

サービスロボットの市場発展および産業の成長に関する調査研究委員会
＜中間報告＞

エクゼクティブサマリー

1. 研究会の主旨

本研究会は、AI 革命とともに、近年、多くの分野で展開するようになった「サービスロボット」について、その市場形成と産業発展・成長について検討するものである。

人口減少や少子高齢化という社会的問題の解決にはサービスロボットの活用が必至であることは論を待たない。しかし、サービスロボットは、一部の分野を除いては、様々なプロトタイプが発表され、事業化が開始される例がでて、大きな市場形成には至らず、開始された事業が終了してしまう事例も多い。

本研究会では、サービスロボットについて、市場が拡大しない要因の洗い出しとビジネス・モデル構築を主要論点としていく。そこでは、そもそも AI 技術が飛躍的に高度化するとともに様々な形でのネットワーク化が進展する一方でロボットの駆動系技術の発展そのものに問題が生じている恐れがありはしないか、これまで数多く行われてきたニーズ・シーズ・マッチングなどに問題点・課題がないかなどを開発動向についても検討する。

サービスロボットの活用領域は幅が広いとため、研究会では、具体的なビジネス・モデルの構築については、一部の分野に限定して情報を整理し、検討していこうと考えている。初年度の令和2年度は、介護・ケア分野に議論を絞り、課題の抽出等を行った。本中間報告は、その令和2年度の研究会の活動報告を行い、令和3年度に向けた展望を示すものである。

2. 本研究会の対象とする「ロボット」、「サービスロボット」

本研究会では、議論の対象とする「ロボット」および「サービスロボット」について、どのように扱うかを議論したのち、結果として、厳密な概念定義を設定することはせず、以下のような特徴を持つロボットを「中心に取り上げて」議論を進めることとした。

＜ロボット＞

- ✓ 人間の「身体的要素」を代替する、質量・速度を伴うもの
- ✓ 「足」の機能代替型のロボット以外、特に「手」の機能代替に注目
- ✓ その自律性については、完全自律には拘らない（操縦型もあり）

＜サービスロボット＞

- ✓ 非製造業で使われるロボットを対象とし、中心はサービス業（対人）とする

従来の産業用ロボットが、生産工場のなかで、労働者から分離された環境で作動し、作業の対象が「モノ」に限定されていたことから、ある意味で対極の条件で作動するロボットを議論することで論点を際立たせることにした。その結果、本研究会では、「対人サービス業」で活用されるロボットを議論の中心に

据え、ロボット活用の将来性をよりクリアに浮き上がらせることを試みることにした。

また、本研究会では、「機械」「装置」「設備」「システム」など「ロボット」周辺にある自動化機能が部分的に組み込まれたものとの違いを意識しつつ、厳密な線引きをすることは敢えてしない。また、それらロボットの周辺にある機械・機構と、サービス提供従事者が一体となって生み出す「統合されたサービス」の中で果たすロボットの役割を考えることとなった。

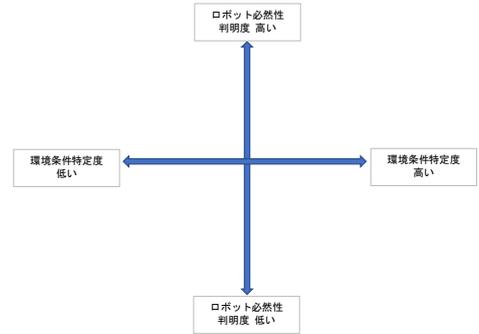
3. 本研究会の2つの「議論の軸」

本研究会で扱う「サービスロボット」の市場領域をどこに設定するのかを議論するなかで、研究会独自の「議論の軸」を設定することにした。

その軸は

「環境条件特定度」

「ロボット必然性判明度」



の2軸である。

本研究会では、「ロボットでなければいけない（必然性のある）場面は本当にどこなのか」という問いは、サービスロボット導入のブレークスルーを考えるうえで非常に重要だと考えた。それは、日本の製造業への批判によくある無理な「技術プッシュ」「プロダクト・アウト」による製品開発を回避するための視点である。

また、現在実現化されているロボットは、全環境適応可能な汎用機械ではなく、特定の環境条件で作動するように開発されている。つまり、当該ロボットが作動する環境条件をまず特定し、場合によってはよりよい作動が確保できるように環境を調整・整備することができれば、ロボット導入は容易となる。他方、主に対「人」サービスに係る領域は、サービスを受ける「ヒト」の状況が多様であるため、ロボットが作動する「環境条件」を特定することは容易ではなく、また議論自体が未発達である。ロボットが作動する環境条件が特定できるかどうかを整理すると、ロボットの導入が比較的容易な領域、つまり市場が形成できる領域が明確化することになる。

4. 本研究会での「2つの議論の軸」を使った議論の進め方

本研究会では、設定した「ロボット必然性判明度」と「環境条件特定度」の2つの軸をつかって、4象限のマップを想定することとする。まず「ロボット必然性判明度」が高い2つの象限に注目し、「環境条件特定度」の高低で比較をする。

①「環境条件特定度」高の象限では、事業化&マネタイズのさらなる推進のための条件を深堀

②「環境条件特定度」低の象限では、事業化&マネタイズがどのように可能かを考察

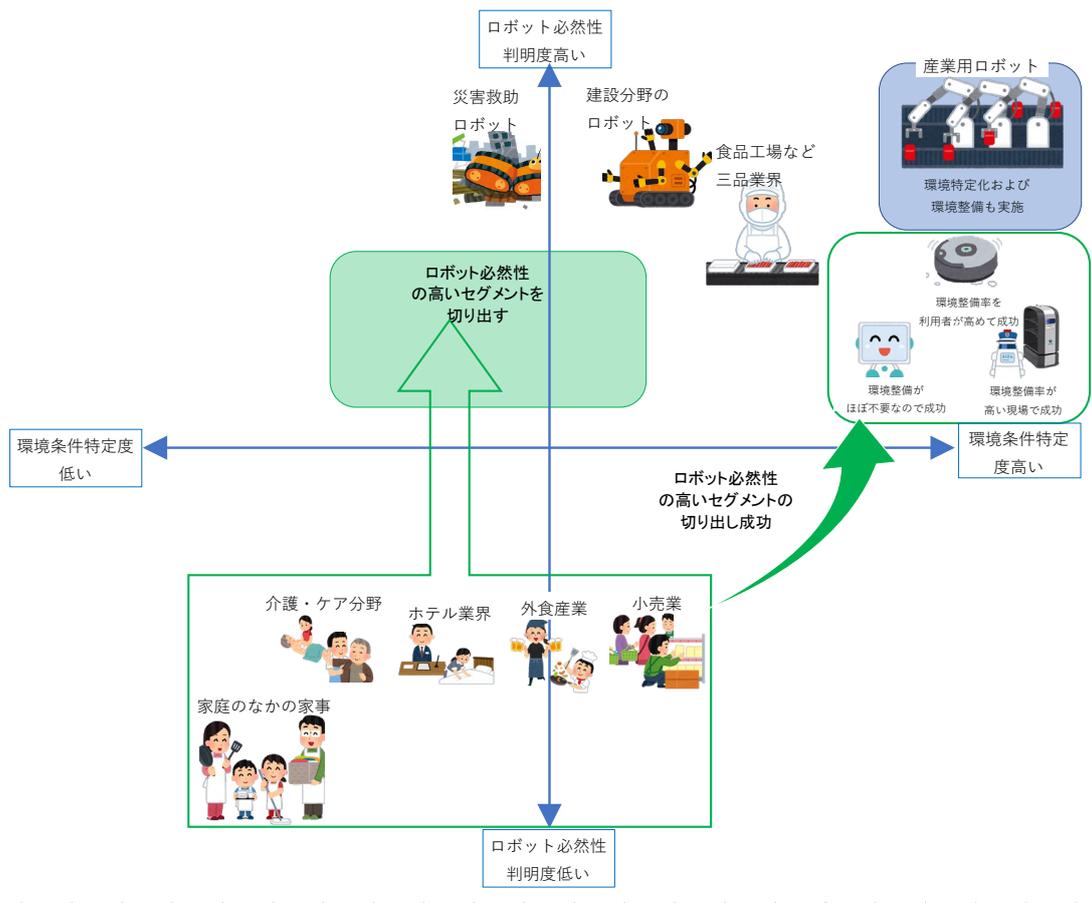
事業化&マネタイズの検討にあたっては、利用空間・環境・技術などの「制約条件」を考えるとともに、ロボット導入者が設定する「境界条件」（価格など）がどこに置かれるのか、を考えてロボットの市場形成の見通しを調査していくこととした。

この4象限に、サービス産業のなかでロボット導入の可能性が取りざたされている領域をマッピングしてみると、介護・ケア、ホテル産業、外食業、小売業などでは、実は、「ロボット必然性」はそれほど明確に判明していない状況がわかってくる。さらに、サービス産業の各セクターの全体的なロボット必然

性を検討するとともに、そのなかでロボット掃除機など局所的にでもロボット必然度が高いセグメントがあるかどうかの検討を行うことが重要だということも見えてくる。

本研究会では、同様の手法を使い、サービス業のなかで、ロボット必然性判明度の高いセグメントを洗い出し、その環境条件を精査し、ロボット導入に適する条件に近づけることが可能か、あるいはロボット開発側で対応可能かどうかなどを検討する予定である。それによって、ロボット必然度の高いセグメントから順次市場化を拡大していくことで、サービス業でもロボット活用が進んでいくのではないかと、という仮説をたてた。

図表 1-3 「ロボット必然性判明度」と「環境条件特定度」による 4 象限



出所) サービスロボットの市場発展および産業の成長に関する調査研究委員会<中間報告>、p.12 より転載。

5. 令和2年度のサービスロボット研究会が取り扱う分野および調査研究の進め方

サービスロボット研究会の初年度となる令和2年度は、介護・ケア分野に議論を絞り、課題の抽出等を行った。介護・ケア分野を主に取り上げたのは、介護現場の人手不足が深刻化しているために、積極的なロボット活用が叫ばれている一方で、実際の導入が進まない分野の代表例であり、他方である意味で究極の対人サービスであるからである。なお、小売分野は令和3年度以降で取り扱うための準備をする。その他の分野の取り扱いについては、研究会を進めていく中で検討をする。

本研究会では、これらを踏まえたうえで、令和2年度は、介護・ケア分野のロボット活用に関し、

- ① 介護施設に対するヒアリング
- ② ロボット開発者向けアンケート調査

の実施をすることで、介護・ケア分野の「ロボット必然性」を一から考える基盤を得ることにした。

①の介護施設のプレ調査ヒアリングについては、令和2年度は入居型介護施設に限定し、その施設長あるいは事務長などの地位にいる職員に実施することとした。これらのヒアリングを通じて、介護現場でどれだけ「ロボット必然性」があるのか自体もある程度把握することができるとも考えた。

さらに、②のロボット開発者向けアンケート調査であるが、ロボット開発者、特に現在は介護・ケア分野関連のロボット開発に従事していない技術者に「ロボット技術で何ができるのか」を示してもらい、それを介護施設の方々に見せることで、反応を引き出してみる、というのが、当初の目論見であった。

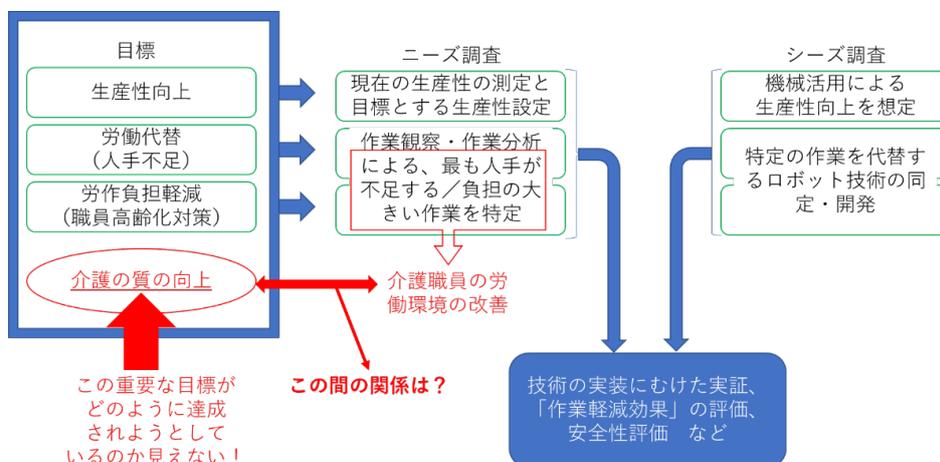
6. 令和2年度の本研究会の調査研究成果の概況①

令和2年度には、本研究会の委員の紹介を中心として介護施設に対するヒアリングを実施した。新型コロナウイルス感染拡大等の影響もあり、当初予定していたヒアリング回数からは大幅に少ない件数のヒアリング実施にとどまった。そこで本研究会での討議に加え、事務局が中心となって公聴した各種セミナー等の内容を参照しながら、ヒアリングの成果をまとめた。

◆介護・ケア分野の「人手不足」をロボットで補填する、という考えに対して、現場で認識されている「必然性」は低いと思われる。

介護・ケア分野でロボット活用・導入の現状として、介護施設の現場で介護ロボットが人手不足を補うという認識は希薄であることがヒアリングから判明した。現在のところ介護ロボットの果たす役割は「介護者の負担軽減」であり、介護職員の離職防止と参入促進効果を期待したものとなっている。また最新のIT技術の導入に敏感、貪欲な介護施設の方であるがゆえに、直接的な介護・ケアを「ロボット」で代替することに期待できないと考えている。さらに、現状ではほとんどのロボットの導入が介護・ケアの「質」の向上に貢献しないと考えられているということもわかってきた。「介護ロボット」の開発状況の調査等の資料をみると、この介護・ケアの「質」の問題は、ロボットのニーズ調査でもシーズ調査でも取り上げられることはなく、したがって、開発されたロボットが、介護・ケアの質の向上には直接貢献しない状況となっている。この介護・ケアの「質」の向上への寄与が不明である点が、ロボットの活用度の低さに直結している可能性は大きい。

図表 3-1 介護・ケア分野におけるロボット開発状況と問題点



出所) サービスロボットの市場発展および産業の成長に関する調査研究委員会<中間報告>、p.21 より転載。

◆見守り支援センサーや、作業・介護記録の自動作成・一元的管理などは、介護の「質」の向上に貢献することが期待できるから活用されている。

見守り支援ロボット・センサーは、制度的な後押し以上に、介護現場で「必然性」を感じたことで導入が進んでいる。見守り支援ロボット・センサーは、負荷の大きい（特に夜間の）巡回見守り業務から介護従事者を解放し、業務負担軽減を図れる機器・装置として語られることも多いが、それ以上に介護の質の向上につながることで導入が進んでいると考えられる。

◆周辺・間接業務「見えない介護」を省人化することで、直接的な介護に介護従事者が集中でき、質の高い介護が実現できるため、現場の感じる「ロボット必然性」は高い

介護・ケア分野で、見える介護（直接的な介護・ケア）だけをロボットで代替しようとしても、見えない介護（直接的な介護・ケアではなく、周辺作業・間接業務ではあるが、必要な作業、主な介護業務をつなぐ作業）による段取りや繋ぎが結局必要となり、結局はヒトがロボットによる作業の前後の作業をせざるを得ないため、ロボットによる作業代替効果が非常に限定的になってしまう。見える介護と見えない介護を整理したうえで、現場が納得する形で「見えない介護」である周辺業務をロボットが請け負ってくれば、介護・ケアの質の向上にヒトが集中できるため効果は大きい。「見えない介護」のロボット・機器による代替というセグメントには、潜在的に大きな需要があり、もっと積極的なニーズの掘り起こしがされてしかるべきだ。

この際、十分配慮が必要なのは、ロボットだけではなく、新しい機器・システムを導入する際には、業務の流れ、段取りからみた必要性を考え、業務フローの再構築等を実現することが重要である。つまり、「統合されたサービス」の一つとしてどのようにロボットを位置づけるのか、介護従事者というヒトとの連携だけではなく、他のロボットや機器や装置との連携をどのようにするのかを考えて、ロボットのニーズを読み解くことが必要である。

もう一つ、ロボットの必然性が高いと思われるのが、直接的な介護・ケアをロボットが「アシスタント」としてヒトと協働するものである。この分野でのロボットの開発は未発達であり、必要な要素技術の開発も含めて注力していく必要がある。

◆介護従事者の教育・訓練（特に感性教育）にシミュレーター・ロボットやAR（拡張現実）などの最新技術を応用を進めていくことには必然性が高いと思われる。

◆経営状態のしっかりした介護事業所については、固定的な「ロボット等最新技術導入予算枠」のような考えではなく、「どれだけ労働時間が削減できるのか」の方が重要。

全般的な傾向としては、介護・ケア分野では価格設定が重要な要素であることは間違いない。とはいうものの、経営状態のしっかりした介護事業者は、積極的に最新技術を取り込み、介護・ケアサービスの充実、介護の「質」の向上を目指すことを主眼においており、絶対価格で導入の有無を決めない、ということとは重要な発見である。

7. 令和2年度の本研究会の調査研究成果の概況②

介護・ケア分野でのロボット導入・開発を考える場合には、最もニーズが高い作業を「作業時間や労務負担の最も大きい作業」として同定し、そのニーズに見合うシーズを探索し、「ニーズ・シーズ・マッチング」を行うことが多く行われている。しかし、この通常のやり方を根本から変えてみたところで、新た

な視野が開けないか、というのが、今回のロボット開発者向け「アンケート」のもう一つの狙いであった。そこで、ロボット開発者、特に現在は介護・ケア分野関連のロボット開発に従事していない技術者に「ロボット技術で何ができるのか」を示してもらい、ロボット技術側からの“仮想 押しかけ問題解決”的な「シーズ」調査を行い、その結果を介護施設の方々に見せることで、反応を引き出すことを計画した。

今回、大学、民間企業を中心に、本研究会の委員の伝手をつたってアンケートの送付を行ったが、回答数が想定していたより大幅に少ないという結果に終わった。そこで今回は「アンケート」としての統計解析等は行わず、「紙面によるヒアリング」扱いとし、回答の内容をから重要な論点を抽出することにした。

回答の詳細は、中間報告本文に譲り、見えてきた課題を簡単に整理すると、介護・ケア分野に限らずロボット開発において、「現場を知る」ことが重要であることが教示されている。現場のニーズをどのように同定するのかという点も、さらには「ニーズ」として把握した課題をどのように「シーズ」と結び付けてソリューションを導出するのかという点も、表面的な現場の作業分析だけでは難しいということである。介護・ケア分野のロボット活用が進まない原因として、ロボットのユーザー側の介護事業者の技術リテラシーの低さが問題になることが多いことを指摘したが、現場の真のニーズを把握し、必要なソリューションにつなげるためのロボット開発者側の現場理解のリテラシーの高さも求められるのである。

また、介護・ケア分野でのロボット活用促進、そして市場形成を考えていくときに、安全・安心の確保と現場での納得感の醸成はまず実現されておくべき重要な要素であることは確かである。しかし、「安心」は実際に利用経験を積まないと生じないものであることも確かである。安心の定量化も含め、利用の促進と安全・安心の確保が同時並行的に進むようなメカニズムを考え、実現するべきである。

8. 令和2年度の本研究会の議論から見えてきたこと

①「利用してしまう」ロボットを目指すべき

介護・ケア分野では、ロボット技術やAI技術が発展するにともない「福祉機器の知能化・スマート化」を目指すことにより、より良い機器・用具の開発が期待されるようになった。しかし、「福祉機器・用具」の延長線上では満たすことができない、しかし重要なニーズが介護・ケア分野には、多く存在することにもっと積極的に対処する必要があるだろう。また、従来ある福祉機器にロボット技術やAI技術を付加することが、“屋上屋を架する”ような過度な機能を備えるロボット・機器を生み出してしまい、価格も不必要に高額となることで、導入されない・利用されない製品を生んでしまう可能性もあることを真剣に議論すべきである。無理に「ロボット化」「知能化」を進めずに、器具・用具として工夫・改善をする技術開発の重要性も見過ごされるべきではない。

また、「ロボット技術やAI技術が使われる「必然性」のある場面を取り上げてロボットへのニーズを把握することが、「(つい) 利用してしまう」ロボットに帰結することを目指すべきであろう。利用者が無理をしてロボットを使う状況を作りだすことは可能な限り避けねばならない。

②ネットワークのなかでの、「統合したサービス」としてのロボット利活用を考える

介護・ケア分野においても、ロボット導入を進めていくうえでは、ネットワークのなかでのロボット利活用を考えていかねばならない。既に、介護施設に導入されている各機器で別々に設定・準備されているコントローラを一つにまとめ、スマートフォン利用を含め単一のコントローラで指示出し・操作が可能なシステムを提供する企業も登場している。しかし、それだけでは、根本的な煩雑性は解決されない。ロボットを開発する段階で、複数のロボットの、あるいは周辺機器・設備などとの連携を基盤にした利用を考えておくべきであろう。また、このようにネットワークを介したロボット連携や周辺機器・設備との連

携を考えるとということは、ロボット活用を「統合したサービス」の一環として考えることにもつながる。一つ憂慮される介護・ケア分野の現状は、多くの介護施設での情報通信インフラの脆弱さである。介護・ケア分野でロボットをネットワークで利用するには、こうした基本インフラの整備が欠かせないことは十分注意すべきである。

③ロボット工学者の奮起を促すようなロボット技術開発の支援を考えるべき

介護従事者の直接介護・ケア作業の「代替」をするヒューマノイド型に近いロボットの開発では、例えば、抱え上げ移乗介助ロボットが開発・商品化されている。そこでは、センサーや特殊な制御機構を採用するなど、“ヒトにやさしい”技術が採用されている。しかし、それだけでは被介護者が心地よい、質の高い介護を実現するには不十分である。この問題は、人体が多関節で柔らかであることによるもので、各人で異なる体格・骨格を考慮したうえで、分布的な力をコントロールして人体を上手く支える技術が実現されないと解消されない。しかし、この多関節で柔らかな人体に対処できるロボットの開発は未発達である。福祉工学、あるいはスポーツ医学など、他分野の知見を取り込むとともに、こうした人体そのものへのロボットの作用について、科学的に解明を進めていくことが、介護・ケア分野のみならず、様々な対人サービスでのロボット活用を促進していくうえでどうしても必要であり、ロボット技術者のこの分野での奮起を期待したいところである。しかし残念ながら、こうした研究開発に対して政策的な支援が希薄なことも現実である。科学研究費で、多関節で柔らかな人体へロボットが適切なポイントを検出して作用をする研究開発プロジェクトを提案しても、研究費が獲得できる見込みは薄い。こうした現実を変え、ロボット技術者の奮起を支援するような施策を講じていくことも必要であろう。

また、対人口ロボットでは、ロボットを構成する素材の開発、あるいは改良も重要となってくる。例えば、自動車分野では軽量・高耐久性を兼ね備え、価格も比較的抑えられた素材の開発などが進んでいる。これら他分野で開発された素材を活用することに対しても、個々のロボット開発者のアイデアや情報ネットワークに頼ることなく、もう少し組織的に開発情報プラットフォームのような仕組みを構築していく必要があるのではないだろうか。

9. 令和2年度の本研究会で残された課題と次年度への展望

令和2年度のヒアリングは入居型介護施設に限定されたため、通所型の介護サービスはもとより、在宅サービス事業者におけるロボット活用、あるいは家族による在宅介護でのロボット活用については、次年度以降に検討をする必要がある。また、ロボット開発者の「紙面によるヒアリング」から様々なポイントが抽出できたものの、引き続き、より広い意見を収集しなくてはならない。

次年度は、こうしたデータ収集の拡充を図るとともに、本研究会が用意した議論の2つの軸のうち、「環境条件特定度」まで議論を進め、そこから本研究会の目的である、介護・ケア分野のロボットの市場形成につながるビジネス・モデルの構築を試みていく予定である。また、ネットワークのなかでのサービスロボットの活用、「統合したサービス」としてのロボット利活用という視点での議論もさらに深め、他のサービス分野でのロボット活用への教示を引き出していくことを考えている。