介護者双方の「モノ」による介護を忌避する心理、また新しい技術を導入活用しようという時間的・精神的余裕もないため普及が進まず、結果として肉体的負担も減少しない、という実態である。

このような悪循環を断ち切るためには、介護者を保護することが介護要員の不足を解消し、最終的には介護品質の向上をもたらすという認識に立ち、肉体的負担の高い作業を人力で行うことを制限する「ノー・リフト・ポリシー」のように、一定の作業を対象に、ロボット技術の使用を義務化する必要がある。

数値目標（ロボット化率）の設定

また、国（政府）レベル、自治体レベル、一定以上の規模の介護施設に対し、介護要員数に占めるロボット化率など、ロボット技術の調達・導入目標を課すべきである。この目標導入に当たっては、導入の度合いに応じた補助や免税などの支援措置と表裏一体のものとして、制度設計を考慮する必要があるだろう。

(3) 安全性の確保と開発者・生産者のリスクへの対応

安全性確保とリスク対応の必要性

介護ロボットを広く普及するためには、ロボットの用途・利便性（効果）、使用環境に応じた安全概念に関する社会受容性の醸成が不可欠である。とりわけ、人と共存するロボットに不可欠な対人安全確保については、その基準や検査・認証手法が未確立であることは、開発側のリスクを高めると同時に、特に医療、福祉、介護等の分野へのロボット利用を躊躇させる要因の一つとなっている。

対人安全確保には、統一的な基準と検査手法の確立が不可欠であり、個々の企業の取組レベルを超えるものである。このため、国レベルで、さらには国際的視野での取組が必要であり、平成21年度に経済産業省によるNEDOのプロジェクトがスタートし、その中でリスクアセスメント、機能安全、認証プロセスが検討されるが、長期の継続的取り組みが期待される。また今後、残留リスクに対し、万が一の場合に備え保険でセーフティネットを設けておくことも必要と考えられる。

認証制度

認証制度に関しては、日・欧・米の間に大きな相違がある。一番厳格なのが欧州であり、世界市場におけるCEマーキングの問題として知られている。福祉機器市場に対する参入障壁は、公的給付を含めて一番低いのは日本であり、高いのが欧州である。韓国は欧州よりさらに高い。

このような現状をふまえて認証制度の国際整合性を考える場合、欧州のCEマーキング並みに障壁を高くするか、アメリカレベルの医療機器としての位置づけにするかの問題がある。いずれにしても、国内メーカーにとっては規制強化としての効果をもたらす。ただし、韓国、

中国においても医療機器としての規制をしているので、国際市場で製品を販売するためには、そのレベルは必要である。

東北アジア標準協力フォーラムにおいて、福祉機器分野における日中韓の協力体制の構築が懸案とされてきたが、2010年11月、韓国釜山において第1回の福祉機器分野の協力会議が開催され、日本はリクライニング車いす、韓国が体位変換器、中国が手すりについて原案を作成し、情報交換することで合意した。この協力関係を強化することは重要であるが、始まったばかりであり、日韓はともかく中国との技術レベルの差は大きいので介護ロボットの標準化に関する協力関係については、具体的に協力可能なものを視野に入れつつ、今後の帰趨を見守る必要があるだろう。

ISO/IEC/ITUレベルに関しては、2010年のWorld Standards Dayの主題がAccessibility for Allであり、セミナーが11月にジュネーブで開催された。この分野におけるエキスパートの育成が必要であるが、「標準の専門家」ではなく、介護分野の専門家であって国際標準化の作業部会、技術委員会において標準化に関する活動の可能な人材の育成が必要である。これには、ISO/TC184/SC2におけるサービスロボットの標準化以外に、ISO/TC173を中心とした作業部会に意図的にエキスパートを派遣し、secretary業務にも精通した将来の人材ならびにTC、SC業務をサポートする体制の整備を準備すべきである。

(4) 国家的標準化戦略

国家的標準化戦略として直近のものは2001年に工業標準調査会によって制定されたものであって、すでに制定から10年近く経過している。この間、福祉機器関連の環境の変化は大きく、また、ロボットについては、産業オートメーション技術分野において、国際標準化との関係において、「ロボット分野においては、一般ロボット研究と産業用ロボット研究とでは、その性質が異なるものの、互いに流用可能な研究成果の交換は必要である。それにより、共通技術部分の標準を策定し、技術の相乗効果を狙うべきである。」と記されているに過ぎない。

現在、ISO/TC184/SC2において行われている国際標準化は介護現場の視点よりは製造者としての安全性の確保の視点が大きいように思われ、必要条件を構成するもののその一部であるに過ぎないと考えられる。国際分野では、ISO/TC184/SC2に対してTC173がリエゾン関係

を形成しているが、実用的な標準化を推進するためにはロボットの開発側と臨床現場による共同作業の結果としての標準化戦略の策定が望まれる。

3. グランドデザインに関する提言

(1) 社会システムデザインからのアプローチ

まず、ロボット／ロボット技術を組み込んだ社会システムデザインを考えるときには、ロボットの定義をあらためて見直し、広くそれを共有することが重要である。その定義は、多くのロボットの研究・技術者や一般市民が暗黙裏に想定する「機械システム」と「それを包含する生活・社会のインフラ（ITとセンサーと駆動系の制御が埋め込まれた環境）」の入れ子構造の双方がロボット／ロボット技術であるとすべきである。

そのうえで、特区の項で述べた新たな社会システム構築のためのプロセスを実際に回すためには、社会システムのグランドデザインを行い、それを提示できる人材（アーキテクト）とそれを実際の生活・社会の場で試行し、社会を構成するそれぞれの立場の人たちが参加し、フィードバックをかけていく必要があり、そのために特区とその特区を提案する強力なリーダーシップを持つ首長が率いる地域が登場してこなくてはならない。高齢化対応社会システムでは、それは例えば、小都市では北杜市、大都市では大阪市がその可能性を持っている。

以上のような高齢化対応社会システムのデザインにあたっては、ロボット工学の専門家だけではなく、医学、看護学、情報・システム、建築・都市などの技術系と経済、経営、法律、政治などの人文系ならびに理学療法士や作業療法士といった幅広い専門家の連携による仮説の生成と、行政や産業に関わる人たちや市民を巻き込んで社会実証を行い、フィードバックをするといったプロセスを経ながら社会システムのデザインを進めていく社会システムデザインの方法論を一つの学問として構築するような試みも必要である。

また、20世紀の日本の産業的な成功モデルに対応して作り上げられている学校教育における人材の育成方法と、生み出すべき人材像も見直していく必要がある。特にアーキテクトとなる人材（例えば、アップル社のスティーブ・ジョブズ氏のような人材）の価値が日本の社会や産業界で認められ、そうした人材が活躍しやすい環境が整えられ、そうした人材を生み出さう人材教育が行われていくことは上記を実現するうえでは必須のこととなる。

一方、一つの現実的な高齢化対応社会システムのデザイン方法として、高齢化対応の社会づくりの先進国との連携がある。特に日本のロボット技術を取り入れた高齢化対応社会づくりに力を入れている世界一の幸福度を持つデンマークや、その他北欧諸国との連携は重要で

ある。

(2) 福祉機器ならびに介護ロボットに関する基本情報の全国提供

高齢社会におけるロボット技術の利用促進においては、ロボットがどの部分に使われているか、ロボットの導入により、どんな効果をもたらしているのかを周知し、国民がその有用性・効率性を理解することが基本となる。手にとり、感じる事が出来る常設場所（仮称「福祉サービスロボットテクノセンター」、開発側と利用者側の橋渡し場所）を設け、日常生活の中でのロボットニーズの汲み取り、ロボット機器の安全性のチェックと使い方の指導・訓練・臨床分析を行い、ロボット情報の身近な発信拠点を整備することが必要である。Webによる公開、カタログの配布などとともに、様々なラインアップ（保険対象レベルの福祉機器から、重度要介護度にも対応できる機器・ロボットまで）を常設できる場所の設置なども重要である。

(3) 被介護者への知識普及と訓練

高齢者は、新しいものに対する順応がむずかしいことはよく知られている。また、現在の高齢者は生活の中で機器を使用することに抵抗を感じる世代でもある。さらに日本人の特徴として、ロボットという言葉から鉄腕アトムのように人の形をした万能機械をイメージすることが多い。これらに対して、より現実的かつ簡便な介護用ロボットのイメージの普及が必要である。また、高齢者自身がロボットを使用する場合には、特別な訓練なしで使用できるものでなければならない。

(4) 介護者への知識普及と訓練

高齢者介護の現場で働くヘルパーおよび看護師、理学療法士、作業療法士などの医療関係者の間では身体負担が大きく、腰痛が大きな問題になっている。現在でも身体負担を軽減できる福祉用具が存在するが、「用具の使用は面倒」「人の手を使った介護が望ましい」などの理由でほとんど使用されていないのが現状である。また、これらの職種の教育機関におい

ては福祉用具に関する学習の時間が限られている。今後はこれらの職種に対する知識の普及が必要である。

(5)人材育成（アーキテクト、コーディネータ、プロデューサ）

介護用ロボットの使用現場と開発者の間には大きな隔りがある。使用者が何を考え、何を必要としているかをロボットの開発者自身が把握して開発指針を得ることはほとんど不可能である。日本には、その隔りを埋めるための人材が圧倒的に不足している。介護用ロボットをビジネスとして成立させるには、社会システムのグランドデザインを行うアーキテクトや、個々の介護ロボットなどに関連する技術シーズを、ニーズとマッチさせ、両者を結ぶ役割としてのコーディネータ、それを製品化しサービスとして事業化するプロデューサ、などの育成がきわめて重要である。これらの人材には、ロボット技術を含むシステムをソリューションとして導出できる能力が要求され、医学、工学、心理学、社会福祉などに関する幅広い知識が必要とされる。現在、これらを総合的に学べる教育機関は存在しておらず、アーキテクト、プロデューサ、コーディネータなどの人材育成のシステムを早急に構築する必要がある。

おわりに

以上、政策提言について述べたが、本報告書をまとめる最中、東日本大震災が発生し、震災、津波、それにともなって生じた福島原子力災害により、介護施設などの施設も致命的な被害を受け、多くの施設が破壊された。避難を余儀なくされている高齢者や介護を必要とする人々は、きわめて困難な状況に置かれている。今後、早急な災害への対応、復旧・復興が求められるが、そのプロセスにおいて、旧来通りの施設を再建するというだけでなく、これを新たな機会と捉え、被介護者のQOLの向上、介護者の負担の軽減などの課題の同時解決を図るべく、介護・福祉ロボットをモデルとして導入した、新しい施設の概念を構築し、新しい試みとしてそれを実際に実現すべきである。

第2部においては、上記政策提言に至った、介護の現場や介護ロボット開発の現状調査・分析について、また介護ロボットを普及させ、産業として育成させるための課題やその解決方法・戦略について、本調査研究で行った議論をまとめる。

また、本調査研究においては、本委員会の委員を始めとする有識者から、それぞれの専門分野における知見をご提供いただいております、その内容は第3部として、付属のCD-ROMに収録したのでご参照いただきたい。

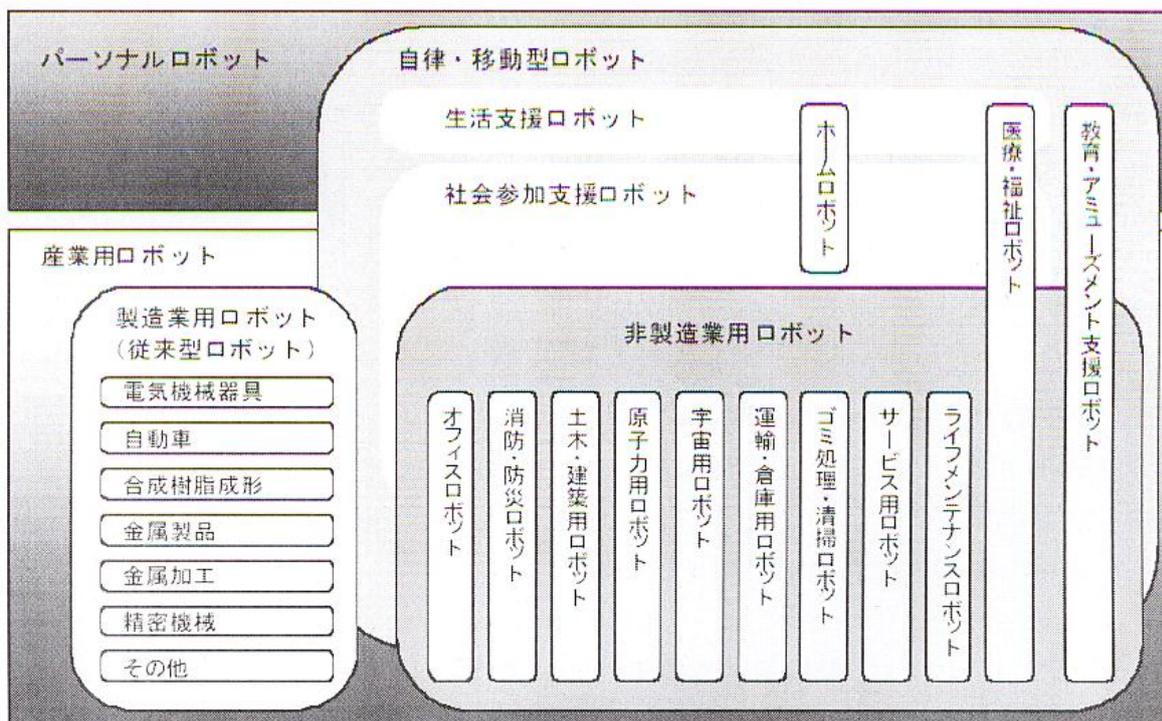
第2部 サービスロボット産業の現状と課題

1. ロボット産業、サービスロボット産業の概要

ロボットはその用途から大きく「製造業用ロボット」と「非製造業用ロボット」の2つに分類することができる。製造業用ロボットとは、主に「産業用ロボット」と呼ばれるもので、加工・溶接・塗装・組立・検査といった生産技術に使われ、家電や自動車等、様々な生産に利用されている。一方、非製造業用ロボットは、産業用ロボットに対比して主に「サービスロボット」と呼ばれることが多いが、我々の生活支援や社会参加支援のロボットとして、具体的にはオフィスロボット、消防・防災ロボット、土木・建築用ロボット、原子力用ロボット、宇宙用ロボット、運輸・倉庫用ロボット、ゴミ処理・清掃ロボット、サービス用ロボット、ライフメンテナンスロボット、医療・福祉ロボット、教育・アミューズメント支援ロボット、ホームロボットなどがある(図表1)。

医療・福祉分野では、手術用ロボット(Intuitive Surgical社「ダ・ヴィンチ」)や、介護支援(セコム社「マイ Spoon」等)、自立支援、機能回復訓練、起立支援等のロボット、パワーアシストスーツ(サイバーダイナミクス社「ロボットスーツHAL」)、セラピーロボット(独立行政法人産業技術総合研究所「パロ」)などが開発されている。

(図表1)ロボットの種類



「ロボット」という言葉は必ずしも明確に提議されておらず、「産業用ロボット」「ヒューマノイドロボット」「パワーアシストスーツ」など人によって異なるイメージを喚起し、ある意味で誤解を招きやすい言葉と言える。より広い概念を示す言葉として、本報告書では「ロボット技術 (Robot Technology、R T)」という用語を使用しているが、「ロボット」と「R T」の関係は、計算機と I T (情報技術) の関係に近いと考えられよう。

計算機とは、プロセッサ、メモリ、ハードディスクなど様々な要素を内蔵した一つの機械を指すが、これに対して I T は情報処理機能を内蔵した応用システム全体を指す言葉であり、I T は計算機を含む広い概念である。

同様に、R T とは、いわゆるロボットだけではなく、ロボットの要素であるセンシング機能、動作機構、制御機能を内蔵させた応用システム全体を指す言葉であり、先に挙げた「産業用ロボット」「ヒューマノイドロボット」のようないわゆる「ロボット」のみならず、輸送機械、製造機械、建設機械、医療福祉機器などにも応用されている技術である。なお、R T を “ 「センサ」、「知能・制御系」及び「駆動系」の3つの要素技術があるもの (ロボット政策研究会、経済産業省) ”、“センサ、知能・制御系、駆動系の3つの技術要素を有する知能化した機械システム (「今年のロボット」大賞、経済産業省)” と定義する場合もある。

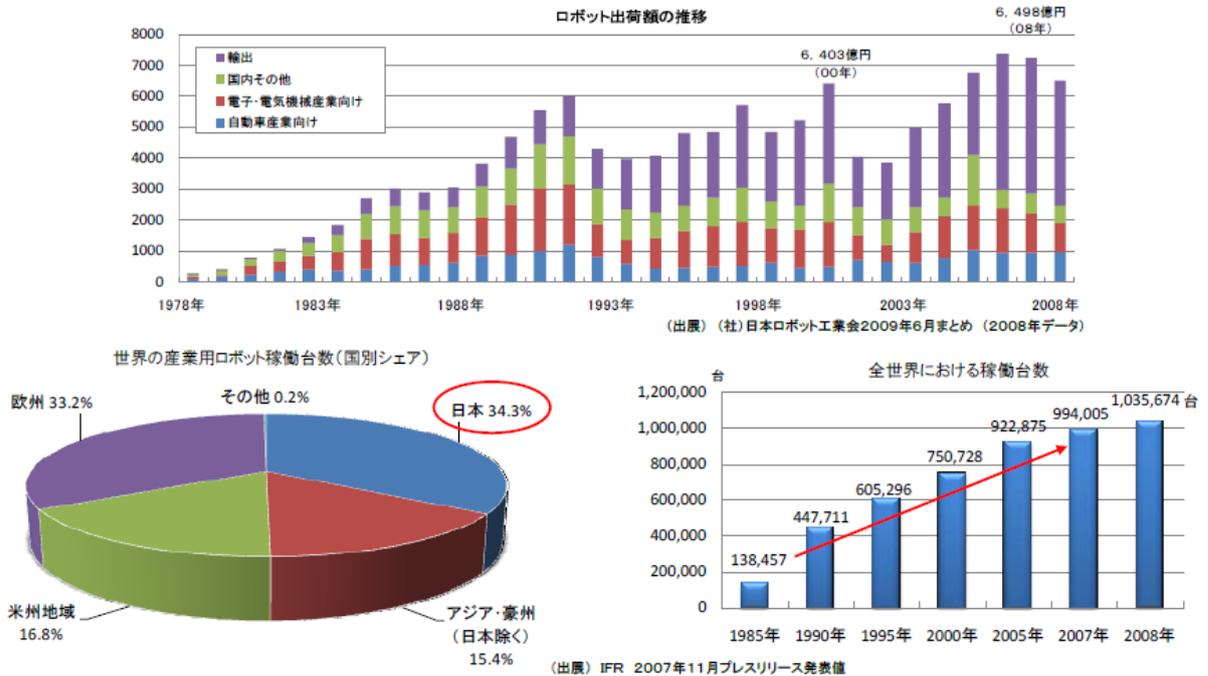
これらの定義によれば、最近の自動車や洗濯機等の家電も R T と考えられ、また近年は、部屋の中にセンサを配置するとともに、アクチュエータやスピーカ、プロジェクタ等のデバイスを設置することで、人間がロボットの体内で生活し、サービスを受けるような、環境・空間の知能化 (Smart Room、Robotic Room、Intelligent Space) も R T の一つとして研究が進んでいる。

稼働台数と生産額

社団法人日本ロボット工業会による日本のロボット市場の規模は、2007 年で約 7,000 億円、2008 年は約 6,500 億円となっている。ロボット市場は機械産業一般の特徴を反映して、景気悪化で落ち込み、景気回復で上昇という周期を繰り返しているが、総じて拡大傾向にある。もっとも、この統計はほぼ産業用ロボットに限定されており、サービスロボットまで含めた R T 全体の値は把握されていないのが現状である。産業用ロボットの稼働台数は日本が世界一であり、世界の 1/3 のシェアを占め、日本は圧倒的な産業用ロボット大国である (図表 2)。

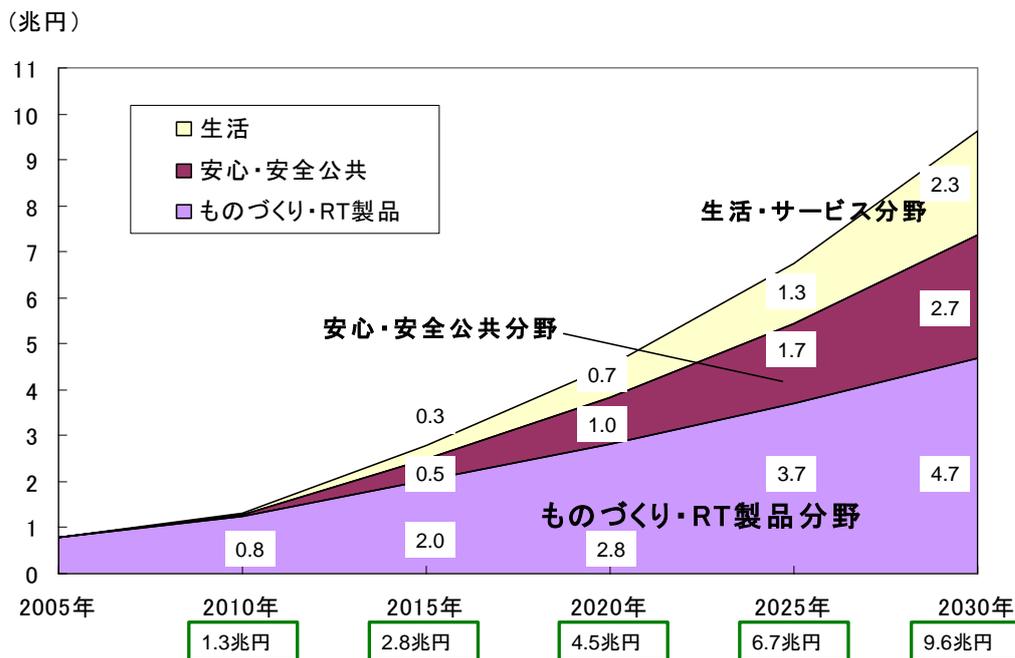
(図表2) ロボット市場の規模と世界シェア

- 2007年のロボット市場の規模は約7,000億円。ほぼ全てが産業用ロボット。
- 産業用ロボットの稼働台数は、世界一。世界シェア37%(2006年)。
- 全世界における稼働台数は、年々増加。



将来的にも、産業用ロボットの市場規模は2030年頃には4.7兆円程度に成長し、産業用以外の生活・サービス分野や安心・安全公共分野といった市場も大きく伸び、RT全体では2030年には10兆円近い市場と予想され、中でも現在はほとんど市場が存在しない生活・サービス分野での拡大が期待されている。(図表3)

(図表3) ロボット市場の将来予測



(出所) 2007年度「RTによる産業波及効果と市場分析」(財)機械振興協会、(社)日本ロボット工業会

ロボット研究の現状

日本の産業用ロボットが高い競争力を有する背景には、自動車や電機機械産業といった日本の厳しいユーザーの要求に対応したという面もあるが、産業用ロボットのみならず、ロボットに関する研究開発論文数、研究者数ともに日本は世界の最高峰にある。一例を挙げると、一般社団法人日本機械学会のロボティクス・メカトロニクス部門講演会は、2009年実績で参加者約1,500人、論文発表約1,000件を誇り、これだけの研究者と論文が集まる会議は世界的にも類をみない。また、ロボット技術を活用したロボット競技会も日本発のものが多い。現在では国際化した「ロボカップ」を始め、学生を対象とした「ロボコン」、ロボットで格闘技をする「ロボワン」、ロボット版オリンピック「ロボットグランプリ」など活発な活動が展開されている。

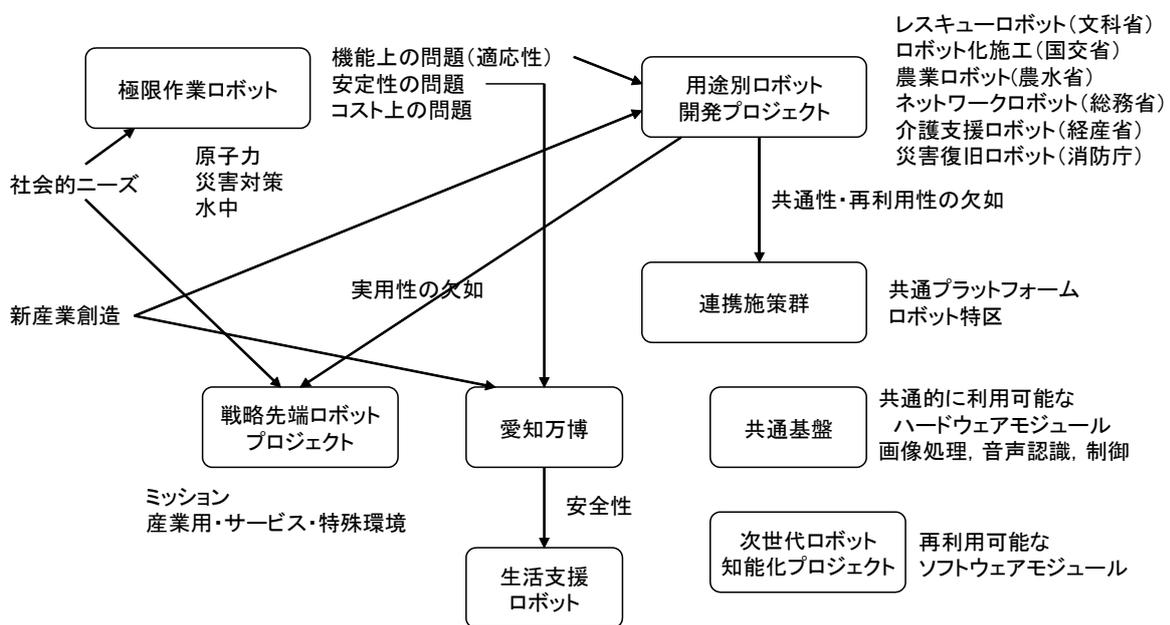
RTに対する国のスタンスとしては、「第3期科学技術基本計画」(2006年3月閣議決定)では重点推進4分野の1つの情報通信の中に盛り込まれており、また「新産業創造戦略」(2004年経済産業省)では先端的新産業7分野の1つとして「ロボット産業」を掲げられている。さらに2009年12月に政府が発表した新成長戦略(基本方針)では、6つの戦略分野のうちの一つ「ライフ・イノベーションによる健康大国戦略」の中で、「安全性が高く優れた日本

発の革新的な医薬品、医療・介護技術の研究開発を推進」し、「産官学が一体となった取組や、創薬ベンチャーの育成を推進し、新薬、再生医療等の先端医療技術、情報通信技術を駆使した遠隔医療システム、ものづくり技術を活用した高齢者用パーソナルモビリティ、医療・介護ロボット等の研究開発・実用化を促進する」としており、この基本方針に沿って経済産業省、厚生労働省、国土交通省など関係省庁が連携を進めている。

さらに、2010年に首相官邸から出された新成長戦略においても、「ライフ・イノベーションによる健康大国戦略」の項において、「医療・介護ロボット等の研究開発・実用化を促進」が明言されており、第4期科学技術基本計画においても、これに沿って、高齢者のQOLの向上や介護者の負担軽減を目的とした、自立支援や生活支援、介護者支援を行うロボット技術の推進が、基本方針として記載されることが予想される。

これまでの国によるロボットプロジェクトには図表4のようなものがある。

(図表4) 過去から現在に至る国のロボットプロジェクトの大まかな流れ



社会的ニーズの強い、原子力や災害対策、水中などで働く「極限作業ロボット」については経済産業省主導のプロジェクトがあり、当時としては画期的であったが、適応性、安定性、コスト上の問題から実用化には至らなかった経緯がある。その後のプロジェクトはそこでの反省を踏まえて立案されている。

新産業創造という観点からは、各所管省庁の主導により、ネットワークロボット(総務省)、建設ロボット(国土交通省)、果樹摘取ロボット(農林水産省)、災害復旧ロボット(文部科学省)、介護支援ロボット(経済産業省)など、用途別に様々なプロジェクトが進められていたが、総合科学技術会議の場での調整の結果、省庁間のR Tの共通基盤(「次世代ロボット共通プラットフォーム技術」)を構築すべく、各種プロジェクトが走り出している。また、2005年開催の愛知万博を契機に、生活環境でのロボット利用に関わる安全性の様々な問題が明らかとなり、その解決に向けたプロジェクトも開始された。

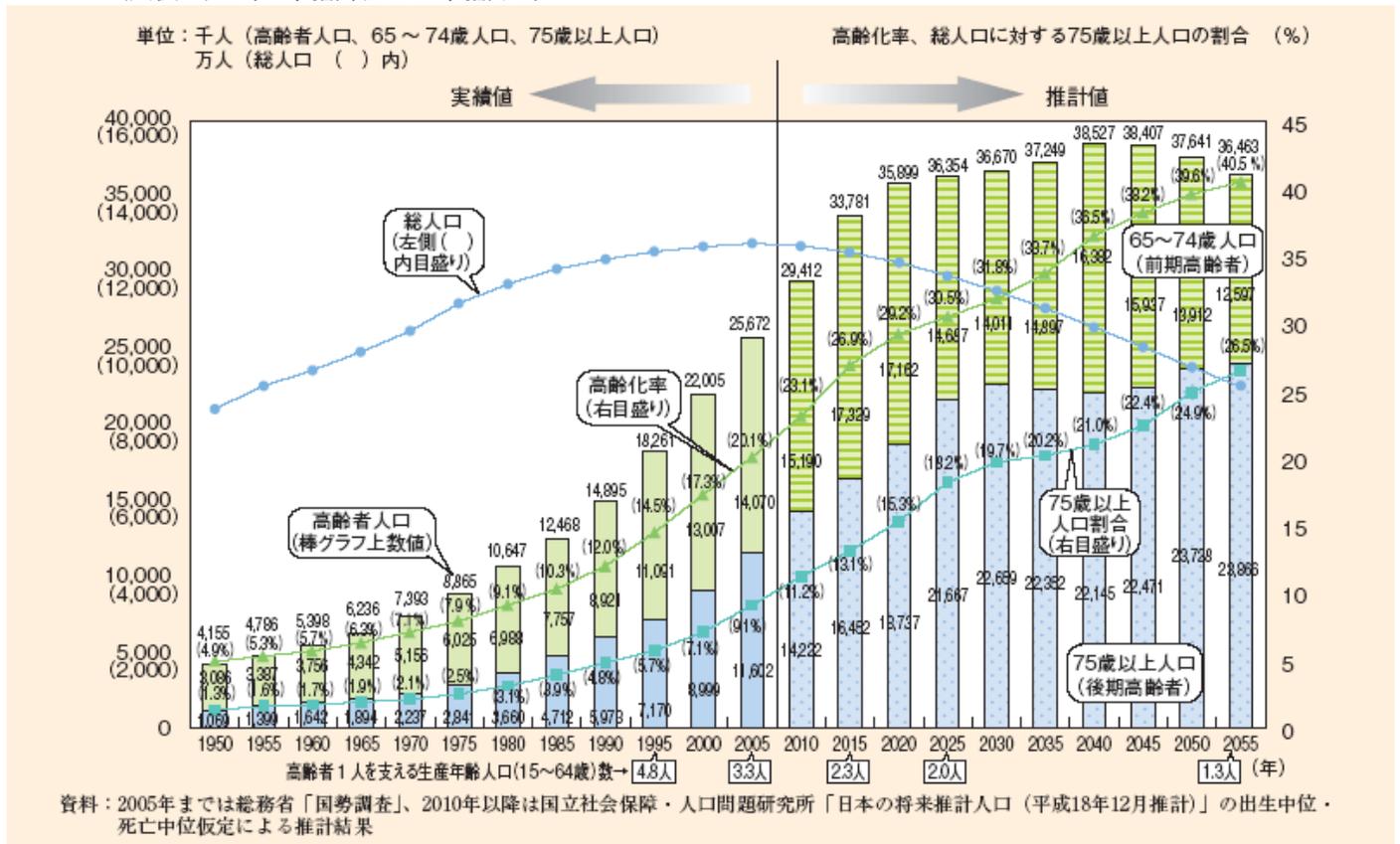
2. 高齢化と介護ロボットの必要性

高齢化と労働力不足

我が国は、世界でも例を見ない速度で、未曾有の超高齢化社会に突入すると予測されている（図表5～7）。

出生率は年々低下し、合計特殊出生率は1950年の4.32人から2006年には1.32人と1/3以下に低下した。一方で高齢者は増加し、2005年に20.1%であった高齢化率（65歳以上の高齢者が総人口に占める割合）は2050年には40.5%となることが予想されている。さらに同年には総人口のおよそ4人に1人が後期高齢者（75歳以上）となるなど、高齢化が進む先進国の中でも日本は突出した超高齢化社会となる。この超高齢化により、2005年時点で高齢者1人当たり3.3人であった生産年齢（15～64歳）人口は、2055年には1.3人となり、労働力不足が懸念される。

（図表5）日本の高齢者人口と高齢化率



(図表6) 支え手人口

	生産年齢人口（15～64歳）を支え手とすると			15～69歳を支え手とすると	
	(a) 65歳以上を何人 で支えるのか	(b) 70歳以上を何人 で支えるのか	(c) 75歳以上を何人 で支えるのか	(b)' 70歳以上を何人 で支えるのか	(c)' 75歳以上を何人 で支えるのか
平成17 (2005) 年	3.3	4.6	7.3	5.0	7.9
20 (2008) 年	2.9	4.1	6.2	4.5	6.8
27 (2015) 年	2.3	3.2	4.7	3.6	5.3
37 (2025) 年	2.0	2.4	3.3	2.7	3.6
47 (2035) 年	1.7	2.1	2.8	2.4	3.2
57 (2045) 年	1.4	1.7	2.4	2.0	2.7
67 (2055) 年	1.3	1.5	1.9	1.7	2.2

資料：平成20年は総務省「推計人口」

他は、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成18年12月推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果

被介護者のQOLの維持と用途の広がり（老化緩和、残存機能強化）

高齢者が自分で生活できる期間を自立期間と呼ぶが、自立が不可能な、いわゆる「寝たきり」に近いような非自立期間は、1999年の厚生省研究会の報告によれば、男性は平均で1.6年、女性は平均で2.8年とされ、平均寿命の伸びとともに年々伸び続けている。高齢化の進展とともに被介護者は必然的に増加すると見込まれるが、その一方で介護者は既に極めて深刻な人材難に陥っており、被介護者のQOLを維持するため、RTの需要は将来的にますます強まると考えられる。

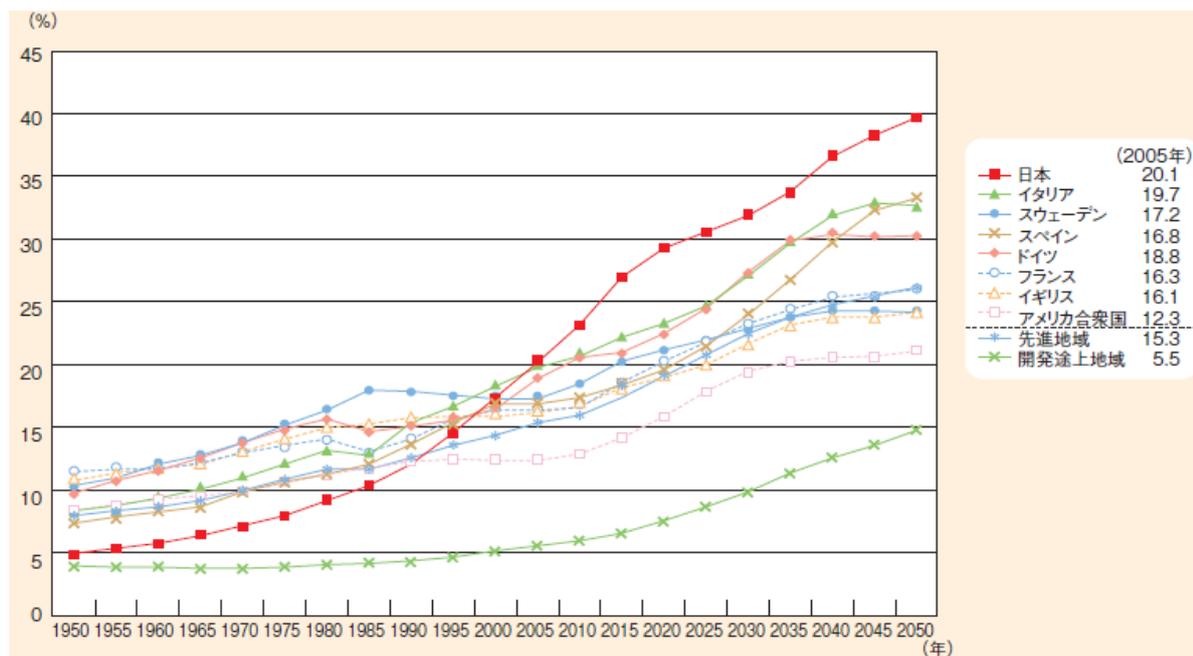
また、近年は、いわゆる「介護」の範疇を超えたRTの活用が期待されている。一般に60歳を超えると身体機能が低下するといわれるが、現在の支援器具はその低下した機能を補完し、生活維持を支援する、いわば受動的支援とでも言うべきものであった。しかし今後、団塊の世代以降が高齢者となる中で、より積極的・能動的に社会参画したいという意識を持った高齢者が増加することが見込まれ、支援の在り方も受動的支援から、豊かな生活を実現するための支援＝能動的自立支援へと移行するのではないかと考えられる。こうした中で、残存機能の強化や老化進展の緩和などにRTの活用範囲が拡大しつつあり、今後はさらに健常者を対象としたトレーニング、介護予防、生活支援といった分野に拡大していく可能性もある。

高齢化最先進国としての日本

一般に先進地域の国においては高齢化の進展が予測されているが、その中でも日本は高齢化の進行速度、将来の高齢化率ともに突出しており、「高齢化最先進国」と言われている（図

表 7)。中国の急速な高齢化進展が話題になったが、それでも 2050 年時点での高齢化率は 30%程度と予測されており、日本が世界一の超高齢化国家である状況はしばらく続くものと思われる。

(図表 7) 先進地域各国の高齢化率



資料：UN, World Population Prospects: The 2006 Revision

ただし日本は、総務省「国勢調査」及び国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成18年12月推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果による。

(注) 先進地域とは、北部アメリカ、日本、ヨーロッパ、オーストラリア及びニュージーランドをいう。

開発途上地域とは、アフリカ、アジア（日本を除く）、中南米、メラネシア、ミクロネシア、ポリネシアからなる地域をいう。

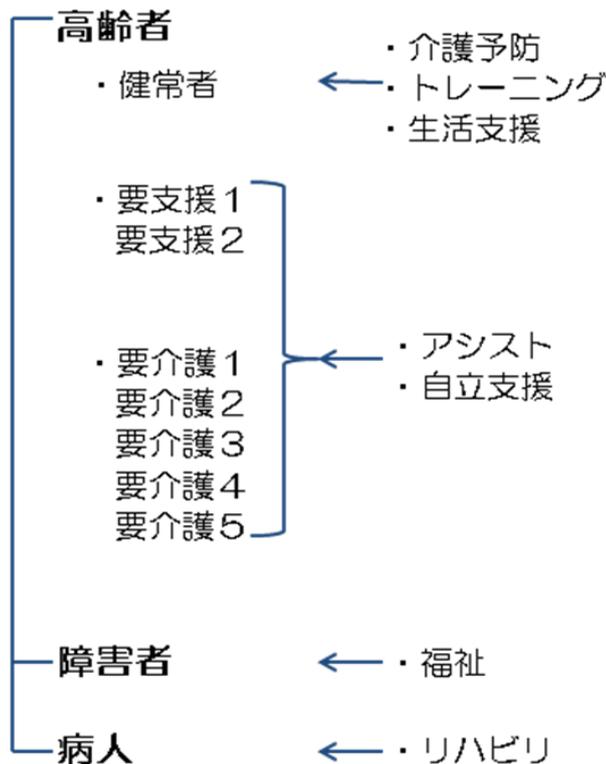
3. 介護ロボットの定義とターゲットの限定

ロボットを広く捉える必要性

先述のように、「ロボット」という言葉は未定義語であり、人によって異なるイメージを想起させるが、本研究では広義のロボット技術（RT）を介護分野のサービスに適用したものを「介護ロボット」とした。

介護ロボットの対象者と対象分野については、図表8のとおり整理した。

（図表8）介護・福祉分野におけるサービスとその対象者



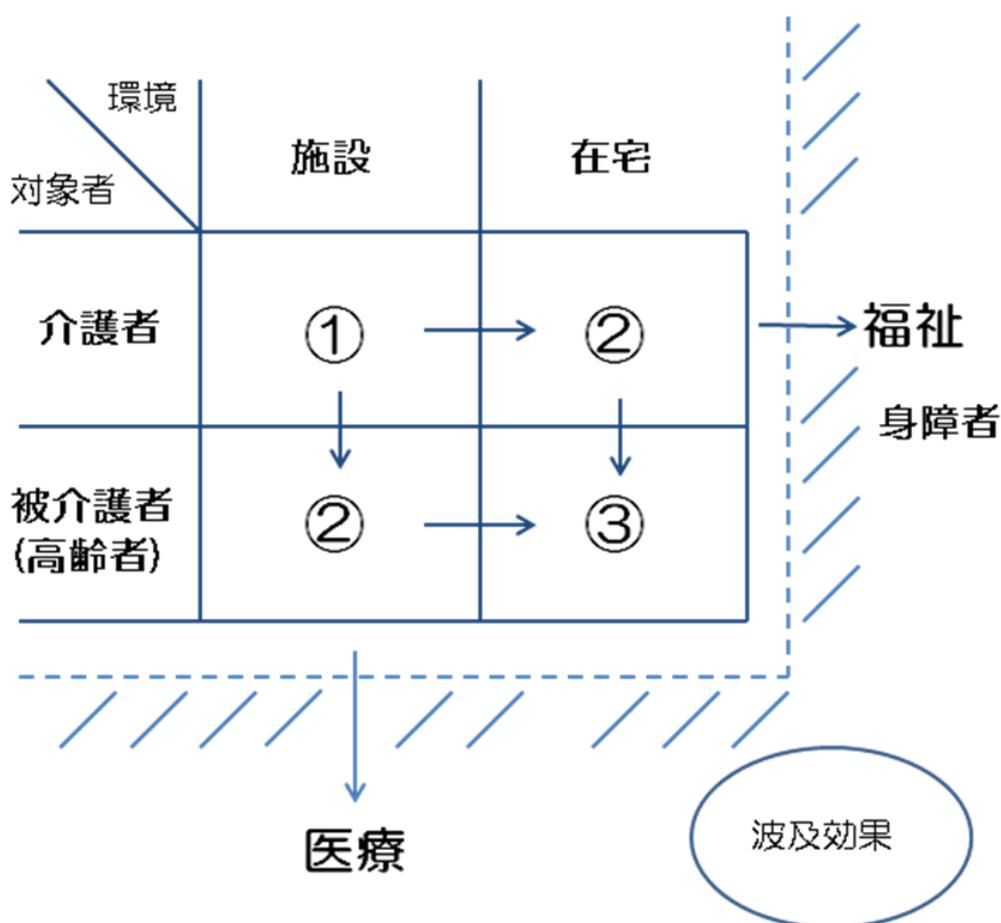
介護・福祉サービスの対象者は高齢者、障害を持った人、病気の人、の大きく3つに分類され、さらに「高齢者」は、現在は介護不要の「健常者」と、介護保険の対象分類で言えば「要支援1」から「要介護5」と分類した。

対象者の右側に対応するサービスを記したが、本研究における「介護ロボット」が対象とする範囲は、「支援または介護を必要とする高齢者」に対する「アシスト」「自立支援」サービスとした。

施設／家庭、介護者／被介護者

介護ロボットによるサービスの対象者を、「支援または介護が必要な高齢者」と定義したが、介護ロボットの使用者という観点に立つと、介護を受ける高齢者自身（＝被介護者）である場合と、介護を行う介護者である場合が考えられる。また、介護ロボットを使用する環境という視点に立てば、施設と在宅に大別でき、マトリックスで示せば図表9の4象限に整理される。

(図表9)介護ロボットの対象者と使用環境



介護ロボットの特有の問題については後述するが、使用環境、作業内容、使用者など介護ロボットをとりまく状況は千差万別であり、効率的かつ効果的な開発・普及を進めるにあたってはターゲットを絞り込む必要がある。本研究では、まず突破口として、使用環境＝施設、かつ使用者＝介護者の象限①を対象に限定して考察することとした。

4. 介護ロボット特有の問題

無限定・共存環境

介護ロボットは人間に直接働きかけるものであり、人とロボットが共存する環境（人間共存環境）での使用が前提である。しかし、人間共存環境においては、雑音、照明、背景といった環境条件が常に変化し、作業の対象となる被介護者の様態も日々変化していく。さらには、使用者・使用条件という点でも、医師が使用する場合、医療資格のない家族が使用する場合など、さまざまな状況が想定され、作業環境や作業内容を限定できる産業用ロボットと異なり、技術開発に多くの困難が伴う分野である。そもそも作業内容についても、介護者がその場の判断で柔軟に対応している実態があり、RTで行うべき業務を特定すること自体が困難な面もある。

安全性の高い要求

人間共存環境において、人間に対して働きかける介護ロボットには、当然のことながら高度の安全性が要求される。具体的には、人混みでも人にぶつからない技術、突然人が飛び出してもぶつからない技術、高価な力センサを用いずに外から加えられた力を推測して人に倣う技術、移動する際にロボット本体だけではなく外からも監視する技術、センサを使ってぶつかってはならないものとの距離に応じ、また加わる力に応じて安全性を制御する技術等が必要であり、さらにそれらの技術を状況に応じて組み合わせ、コスト面の制約下で実用化することが求められる。

安全面での基準や法制度が未整備であるため、現在はメーカーが自主基準によって手探りで開発を進めているが、フィールドテストを行う場が少なく、実証試験やフィードバックに苦慮している実態にある。

低い普及度

セコム社の食事支援ロボット「マイスプーン」は2002年に発売を開始し、介護ロボットとして高い評価を受けて、日本と欧州7カ国で累計約300台が販売されている。欧州での発売開始は2004年と日本よりも遅かったが、現在ではオランダでの販売実績が国内実績を超える勢いであり、国内での普及は一部にとどまっている。

一般的に、介護現場への機器導入は現在のところ、極めて限定的であり、介護リフター（天井走行リフター、ベッド脇のリフター等）、電動ギャッジベッド（背中や足部分を電動で上下させるベッド）、電動車いす・リフター付き車両といったものにとどまっている。さらに言えば、電動力を必要としないトランスファーボードや義足といった用具ですら普及が進んでいないのが現状である。

介護保険制度の適用対象として認められれば、本人負担は1割となるため市場の拡大が期待されるが、介護保険制度の対象とならなければ価格の面で普及が難しいのが現状である。

シーズ指向の開発

介護ロボットのみならず介護器具ですら普及が進まない要因としては、後述するように、介護職員の意識（人手による介護を重視）や、情報不足といった使用者側に起因する問題もあるが、まず技術ありきのシーズ指向など、開発側の問題も指摘されている。

現場の実態を知らずに「こんな技術があるのだが何かに使えないか」「高齢者はこんなものが必要な筈」と、ニーズを無視したシーズ指向の開発が行われた結果、使えない機器になってしまうとの声も多い。これには、要素技術中心、論文を最終成果としてしまうような研究開発姿勢の問題もあるが、ユーザーと開発者を結ぶ「通訳」が不足しており、現場の声が開発側に届かないという社会システム上の問題も指摘できる。

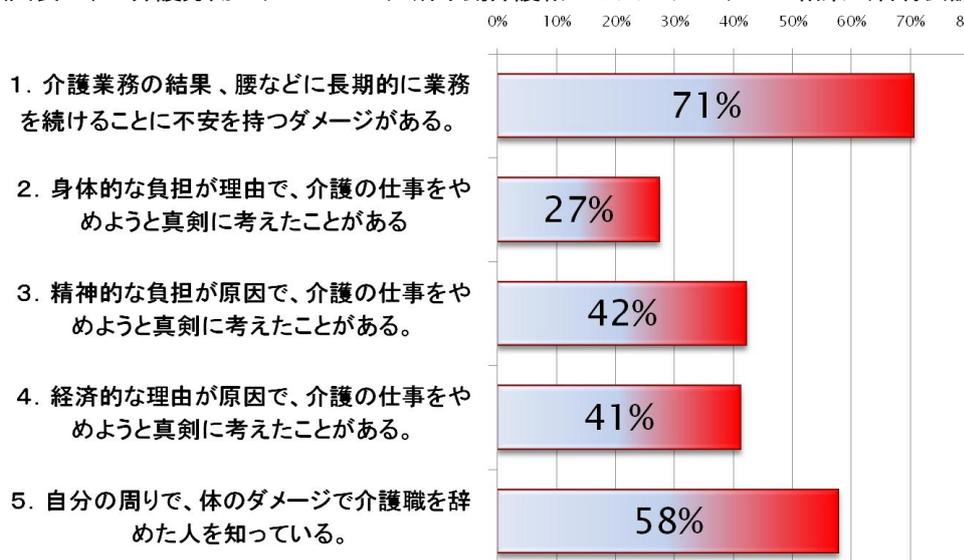
車いすの例であるが、北欧等で主流であるコンフォート型は、使用者の体格に合わせてサイズが調節可能な上、アームレストが取り外せるなど多機能であるが、日本の標準型車いすはアームレストを外すことすらできず、日常生活に使用するための機能を満たしているとは言い難いところがある。前述のトランスファーボードが普及しない要因の一つとして、「車いすのアームレストが外れないため使用できない」ことが挙げられることも多い。

5. 介護現場の現状

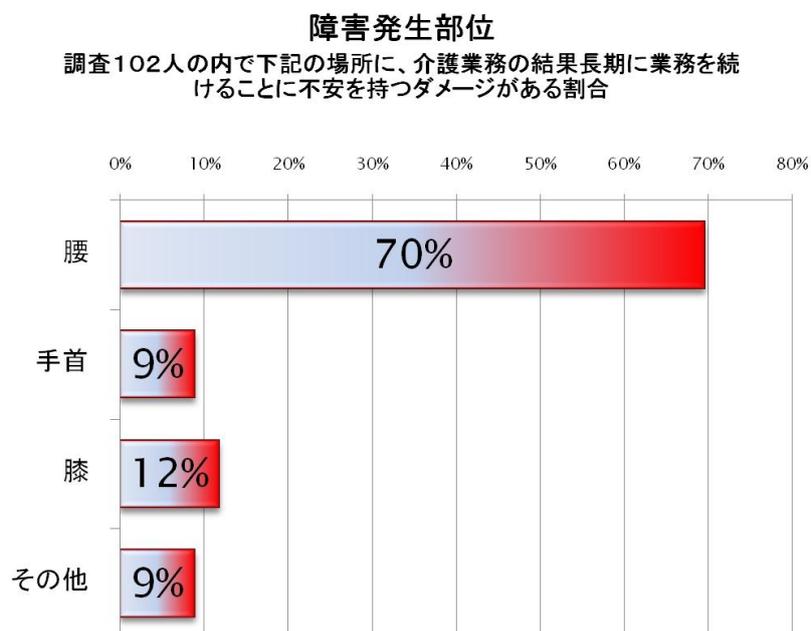
過酷な労働環境

社会福祉法人若竹大寿会は、横浜市で高齢者介護を中心に、16事業所、総職員数1,100名（非常勤含む）、総入所定員数633名、総通所定員数501名という規模で介護業務を行っている福祉法人である。その入所施設で働く常勤介護職員102人に対するアンケート結果が図表10～11である。

(図表10) 介護労働のダメージ 入所常勤介護職102人のアンケート結果（若竹会調べ）（その1）



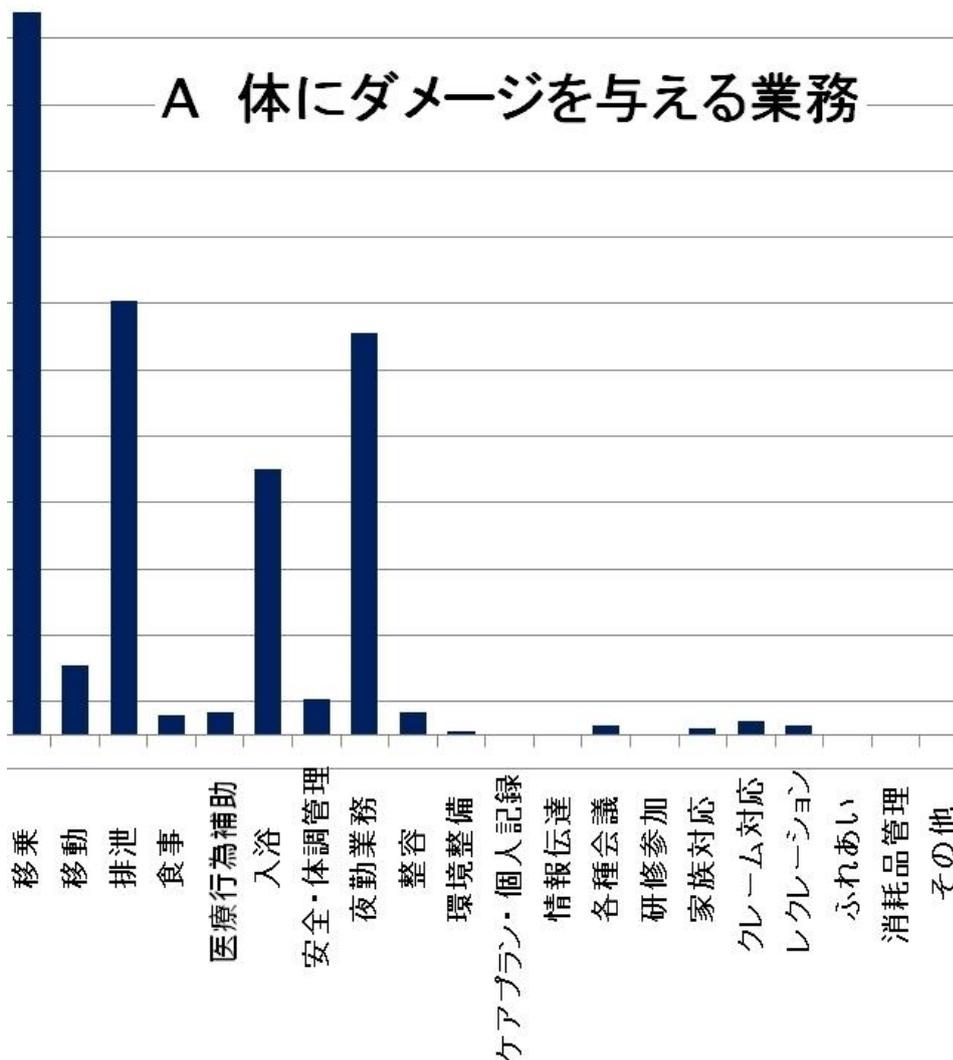
(図表11) 介護労働のダメージ 入所常勤介護職102人のアンケート結果（若竹会調べ）（その2）



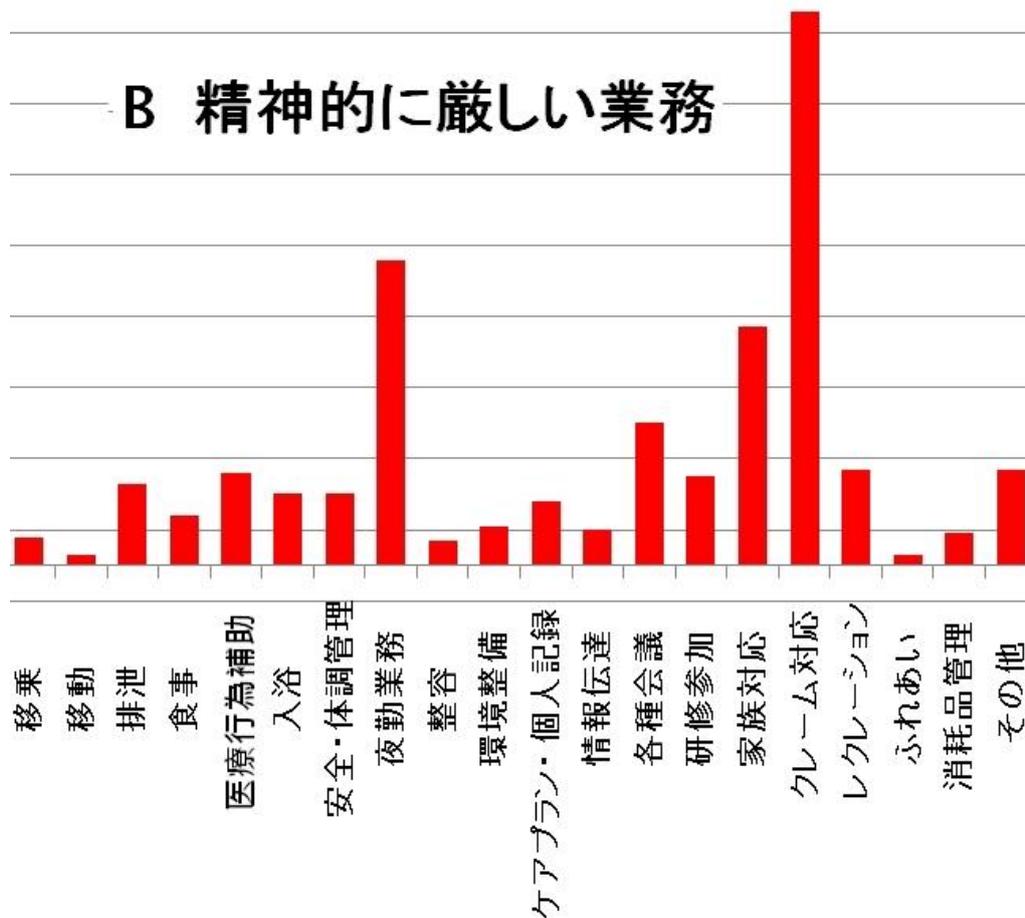
「介護業務の結果、腰などに長期的に業務を続けることに不安を持つダメージがある」との回答は7割にのぼり、さらに6割弱が「自分の周りで体のダメージで介護職を辞めた人を知っている」と回答し、障害発生部位は圧倒的に「腰」に集中している。また、「精神的負担もしくは経済的理由から介護の仕事をやめようと真剣に考えたことがある」との回答も4割を占めており、介護現場では、肉体的、精神的、経済的なストレスが非常に大きいことが見てとれる。

図表 12～14 は、「“A 体にダメージを与える業務”、“B 精神的に厳しい業務”、“C できれば避けたい業務” に該当すると思う業務をそれぞれ1～3位まで選択してください」というアンケートの集計である。

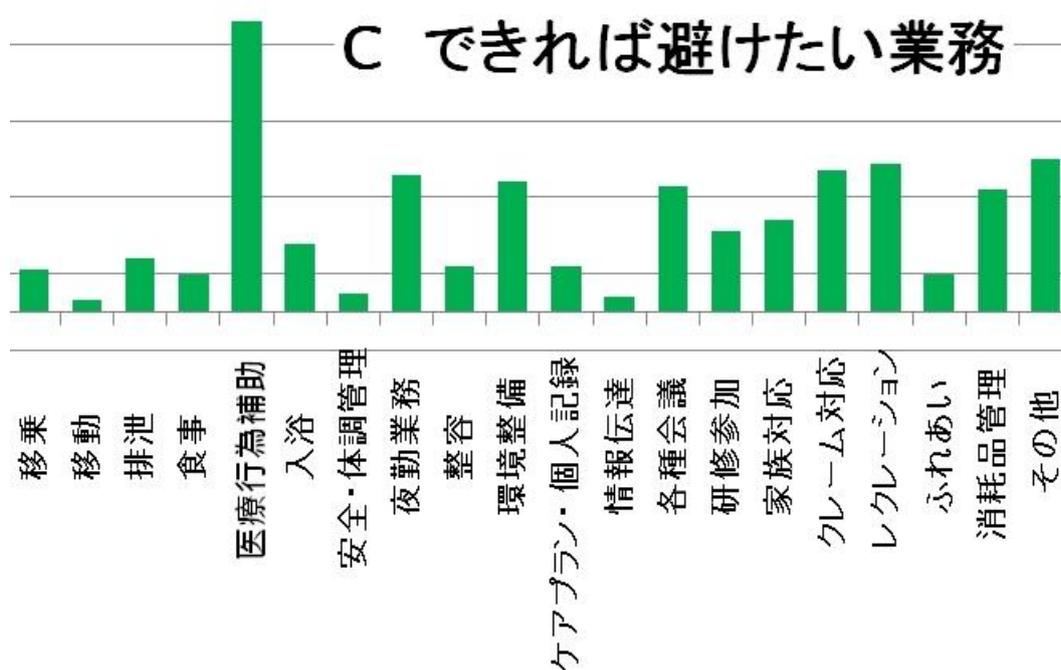
(図表 12) 介護労働のダメージ 入所常勤介護職 102 人のアンケート結果 (若竹会調べ) (その 3)



(図表 13) 介護労働のダメージ 入所常勤介護職 102 人のアンケート結果 (若竹会調べ) (その 4)



(図表 14) 介護労働のダメージ 入所常勤介護職 102 人のアンケート結果 (若竹会調べ) (その 5)



“A 体にダメージを与える業務”は腰に負担がかかる「移乗介護」が1位、「排泄介護」が2位となっており、3位の「夜勤業務」は、トイレに1人で行けなかったり、今日亡くなるかもしれない被介護者を、20人抱えて翌朝まで1人で頑張るという日本の介護施設の常態が、非常に厳しいものであることを示している。

“B 精神的に厳しい業務”では、「クレーム対応」が1位である。行った介護業務や被介護者の状態が自動的に記録されるようなシステムがないため、介護に過失があったのとはなにか、といったクレームに対して介護職員は無力であり、現場の大きな精神的ストレスとなっている。

“C できれば避けたい業務”では、「医療行為補助」が最多であった。本来介護職員は医療行為を行えないが、たとえば痰の吸引を必要とする入所者がいるにも関わらず、医師・看護師が夜間常駐していないため、介護職員がやらざるを得ないという現実もある。

日本は世界でも重度の介護を必要とする方が多い国である。米国や欧州では3年前に死んでいる人が日本で生きているという言われ方をする場合もあるが、医療費用が基本的に自己負担である米国や欧州と違い、医療保険で賄われる日本では、終末期の状態になっても延命措置など医療行為が継続されることが多い。また、スウェーデンやデンマークでは、基本的に経口摂取が不可能になれば、それ以上の積極的な医療行為は行わないため、終末期の状態は継続しないことが知られているが、日本では経口摂取が不可能となった後も医療行為が行われることが多く、介護施設においても医療行為の重要性が高いことが特徴である。

肉体的負担の高い「移乗介護」、「排泄介護」、「夜勤業務」の具体的な内容は図表 15 のとおりである。

(図表 15) 肉体的負担の高い介護業務 入所常勤介護職 102 人のアンケート結果 (若竹会調べ) (その 6)

1位 移乗介助	2位 排泄介助
<ul style="list-style-type: none"> ・一人でご利用者様を抱える動作 ・人を数十秒持ち上げる動作 ・抱えにくい体を無理に抱え持ち上げる動作 <p style="text-align: center;">(場面)</p> <p style="text-align: center;">車椅子→ベット</p> <p style="text-align: center;">車椅子→トイレ</p> <p style="text-align: center;">ベット→車椅子</p> <p style="text-align: center;">トイレ→車椅子</p>	<p style="text-align: center;"><一人でオムツ交換する動作></p> <ul style="list-style-type: none"> ・中腰の姿勢を維持する ・中腰で全体重を支えた体位交換 ・中腰でスポンの上げ下げをする動作 <p style="text-align: center;"><一人でトイレ誘導する動作></p> <ul style="list-style-type: none"> ・中腰で体を支えながらズボン等を挙げる動作 ・車いすから立ち上がりを援助する動作 ・トイレから立ち上がりを援助する動作 ・車いすに座り直す為に、後ろから抱え引き上げる動作

注) 同時に事故を起こしたらと言う、強い精神ストレスを持つ

3位 夜勤業務	
<肉体的>	
※昼間半介助の方が夜間は全介助になり、援助する人が多くなり、腰などへの負担がある。動作は上記同様。	
平均1職員が援助する人数	20名程度
排泄介助(オムツ・トイレ)	× 援助回数4回
着替え	× 2回
体位交換	× 4回
離床	× 2~3回
臥床	× 2~3回
<精神的>	
※勤務時間の長さ ※一人でフロアを見守る時間の不安	
<ul style="list-style-type: none"> ・急変時に対応ができるか? 心肺蘇生法、傷の処置→止血、固定など ・全フロアが見えず、どこで何が起きているか分からない ・見守りフロアの状況を把握しきれいなく、誰にも聞けず援助に自信がない 	

注) 新人職員の退職理由に、「夜勤業務の厳しさ(緊張)」があがることがよくある

人手による介護重視

日本の介護現場には、介護サービスは人の手でやるべきだ、されるべきだという根強い信念があり、介護者、被介護者ともに、「モノ」を使うことで人間を「モノ」扱いしているような抵抗感を抱く場合が多い。また、作業のたびに器具を取り出して使うことを非効率的にとらえる介護者もあり、一方で被介護者は、「他人と違うものを使うのは恥ずかしい」と感じたり、「モノを使って楽をしてはリハビリテーションの効果が薄れる」と考える場合もある。

さらに言えば、日本の社会保障制度上、福祉用具は「お上が必要と認定した人に支給するもの」であり、限定的に扱われてきたという歴史的経緯も、「モノ」を使うことが海外に比べて一般的でない一因と言えよう。2000年の介護保険制度導入により、受け手側からの申請や選択が可能となったとは言うものの、制度を悪用した業者の出現もあり、用具の使用は限定的となっているのが実態である。

情報不足

厚生労働省は「職場における腰痛予防対策指針」を通達として出しており、その中で、作業の自動化・機械化や適切な補助機器等の導入を推奨するとともに、重量物を取り扱う際は、成人男性は体重の40%以下、女性は男性の60%位とするよう定めている。しかし、この指針には法的拘束力や罰則がなく、さらに本当に適用したら現場が回らなくなるという現実もあり、現場での周知すらほとんど行われていない。

また、介護に関する機器・器具の存在が現場で知られていないという実態もある。介護者は先述のように過酷な労働環境の中にあって、新たな機器・器具の情報を収集したり使用方法の勉強をしたりする時間的・精神的余裕がない上に、そもそも人手優先の意識があるため、機器・器具に無関心となりがちである。一方、家族を含めた被介護者側も、一部に積極的な層もあるものの、大半は知識がなく、何をどうすれば良いのかわからないという状況である。

さらに、介護事業経営者も、導入コストがかかる上に、作業効率の低下を嫌って機器・器具の導入には消極的な場合が多い。また、厚生労働省や自治体も、介護機器の専門家が少ないことに加え、「補助金を出しても使われなかった」「介護保険制度を悪用した福祉用具貸与の業者が不要の用具まで大量に貸し出してしまった」など、過去の苦い経験から、積極的とは言えない実態にある。

6. 海外における介護ロボットの利用状況

デンマークの事例

デンマークは高福祉国家として知られているが、1980年代から高齢化が進み、高齢化率は約15%である。高齢者が施設ではなく自宅で生活するスタイルが主流だが、核家族化が進んだ結果、高齢者のみの世帯が増加し、24時間体制の看護・介護制度がそれを支えている。デンマークの医療・福祉サービスは、就労人口の約3割を占める公務員が担当し、原則無償で提供されるが、介護者の給与は日本の約2倍の水準であり、モチベーションが高く、質の高いサービスにつながっている。

一方で、将来的には高齢化の進展などにより介護者不足が懸念されており、その解決策として、医療・福祉分野へのRT導入を国の方針として打ち出し、「介護労働負担軽減プロジェクト」を首相主導のもと推進している。2009年に約4億ユーロの基金ABT Foundationを設立し、様々なRTを一定期間試験的に運用して負担軽減効果を検証した上で各地方自治体へ展開するという内容だが、欧州内他国への展開も次のステップとして視野に入れている様子である。

介護側と研究開発側の協力の仕組みとしては、デンマーク国内の高齢者施設等の組織であるCare Net（運営：デンマーク技術研究所）があるが、デンマークは地方自治体の独立性が高く、国内の高齢者施設の9割が地方自治体による運営であり、オーデンセ市やオーフス市などでは、既にRTを導入した高齢化対応コミュニティを作る動きもある。

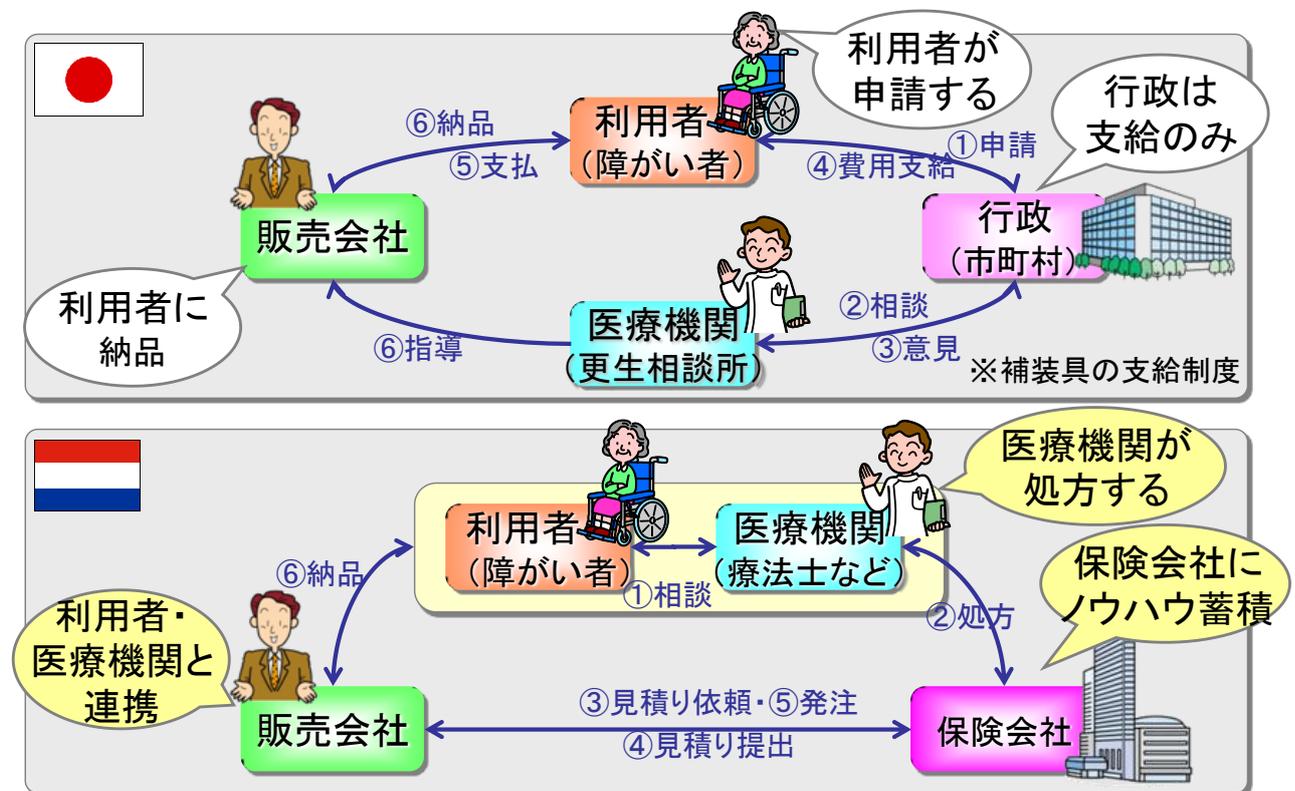
日本とのRTに関する情報交換も活発に行われており、デンマーク技術研究所が窓口となり、セラピーロボット「パロ」を2008年末から導入、既に100体以上が導入され、2011年までに1,000体の導入が予定されている。認知症患者に対するケアの質的向上効果が認められ、デンマークでは約60万円の価格だが全て地方自治体が購入している。免許制度を導入し、既に200名を超える免許取得者が、利用状況の記録や数カ月毎の意見交換会によりフィードバックを行っている。また、「ロボットスーツHAL」についても、既にサイバーダイン社はデンマーク国内にHAL生産設備を立ち上げ、「介護労働負担軽減プロジェクト」の一環としてオーデンセ大学病院のリハビリセンターに導入されるほか、カロリンスカインスティテュートのダンドリュー病院との共同研究などが行われている。

オランダの事例

オランダの高齢化率は現在 15%程度だが、2025 年以降急速に高齢化が進展すると予測されている。歴史的に介護に積極的な国であり、EUの助成により総額 400 万ユーロの予算で 2010 年から始まった K S E R A (「高齢者用生活支援ロボットに関する知識」) プロジェクトは、スマートハウスの中に家庭用生活支援ロボットを配置し、高齢者の自立的な生活を支援する効果を検証するというものだが、プロジェクトに参加する 5 カ国の調整役はオランダのアイントホーフェン工科大学が務めている。

介護保険制度についても歴史が長く、日本の介護保険はドイツを、ドイツの介護保険はオランダを参考にして作られたと言われ、オランダの「特別医療費保険制度(AWBZ)」は世界で最も早く制度化された介護保険制度だが、機器・用具に係る費用は基本的に全額公費負担である。無償であることに加え、カルチャーとして機器使用に積極的であるが、その支給方法は日本と大きく異なり、医療機関の処方にもとづいて保険会社が販売会社に発注、販売会社が使用者へ納品という仕組みである(図表 16)。

(図表 16) 福祉機器が利用者に届けられる仕組みの日本・オランダ比較



※セコム 杉井委員 講演資料より転載

医療機関の処方に際しては、誰でも閲覧可能な福祉・介護機器のデータベースを活用し、利用者との相談・合意の上で機器が処方され、その処方は保険会社にノウハウとして蓄積される仕組みである。対して日本では、機器の情報が得られるデータベースもなく、利用者自身が使用機器を決定して申請を行う必要があり、また申請を受ける自治体は費用支給だけを行うため、機器用具の知識が乏しくなりがちである。

日本のR Tの導入にも積極的であり、上肢サポート機器や電動車いすなど医療用機器を扱う FOCAL Meditech 社が販売窓口となり、2004年に「マイスプーン」、2009年には「パロ」が発売された。オランダの人口は日本の約8分の1に過ぎないが、「マイスプーン」は既に日本国内の販売台数を凌駕する勢いであり、「パロ」についても約40カ所の施設で利用されている。

[禁無断転載]

2011年5月17日発行

ロボット技術（RT）が拓く豊かな日本

～ 介護サービスへの産業的挑戦 ～

社団法人 日本経済調査協議会
専務理事 奥 雅 文

〒106-0047
東京都港区南麻布5-2-32
興和広尾ビル6階
電話（03）3442-9400（代表）
FAX（03）3442-9403
<http://www.nikkeicho.or.jp>

[非 売 品]

印刷／（株）東京技術協会