

## 障害者・高齢者を支援するロボット開発の現状と今後の展望

○平野 重雄<sup>1, 2)</sup>, 関口 相三<sup>1)</sup>, 奥坂 一也<sup>1)</sup>, 喜瀬 晋<sup>1)</sup>, 荒木 勉<sup>3)</sup>

### 1. はじめに

事故や疾病による運動障害や加齢などによる運動機能の低下は、トレーニングやリハビリテーションなどによって回復することが望ましい。しかし、元の機能への回復がむずかしい場合には、支援機器による機能補完が必要となる。この機能補完によって学業の継続や社会へ復帰し、本人の能力を活かした仕事などの活動ができるようになることは、本人だけでなく社会にとって望ましいことである。

本報は、障害者や高齢者を対象とした支援ロボットについて、福祉工学、医用工学に関わる学会誌掲載の研究論文および企業の開発製品、ならびに2016年と2017年に東京で開催された国際福祉機器展の出展内容、経済産業省・厚生労働省作成のロボット介護機器開発に関する資料などを基に、支援ロボットの現状事例を交えて今後の展望について考察した。

### 2. 生活の質 (QOL) の高揚とその維持

科学技術の進歩は、人間社会のあらゆる場において、恩恵をもたらすと共に種々の問題も発生させた。しかし、医療と福祉の分野においては、その功績を認めることができる。特に、わが国では、医療技術の進歩により平均年齢84歳という世界最長寿国の実現に大きく貢献している。しかし、2025年に全人口の4人に1人が65歳以上の高齢者となり、出生率の極度の低下による少子高齢社会を迎える。この少子高齢化において、障害者のみならず高齢者の生き甲斐の支援、生活の質 (QOL) の高揚とその維持、自立生活の支援など、障害者、高齢者に対する生活支援技術と支援ロボットの開発かつ実用化は、国民の健康を支える医療技術や健康管理機器と共に極めて重要である。

そして、支援ロボットは、今後増大する在宅ケアにおいて、家族の負担を軽減し、家庭生活の混乱・破壊を避けるという役目も担っている。

怪我、病気、あるいは老化などにより本来あるべき機能が失われたり、傷害を受けたりすると、従来の機器や環境では生活に支障をきたす場合も出てくる。人が障害を持つか持たないかは、人の機能と環境との関係に大きく依存している。

したがって、そのような人が日常生活や社会活動す

る際に不便を感じたり不利益を被らないように、また介護する人が不便を感じないように、活動領域の物理的環境を整えたり、便利な機器を開発することにより快適でバリアフリーな社会を実現する必要がある。

障害者や高齢者に対して質の高い介護を目指す場合、介護人の数を増やすこと、質の高い介護を行う機器を開発すること、介護における雑用や単純作業用の機器を開発し、少数精鋭で質の高い介護を集中的に行うことが施策に挙げられている。

しかし、介護者の数を増やす方向に進むと、通常障害者にかかる費用の約80%が人件費であることを考えると、増大する高齢者数にあわせて単純に介護者の人数を増やすことは非現実的である。

政府は2018年5月21日、65歳以上の高齢者人口がピークを迎える2040年度時点の社会保障給付費が最大190兆円に達するとの試算結果を公表した。高齢者の年金・医療・介護費用が大幅に伸びるのが原因で、2018年度(121兆3000億円)の約1.6倍に膨らむことになる。急速な人口減少と超高齢化社会の到来に対応した持続可能な社会保障制度の構築が急務となる<sup>1)</sup>。

障害者や高齢者介護を在宅ケアに求めるわが国の方針では、第一に障害者、高齢者の生き甲斐を支え、少しでも自立期間を延ばす支援機器の開発が必要になる。

### 3. 支援ロボットの特徴

支援ロボットは、障害者、高齢者など人と直接接触して作業するため、次の4点において工業用ロボットと大きく異なる(医療行為全般、医学的研究・教育の場において用いるものがあるがここでは省略する)<sup>2)</sup>。

◇直接被介護者や患者に接触する。

◇処置内容や作業内容が一律でなく変化する。

◇動作の試しおよびやり直しができない。

◇特別な専門家でなくとも容易に操作できる。

日常生活における自立動作や介護動作などは、人間の身体機能にあわせて創意工夫されなくてはならない。

しかし、ひとたび歩行が困難になると、日常生活の運動量が減り、本来の疾患は重症でないにもかかわらず連鎖反応的にその他の身体的機能も衰える。最終的に寝たきりの状態に結び付く危険性も指摘されている。医療・介護・福祉のすべての場面において、人の歩行を支援する支援ロボットの需要はますます増加するであろう。

<sup>1)</sup> 株式会社アルトナー <sup>2)</sup> 東京都市大学 <sup>3)</sup> 筑波技術大学

高齢者にとって歩行は、病室間の移動や家庭から社会へ出ること、人と人とのつながりを保つこともでき、認知機能へもよい影響が期待できる。歩行は高齢者の生活の質を維持する基本的な運動であり、支援ロボットにより、歩行時の転倒リスクを低減しながら、歩行やリハビリが行え、支援ロボットを導入することで、高齢者や疾患の軽い患者が安全かつ手軽にリハビリに取り組む環境整備に寄与できるものと期待されている。

長寿社会における様々な問題を検討する際、高齢者を障害者あるいはその予備軍として捉える傾向がある。確かに身体機能の低下や障害に対するノーマライゼーション（Normalization 障害者・高齢者など社会的に不利を受けやすい人々（弱者）が、社会の中で他の人々と同じように生活し活動することが社会の本来あるべき姿であるという考え方。また、弱者がスムーズに社会参加できるような環境の成立を目指す活動、運動のこと）やバリアフリーの視点からは共通に取り扱える問題も多いが、その反面、障害などの現象やそれに対する支援目的が同じでも、多くの場合その具体的解決方法が異なる。

病気や障害にかかわらず健康に老いることは、今後の長寿社会における重要なテーマである。しかし、例えば健常高齢者といえども高齢化に伴い少なからず何らかの機能低下を有している。一般に、多くの高齢者に認められる機能低下は、障害とは区別すべきものであり、また、日常生活に支障をきたすような機能低下ですら高齢者自身も周囲の人も高齢化に伴う加齢現象として受け止めており、それを障害としては扱っていない。そのため、支援ロボットの対象者として期待される健常高齢者には、次の点を考慮する必要がある。

◇障害としては扱えない範囲の軽度の機能低下を有する。

◇心身の機能低下は時間と共に進行する。

◇障害者として扱われることには強い抵抗がある。

◇機器に対する使用意欲が低い。

このような視点で開発された支援ロボットであれば、単に健常高齢者のみならず、老若男女を問わず広く使用されることが期待される。

#### 4. 支援ロボットの現状

日常生活において緊急度の高い支援対象は、移動、排泄、入浴である。この問題を支援ロボット技術などにより解決しようとする試みが行われている。なお、リハビリテーションロボットは、内容的には医療分野に含まれるロボットであるが、ここでは、福祉系ロボットの範疇に入れる。

##### 4. 1 リハビリテーション分野

歩行機能の低下が軽度な高齢者に対する支援機器として、歩行訓練装置や歩行補助機器などがある。現在、左右のバランスの異なった人に対しても適切な歩行を支援するパワーアシスト歩行訓練機などが開発されている（図1）。



図1 歩行訓練機器：歩行アシスト  
（出典：本田技研工業（株））

##### 4. 2 移動・移乗支援分野

歩行機能の低下が進行した時の支援機器として、段差対応型車椅子などがあり、その機能も向上している。歩行機能障害が高度な高齢者に対しては、在宅用にはより簡便なリフターが、また病院や施設用にはベッドと車椅子間の移乗の省力化を目的とした移動型ベッドとそれを搬送する特殊搬送車などロボット技術やパワーアシスト技術を応用した機器の実用化が挙げられる（図2）。



図2 触覚ガイダンスによる移乗作業  
（出典：理化学研究所・東海ゴム工業（株））

#### 4. 3 ベッドおよびベッド周りの支援分野

離床は自立の基礎であり、高齢者の寝たきりを防ぐには、離床しやすいベッドは重要である。一方、離床できない高齢者に対しては、ベッド上での生活のしやすさおよび介護のしやすさが要求される。

現在では、パワーアシストによる移載機能付ストレッチャーと、ロボット技術を応用したベッドで、介護者が直接在床者に触れることなく手元のレバー操作により、在床者をベッド上に動かすことでこの問題を解決する試みも進んでいる（図3）。



図3 離床しやすいベッド  
(出典：パラマウントベッド（株）)

#### 4. 4 食事関連分野

食事関連の機器としては、食事そのものの支援とその準備である調理および食事後の後片づけを支援する機器が対象である。調理や後片づけに関しては、一般の家電製品の開発に期待した方が多い。

食事介護を受ける人の多くは、食事以外楽しみのない環境にいるため、食事ぐらい自分の意志で好きな順番に自分のペースで食事をしたい人が多い。これは、若年障害者だけの問題ではなく、自立心のある高齢者も例外ではない。

人による介護では、介護者に気を使って被介護者が自分の意志やペースで食事が出来ず、また、介護者が忙しいときは実に非人間的な介護になっている現実を認識する必要がある。そのため、若年障害者のみならず高齢障害者にも扱える食事介護支援ロボットの開発には大きな意義があり研究も進められている（図4）。



図4 食事介護支援ロボット  
(出典：セコム（株）)

#### 4. 5 排泄支援分野

排泄は、人間の尊厳に関わる重要な行為である。そのため排泄支援機器の開発は、高齢者の自立維持や介護者の負担軽減に欠かせないが、実用化が最も困難である。現在実用化されている洗浄装置付きトイレは、排泄後の処理の省力化や局部の清潔保持に大きく貢献しており、今後もさらに高機能のものや使いやすいものが開発されるであろう（図5）。



図5 可変移動式排泄支援機器  
(出典：積水ホームテクノ（株）)

#### 4. 6 入浴支援分野

わが国の入浴形式が、腰の深さほどの浴槽に首まで浸かり体を温めるため、浴槽への出入りは高齢者や障害者にとって極めて困難で、介護者の肉体的負担のみならず介護者および被介護者ともに転倒の危険が付きまとう。そのため、被介護者を浴槽に出し入れするためのリフターが、簡単な家庭用から大掛かりな施設用のものまで開発されている（図6）。



図6 入浴支援機器  
(出典：SAKAI med（株）)

#### 4. 7 経済産業省（一部、厚生労働省）の施策

これまでのロボット介護機器開発・導入の方針<sup>3)</sup>。

##### 1) ロボット介護機器の開発補助

従来の高機能・高価格・少量のロボット介護機器開発は、現場ニーズから大きく乖離している。シンプル・安価・大量のロボット介護機器の開発を促すことが重要となる。具体的には、①現場のニーズを踏まえ、

開発支援の重点分野を特定（ニーズ指向）。②使い安さ向上とコスト低減を加速するため、ステージゲート方式を採用（安価）する。

2) 介護現場への導入に必要な環境整備

重点分野化されていないロボット介護機器は、必要な機能について十分な研究が行われていない。安全・性能・倫理の基準を作成すると共に、これらの基準を満たす効果の高いロボット介護機器を評価し、介護現場での実証試験実施や導入を促進する。また、重点分野化に向けた調査・研究を行う。

自立支援に資するロボット介護機器の開発補助，ロボット技術の介護利用における重点分野（2012年11月 経済産業省・厚生労働省公表。2014年2月，2017年10月改定）。

☆2012年 経済産業省・厚生労働省公表

◇移乗介助（装着，非装着）

ロボット技術を用いて介助者のパワーアシストを行う装着型の機器（図7）。

ロボット技術を用いて介助者による抱え上げ動作のパワーアシストを行う非装着型の機器（図8）。



図7 移乗介助（装着）



図8 移乗介助（非装着）

◇移動支援（屋外，屋内）

高齢者などの外出をサポートし，荷物などを安全に運搬できるロボット技術を用いた歩行支援機器（図9）。

高齢者などの屋内移動や立ち座りをサポートし，特にトイレへの往復やトイレ内での姿勢保持を支援するロボット技術を用いた歩行支援機器（図10）。



図9 移動支援（屋外）



図10 移動支援（屋内）

◇排泄支援

排泄物の処理にロボット技術を用いた設置位置調節可能なトイレ（図11）。

◇認知症の方の見守り（施設，在宅）

介護施設において使用する，センサーや外部通信機能を備えたロボット技術を用いた機器のプラットフォーム（図12）。

在宅介護において使用する，転倒検知センサーや外部通信機能を備えたロボット技術を用いた機器のプラットフォーム（図13）。



図11 排泄支援



図12 認知症の方の見守り（施設）



図13 認知症の方の見守り（在宅）



図14 入浴支援

◇入浴支援

ロボット技術を用いて浴槽に入浴する際の一連の動作を支援する機器（図14）。

☆2017年 経済産業省・厚生労働省公表

◇移動支援（装着）

高齢者などの外出をサポートし，転倒予防や歩行などを補助するロボット技術を用いた装着型の移動支援機器（図15）。



図15 移動支援（装着）



図16 排泄予測

◇排泄予測

ロボット技術を用いて排泄を予測し，的確なタイミングでトイレへ誘導する機器（図16）。

#### ◇動作支援

ロボット技術を用いてトイレ内での下衣の着脱などの排泄の一連の動作を支援する機器（図17）。

#### ◇コミュニケーション

高齢者などとのコミュニケーションにロボット技術を用いた生活支援機器（図18）。



図17 動作支援



図18 コミュニケーション

#### ◇介護業務支援

ロボット技術を用いて、見守り、移動支援、排泄支援をはじめとする介護業務に伴う情報を収集・蓄積し、それを基に、高齢者などの必要な支援に活用することを可能とする機器（図19）。



図19 介護業務支援

### 5. 実用化と今後の展望

身体機能の支援は、これまで介護者によって個々のニーズに応じて行われてきた。しかし、介護者の身体負担の問題が顕著となる老老介護・認認介護や、介護コスト増加などの社会問題の解決を目的として、支援ロボットへの期待が高まっている。支援ロボットは、プライバシーの保護や個人の自立心・尊厳を維持するうえで介護者よりも望ましい場面もあり、さらには、障害者、高齢者が遠慮することなく、より細かな希望に沿った支援ができるものとして、その活用が望まれている。

一般に、日常生活に対する支援機器のアイデアは、その対象が生活に密接に関係しているため、専門家でなくても様々なことが容易に考えられる。しかし、この種の機器は、理論的に可能でも実用化が困難なものが多い。実際、寝たきり障害者に対する介護支援ロボットの研究は、1990年頃に行われ、デモンストレーションとしては様々なことが行えたが、未だ実用には至っていない機器もある。

長寿社会を迎え、実用に耐え得る介護支援ロボットの開発が要求されている。確かに鉄腕アトム（図20）のようなロボットが実現されれば、一度に多くの問題は解決されるであろうが、長寿社会はその到来を待つてはくれない。したがって、機能レベルは低くともできることから一つひとつ解決していく必要がある。例えば、支援ロボットの力仕事をする面と、精神的な側面を分けて実現することも一つの方法である。このレベルであっても、障害者、高齢者の支援に早期に役立つのみならず、理想的な支援ロボットを開発する基礎段階としても重要である。



図20 鉄腕アトム

（出典：手塚治虫文庫全集  
（講談社））

2007年に、勤労世代の急激な減少と高齢非労働世代の増大という超高齢社会に突入したが、精神的・経済的活性の維持には、高齢者の日常生活の自立を支援する機器の開発が急務である。また、高齢者の長期的介護の立場からは、被介護者よりも介護者の立場に立った支援機器の開発となる。このような超高齢社会を豊かに支える手段として、家電製品のような感覚で使用できる様々な支援機器の実用化は急務である。その際、主な使用者が老いた妻あるいは同居先の主婦であるため、非力な彼女たちにとって使いやすいことが必要で、安全性とともに誰でもが簡単に訓練なしで使えるものの開発が重要である。

図21は、注目されているCYBERDYNE（株）の移乗介助支援ロボットスーツHALである。



図21 移乗介助支援ロボットスーツHAL

（出典：CYBERDYNE 株）。

図22は、パナソニック（株）の介護ロボットでベッドから高齢者などを車いすに移動させるため、安全性や価格、使い勝手など現場での使いやすさを追求した結果のベッド型の支援機器である。日本が主導した生活支援ロボットの国際安全規格の認証も取得している。

図23は、トヨタ自動車（株）の移乗ケアアシストで要介護者の体幹をホールドし、介助者が人手で通常している方式と同様の抱き上げ動作により、移乗介助を実現する。重要な血管や神経が通る脇を圧迫することがなく、下肢支持性がない要介護者をも、抱え上げることができるため、膝などの下肢支持が必要な支援機器よりも幅広い対象に適用できる。また、要介護者の座位をサポートすることができる。これにより安定してトイレに座っていただけるので、一人で排泄をすることができるようになる。

図24は、（株）モリトーと大和ハウス工業（株）が共同開発した移動支援（屋内型）ロボットである。屋内移動や立ち座りをサポートし、特にトイレへの往復やトイレ内での姿勢保持を支援するロボット（移動支援機器）。ベッド・椅子・便座などへの座り込み・立ち上がり動作、目的地への自由性が高く、被介護者のペースで歩いて移動する。また、各動作での介護量を低減することも実現している。

## 6. むすび

ものを持ち上げるために支援機器があるとありがたい。支援機器を、現場への導入を推進していくために、安全性や使いやすさ、身体への親和性の向上など使用者である障害者や高齢者の目線に立った開発を進めることが肝要である。

人の役に立つ賢さと人への優しさが必要なパートナー形式の支援ロボットの開発により、明るい未来社会が実現できればよいと考えている。

目指す社会は、すべての人が明るく楽しく生活できる社会の実現である。

## 参考文献

- 1) 総務省：平成29年版地方財政白書、2016。
- 2) Shigeo HIRANO, Susumu KISE, Sozo SEKIGUCHI Kazuya OKUSAKA and Tsutomu ARAKI, *Design to Realize the Harmonious Coexistence of Humans and Robots, The 4th International Conference on Design Engineering and Science, ICDES 2017 Aachen, Germany, September 17-19, 2017.*
- 3) 経済産業省 製造産業局 ロボット政策室, H30年度ロボット介護機器開発・標準化事業に向けて, 2018.1.



図22 介護ロボット「リショーン」  
(出典：パナソニック（株）)



図23 移乗ケアアシスト  
(出典：トヨタ自動車（株）)



図24 移動支援（屋内型）ロボット  
(出典：（株）モリトー/大和ハウス工業（株）)