

「AI 時代のロボット産業の発展可能性」
に関する 調査研究事業
中間報告書

令和 8 年 3 月

一般財団法人 機械振興協会 経済研究所

はじめに

生成 AI に代表されるように AI 技術は急速に発達し、多方面で活用が進んでいる。サービスロボットを含むロボット全般についても、AI 技術は既に以前より既存のロボットの機能改善、いわゆる“知能化”に AI 技術が多く利用されてきているが、それが「AI ロボット」「フィジカル AI」がバズワードとして一般的なニュースにまで登場する時代となり、ロボットが単なる“自動化”機械から“自律した動き”ができる機械へと進化するための“頭脳”として、AI が使われるようになってきている。そうしたなか、「AI ロボット」という語の語順に端的に表されているように、ロボットの自律化を可能にする頭脳である AI 技術のみが重要視され、ロボットが AI システムとネットワークの単なる端末として扱われる状況がでてきている。また、その逆に全体的な連携構想のないまま個々の問題解決ハードウェアとしてのロボット開発が進む場面もまだまだ多く存在しており、全体的なロボット活用の現場において、インテグレーション問題が生じている分野もある。AI の時代と言われる現在、ロボットを取り巻く状況は混んとしている。

機械振興協会経済研究所では、これまで、サービスロボットの産業化の可能性を探るという切り口から始まり、社会課題という“需要”にロボット開発が応えられているのかを問う調査研究事業を継続的に実施してきた。まずは、令和2年度から4年度にかけて「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」プロジェクト（以下「サービスロボット研究会」）を実施し、人手不足が課題となる産業分野が増加するなかでもサービスロボットの利用と市場の拡大が阻まれる要因を考え、介護・ケア分野、そして「食」をめぐる分野に関する提言をした。さらに、令和5年度後半から令和6年度を事業期間として「『DX 融合型ロボット市場』形成の具体的道筋に関する調査研究」を実施し、当時既に第3次 AI ブームと言われた状況に見合うロボットの市場形成に向けた具体的な道筋を提示することを目的とした調査研究事業を実施した。その結果、AI 技術を活用したロボットの開発とそれを活用したサービスが活況を呈し、一部の人手不足問題が解決に

に向け事態が動いたが、それが、かえって他の多くの人手不足が深刻な分野、特にノンデスクワーカー（机の前に座らないオフィス以外の“現場”の最前線で活躍する労働者）分野の多くで、ロボット開発が停滞、あるいは縮小してしまっているという問題を指摘した。

本調査研究事業では、こうした先行調査研究事業の成果を踏まえ、特に生成AIを基盤としたAI技術が全ての機械の頭脳として君臨する時代が到来し、それによって、自動化、機械の自律化、ひいてはそうした自律化した機械を活用することで人手不足という社会問題が全て解決するかのような“AIの時代”において、AIの“身体”と位置付けられてしまっているロボットの開発状況がどのようになっているのか、改めて整理し直し、そこにもどのような課題があるのかを議論することになった。ロボット、特に産業用ロボット以外のサービスロボットは、まだまだハードウェアとしての技術開発の発展途上にある。他方で、人手不足が代表的である、ロボットによって解決が望まれている社会課題の多くは、どのような自動化・自律化したハードウェアを充てればよいのかが確定していないものが多い。

AIさえ、つまり機械・ロボットを動かす“頭脳”さえ発展すれば、社会問題が解決するかのような言説まで登場する昨今であるが、ハードウェアであるロボットから問題・課題を捉えることで、AIとロボットのより適切な関係構築への提言ができること、ひいては、ロボット産業が長年盛んであった日本だからこそ可能な、社会問題解決のためのロボット開発とその市場形成に向けて、この報告書が何等か貢献ができることを願っている。

（一財）機械振興協会経済研究所

※ この報告書は、研究会の議論を参考にはしているが、研究会の総意を記したものではない。文責は本研究会の事務局にある。

令和7年度

「AI時代のロボット産業の発展可能性」に関する調査研究事業

調査研究委員会・委員名簿

(敬称省略、肩書はいずれも令和7年度のもの)

【委員長】

川村 貞夫 立命館グローバル・イノベーション研究機構 特別招聘研究教授

【委員】(50音順)

上村 沢雄 デロイト トーマツ コンサルティング合同会社産業機械・製造業セクター
シニアコンサルタント

高本 陽一 株式会社テムザック 代表取締役議長

結城 崇 株式会社自立支援介護DX 代表取締役CEO

【経済研究所】

森 直子 機械振興協会経済研究所研究副主幹 (PL)

目 次

＜要 旨＞.....	2
第 1 章 2025 年の潮流の変化：主客の逆転	4
1-1 「フィジカルAI」の急伸	4
1-1-1 AI技術の急展開とロボットの地位低下	4
1-1-2 「ロボット基盤モデル」重視によるロボット開発への投資低下	9
1-2 ヒューマノイドの量産化の開始	13
1-2-1 “汎用”＝“万能”という誤解の蔓延	13
1-2-2 自動運転技術の進化型がヒューマノイドロボットになる？	16
1-2-3 ヒューマノイドロボットへの期待バブルと日本国産ヒューマノイドロボットへの期待のなさ	20
第 2 章 研究会として問わねばならないこと	23
2-1 社会課題をロボットで解決することに繋がっているのか	23
2-2 人手不足解消・緩和にロボットが比較的貢献している分野	24
2-3 人手不足緩和へと実証・商品化に部分的に成功しているが、 残された課題が大きい分野	27
2-4 人手不足解消が急務だがロボット開発が追い付いていない分野	31
第 3 章 今後の議論に向けて	34

＜要 旨＞

本報告書は、令和 7 年度～令和 8 年度に実施する「『AI 時代のロボット産業の発展可能性』に関する」調査研究事業の中間報告書（以下、本報告書）である。調査研究委員会（以下、本研究会）を設立して議論を重ねるとともに、事務局が展示会やヒアリングで情報収集を行った結果がまとめられている。本研究会が発足した 2025 年度は、生成 AI を基にした AI 技術が急速に発達し、AI とロボットの関係性が大きく転換した。そこで、本報告書では、どのような変化が生じているのかを確認するとともに、本研究会で議論の中心としている「ノンデスクワーカーの人手不足」という社会課題をロボット導入によって緩和・解決するという視点で見たときに、現在生じている変化が望ましいものかどうかについて整理をした。

センサから得られる情報とアクチュエーター（駆動系）の制御を AI を活用することで統合し、実世界で複雑な状況を「認識・推論・行動」する AI 技術を指す「フィジカル AI」が急速に発達したこと、そしてそれが AI・ロボット分野の開発投資の中心になったことによる功罪が浮かび上がってきた。「フィジカル AI」が実際どのような技術なのかは多様であるが、従来のロボット言語によるプログラミングで詳細に動作を定義・設定することなく、既存の産業用ロボットを複雑な状況に応じて“自律的”に動かすことについては、「フィジカル AI」技術は非常に大きな成果を出している。製造業の工場における産業用ロボット、工作機械、AMR（自律走行搬送ロボット）と協働ロボットの有機的組合せなどが、従来に比べて簡便に実現できるようになり、生産性の大きな向上に貢献している。

その一方で、生成 AI 技術の急速な発達により、頭脳である AI を発達させれば、身体であるロボットはどんなものでも動かせる（“AI が身体を持った”）かのような言説が広がっており、これ以上のロボット（ハードウェア）開発が必要ないかのような風潮が強まっている。それに伴い、AI（ソフトウェアシステム）の開発には資金が集まるが、一部を除いてロボット技術には投下されない状況も生まれている。一部の例外が、ヒューマノイドロボット（ヒト型ロボット）で、米国や中国などでは、国家規模で、あるいは巨大企業が巨額の資金を投じ、量産化を開始しているといわれる。そのヒューマノイドロボットに関しても、日本では一部で国産ロボット開発を頑張っている者の、その開発機運を盛り立てる状況にない。中国や米国において「フィジカル AI」と「ヒューマノイドロボット」がセ

ットになることで、“汎用”ロボットのみならず“万能”なロボットが実用化されたかのような報道もあり、日本でヒューマノイドロボットを新たに開発する必要性はないという主張も強い。現状ではヒューマノイドロボットを実際に動かす“強化学習”とデータ蓄積に努力を重ねることで、ヒューマノイドロボットに何ができるかを探っている段階にあり、日本で国産ヒューマノイドロボットの開発をする意味がなくなった状況にはない。このような現時点では誤った言説が広がるのは、ヒューマノイドロボットが高度な“動き”をするデモンストレーションが相次いで発表されていることが大きく影響をしている。しかし、動作ができることと、対象物に対する高度な“作業”を行うことの間には、大きな技術的な違いがある。現状でのヒューマノイドロボットが可能な“作業”のレベルは低い。したがってヒューマノイドロボットが、その他のロボット（専用機を含む）の開発需要を失わせるような段階ではないのだが、ヒューマノイドロボット以外のロボット開発、特にハードウェア、機構面での技術開発には資金が集まらず、停滞している。

それにより、これまでサービスロボット開発が目指していた社会課題の解消、人手不足の解消・緩和に貢献するロボットが生み出されなくなってしまうている。もちろん、分野によって、少しずつ状況は異なり、例えば農業では、ヒューマノイドの活用はないが、AI技術活用による従来の農機の自律・自動運転化に大きな注目が集まっている。しかし、それではカバーできない作業については小規模で散発的なロボット開発だけが行われている。散発的で小規模なロボット開発だけが続くことで、大きな課題解決もできづらく、成果が見えず、新たなロボットの開発が停滞してしまっている。

人手不足をロボット導入で解決するという課題を、遠い未来ではなく、近い将来どのように解決するのか、そのためのロボット開発はどのようにあるべきか。また日本はどのような戦略をもつべきか。建設現場や災害救助で活用されるロボット開発なども含め、ロボット開発の方向性を今一度、考える必要がある。

第1章 2025年の潮流の変化：主客の逆転

1-1 「フィジカル AI」の急伸

1-1-1 AI技術の急展開とロボットの地位低下

2022年に市場に登場した生成AI（Generative Artificial Intelligence）技術、そしてその応用サービスは、瞬く間に世界中に普及し、さらにその社会・経済的な影響力を増している。既に2012年頃からImageNetでの深層学習の成功を契機に¹、深層ニューラルネットワークを使ったディープラーニング（深層学習）AI技術が台頭した第3次AIブームが始まっていたが、ブーム期が明確に終息することなく、新たなAI技術・サービスの興隆期が始まった。既に2010年代の第3次AIブームでも、機械、特にロボットの“知能化”にAI技術が広く応用されており、ロボットとAIの“融合”は始まってはいたが、生成AI技術の市場への登場と普及に伴い、その関係性の捉え方が大きく変化しており、その変化が顕著になったのが、2025年といえる。

AI（人工知能）研究は長い歴史があるが、コンピュータの演算能力やメモリ関連技術の制約などから、長らくAI研究の対象は人間の“知能”のなかでも言語分野、特にテキストの取り扱いが主戦場となっていた。視覚分野に相当する画像分野を扱う情報処理技術は、例えば日本で1960年代から70年代にかけて製品化に成功した自動郵便番号読取・郵便物自動処理機のように²、一部で実用化されるまでになっていくが、上記のような技術制約から、限定された数の文字や単純な図形の読取などに限られ、画像一般を対象にしたAI技術の研究開発は長らく停滞してきた。そうした状況が大きく変化させるのが、1990年代後半に始まったコンピュータ技術の急速に発達、さらに2000年代後半のデジタルブームに象徴される飛躍的なICT技術と機器の発展であり、それが2010年代の第3次AIブームに繋がっていく。

この第3次AIブームでは、上記のとおり2012年のImageNetの成功を契機に、センサ、特に画像データから機械・ロボットの「環境認識」を行い、それを「動作計画」と「動作生成」のパイプラインにまで深層学習を導入する動きが始まった。センサの種類は多様であるが、特にロボットビジョン（画像をつかった物体認識と機械・ロボットの

¹ 尾形哲也（2020）「深層予測学習を利用したロボット動作学習とコンセプト」人工知能35巻1号、pp.12-17。

² 公益社団法人発明協会「戦後日本のイノベーション100選 高度成長期 郵便物自動処理装置」(<https://koueki.jiii.or.jp/innovation100/innovation.detail.php?eid=00030&age=high-growth>)

姿勢推定をする分野)での応用が先行した。さらに、2010年代中盤には、End-to-End 動作学習の台頭が始まり、従来は別々に設計されていた「環境認識」と「動作計画」を、AIによる深層学習を使うことで、一括で学習する End-to-End アプローチが注目されるようになる³。この時期に、深層ニューラルネットを用いた「動作生成」、深層強化学習による「動作軌道生成」などが急速に発展したことは、2025年に生じた大きな変化へ繋がる非常に重要な技術発展である。さらに2010年代後半、特に2017年にGoogleの研究者達によって開発されたTransformerが登場すると、AIによる予測モデルをロボットに実装する動きが拡大することになる。ロボットが「未来の状態を予測しながら動作を生成する」タイプの深層予測学習(Deep Predictive Learning)が提案され、ロボットでの応用が進むことになる。このタイプの深層予想学習は、センサやモータから得られる情報を逐次AIで処理し、ロボットの未来状態を予測、さらに予測誤差を最小化するように動作を調整するモデルであり、さらには現状の環境に合わせた動作調整だけでなく、未学習状況に置かれてもロボットが柔軟に対応できるような予測がたてられるという特徴を持っており、ロボットの実世界適応能力を高めるとされている。ただし、このセンサやモータから得る情報をAIで処理して動作生成までをするモデルは、2010年代末から2020年代初頭の時点では、センサで得る情報の処理から動作指令までの速度が非常に遅く、実用化段階まではまだ遠いと目されていた。

この時期に実用化が進んでいたのは、センサで取得する画像を活用したロボットの動作の位置決めのためのティーチングへのAI技術の活用だった。画像データ利用の場合は、教師データを作成するために多くの画像を事前に用意することが必要であるだけでなく、それらのデータに対して事前処理として、画像のどの範囲を処理に使うのかの指定と人間の作業としてクレンジング(背景となる部分の除去など)作業が必要であった。また、遠隔操作や直接ロボットアームを人間が動かして動作軌道をティーチングする強化学習も行われた。そうして作成された教師データを基に、リアルタイムでセンサから取得される画像を処理し、ロボットの動作指令へと連結させていくが、ロボットの動作指令は従来のロボット言語によるプログラミングが使われており、どのようにロボットに要求する動作を学習させるのか、教示データをどのように構築するのか、さらには動作指令を出すプログラムにどのように連結するかに、ロボットメーカー、SIerが知恵を

³ Liu他(2025), "Robotic Motion Planning Based on Deep Reinforcement Learning and Artificial Neural Networks," in IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol. 22, pp. 8465-8479, 2025.など参照。

絞っていた時期になる。とはいえ、デジタル空間、サーバー空間の技術である AI が、リアルな物理空間で動く機械やロボットと“融合”する動きは、2010 年代から始まっていたことは確かである。

潮流に変化が生じたのは、2024 年頃で、特に同年 11 月に NVIDIA 主催の「NVIDIA AI Summit 2024」で創業者であり CEO のジェンスン・ファン氏が「市場をさらに大きく成長させるには、より柔軟で、多様な環境に適応可能なロボットが必要だ。その鍵になるのがフィジカル AI だ」と語り⁴、「フィジカル AI (Physical AI)」が世界の注目を集めることになる。この「フィジカル AI」は、ロボットや機械に AI を搭載するという 2010 年代の“ロボットと AI の融合”の構図とは異なり、AI が自律的に制御をする大きなシステムのなかでフィジカル（身体＝物理的機械）を端末として動かすという発想で技術が構想されている。それは、単に AI とロボットの関係性の規定の変化ではなく、NVIDIA が使う概念でいえば「AI 駆動経済」の実現を念頭に、経済・社会全体のシステムを AI で包括的に制御・管理する、そのための AI 技術開発を提供していくという壮大なビジネス戦略である。

NVIDIA および Google がこのフィジカル AI の技術開発をリードするが、両者でおおよそ共通するのは、

1. 世界モデル層 （物理世界のシミュレータ）
2. 基盤モデル層 （物理世界の実機（端末）の動作の汎用ルールの設定と学習）
3. 実行層 （実機（端末）で AI の生成した推論を回す）

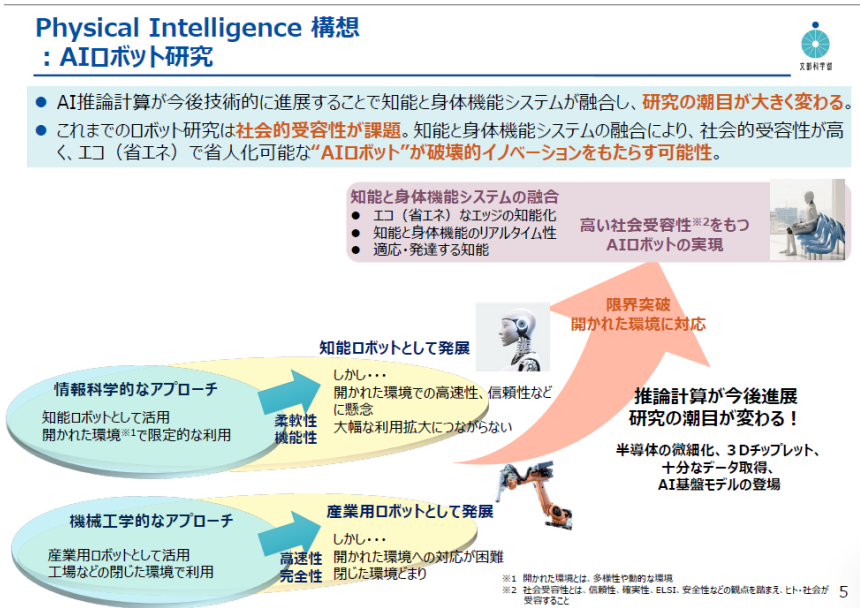
という 3 層構造を構想し、特に第 1 層の世界モデル（World Model）と第 2 層の基盤モデル（VLA モデルを中心とする）という「2つの脳」を開発することにより、機械やロボットの完全自律システムの実現を目指していることである。特に、第 1 層の世界モデルは、実機によるシミュレーションが数百時間の時間と大きなコストを必要としているのに比して、非常に短時間で膨大な動作データをサイバー空間において生成することが可能な水準に達しており、各方面に大きな影響を与えている。この世界モデルは、その前段に、工場の「デジタルツイン」などに活用される、AI によるサイバー空間での 3D 空間再現と空間シミュレーション技術の研究開発が基盤となっている。例えば NVIDIA でいえば、デジタルツイン構築のための空間シミュレータ Omniverse があったことで、フィジカル AI の世界モデル Cosmos が開発されている。この「フィジカル AI」の急速

⁴ NVIDIA ブログ「NVIDIA の創業者/CEO であるジェンスン ファンが AI Summit Japan で「すべての業界、すべての企業、すべての国が新たな産業革命を起こす必要がある」と語る」2024 年 11 月 15 日 (<https://blogs.nvidia.co.jp/blog/ai-summit-japan-huang-son/>)。

な興隆は、世界中で AI 技術への急激な傾倒、偏重を巻き起こし、一部では、AI 技術を発展させさえすれば、どのような機械・ロボットでも接続して動かすことができるという、ある種の AI “信仰” とも言える状況までも生み出している。

この AI とロボット（ロボティクス）の主客逆転の構図は、日本では当 2024 年頃においては広くは意識されておらず、例えば文部科学省科学技術・学術審議会基礎研究振興部会の 2024 年 6 月の資料をみても、AI 技術を活用する推論計算がロボティクスと融合することで“今後の研究の潮目が変わる⁵”というという表現があるが、AI 技術基盤を使ってロボットの高度化を狙うという従来の構図の延長線上での議論が中心となっている。したがって、このときに使われている「AI ロボット」という表現も、それまでの「知能ロボット」の発展形として理解すべきであろう。このようなロボットを中心とした理解の構図は、2025 年以降に世界中で広まった「フィジカル AI」の本質とは大きく異なっている。

図表1 令和 6 年時での文部科学省の「Physical Intelligence 構想」



出所：文部科学省科学技術・学術審議会基礎研究振興部会（2024）

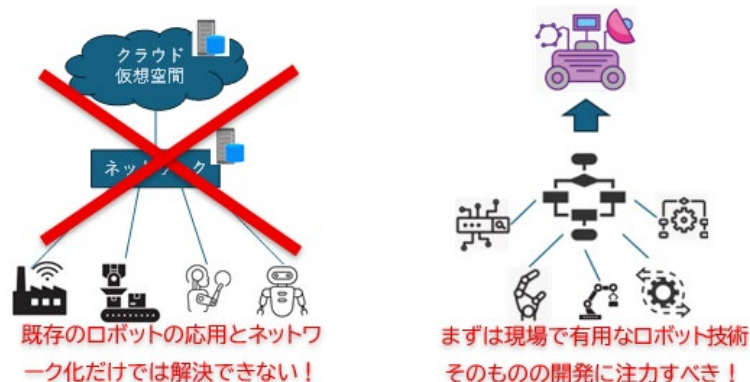
本研究会の前身である「『DX 融合型ロボット市場』形成の具体的道筋に関する調査研究」事業の令和 6 年度報告書『ノンデスクワーカー支援のための AI 利用ロボット開発の指針』⁶でも、既に「フィジカル AI」の台頭を念頭に、AI 側からのみ技術開発の体系

⁵ 文部科学省科学技術・学術審議会基礎研究振興部会（2024）「フィジカル・インテリジェンス研究（仮称）について」令和6年6月11日、第15回、資料1-1。

⁶ 機械振興協会経済研究所（2025）『“ノンデスクワーカー”支援のためのAI利用ロボット開発の指針

が構築されていくことのリスクを指摘し、「指針1」として「“物理的な機構”としてのロボットの技術を突き詰める」ことの重要性を指摘し、また「指針2」として「“境界”を明確にしながらロボット開発にAIを適切に利用する」必要性を指摘している。これらの2つの指針が意味するところは、ロボットの活用による社会課題、特にノンデスクワーカー分野の人手不足の緩和・解消を考えた時、現在主流となっているニューラルネットワーク型AI技術の活用を進展させるだけでは限界が大きく、他方で、物理的な機構、ハードウェアとしてのロボットの技術自体が、まだまだ未開発領域が多いため、そうした領域での技術開発に積極的に取り組む必要があり、単的に言えば「ロボット技術そのものの開発に注力すべき」ことを指摘したものである。しかし、この報告書では、AI時代にあってロボット開発にもっと注力する必要性を論じているものの、上記で説明したようなAIとロボットの主客逆転の潮流変化を直接的には議論をしていない。

図表2 令和6年度報告書での提言「ロボット技術そのものの開発に注力すべき」



出所：機械振興協会経済研究所（2025）『“ノンデスクワーカー”支援のためのAI利用ロボット開発の指針 ―ロボット側から考える―』。

AI技術の開発速度は目覚ましく、「フィジカルAI」に関わる技術だけでも、毎月、あるいは毎週のように新たな技術開発事例が発表される状況であり、また「フィジカルAI」の構成が示すように、シミュレーションから動作実行までの“頭脳側”の技術が一体的に開発されているのを目の当たりにすると、まずはそうした流れへ対応をどうするかを考えることに注力したくなるのは当然である。しかし、本研究会の前身の研究会の令和6年度報告書で指摘したとおり、ハードウェアとしてのロボットの技術自体が、まだま

―ロボット側から考える―』、令和6年度「『DX融合型ロボット市場』形成の具体的道筋に関する調査研究」事業報告書（http://jspmi.sakura.ne.jp/material/file/eri/pdf/24-2_DXRobot_.pdf）

だ未開発領域が多い状況は変わっておらず、開発・発展の可能性が大きい分野である。そして、AI 技術をシミュレーションから動作実行まで一貫して使うことが、全ての領域で合理的であるかについては、実は誰も回答を持ち合わせていない。機械、そしてロボットが AI に付属した端末、単なる“手足”とする見方に妥当性、合理性があるのかどうかについて、議論を改めて呼び起こす必要があるだろう。

1-1-2 「ロボット基盤モデル」重視によるロボット開発への投資低下

「フィジカル AI」を構成する 3 層の技術層のうち、第 1 層の世界モデルが各所に影響を与え、AI 偏重の風潮を生じさせる要因となっていることは前述のとおりだが、現在の「フィジカル AI」は、第 1 層の物理世界のシミュレータがあればよいわけではなく、第 2 層の物理世界での動作の汎用ルールをつかさどる「ロボット基盤モデル」があつて初めて、物理空間への実際の接合が可能となる構想である。その第 2 層の「ロボット基盤モデル」は、大規模言語モデル（Large Language Model : LLM）と大規模視覚データモデル（Language Vision Model : LVM）を基盤とした VLA（Vision-Language-Action）モデル利用することが中心となっている。このロボット基盤モデルの中心となる VLA の現状での大きな課題は、モデルを構築するための蓄積データが圧倒的に少ないことである。言語は、記述形態、音声形態でネットワーク上に非常に多くのデータ蓄積があり、またそうしたデジタルデータ化された言語の解析・研究も長年の間に進んでいる。画像・動画データも、急速に世界中に普及した携帯情報端末のお陰でネットワーク上に非常に多くのデータが蓄積されている。それに対して、機械・ロボットの動作については、基盤モデルの基礎となるような形でデータが蓄積されておらず、その不足するデータをどのように蓄積させていくのか、あるいは補完する手段をどうするのが大きな問題となっている⁷。

その問題への対応策が世界中で模索されており、概ね 3 つの対応策がとられている。一つ目が、実際のロボットを使った動作データをこれから膨大に蓄積していき、VLA モデルの基盤とする方法である。2 つ目が、人間が作業をしている動画を代理データとして利用し解析することでロボットの動作の汎用ルールを生成する方法である。3 つ目が、産業用ロボットや自動車、あるいは自動走行ロボットなどのこれまで蓄積されてきた動作ログデータを活用する方法である。いずれも、「ロボット基盤モデル」という汎用ル

⁷ 河原塚・松嶋（2025）『基盤モデルとロボットの融合 マルチモーダルAIでロボットはどう変わるのか』KS理工学専門書。

ールを将来的に構築することができれば、ロボットの形状や構成要素に関わらず、また目的の動作の種類に関わらず、AI によってロボットを制御・管理できるようになる、という構想があつての対応策である。

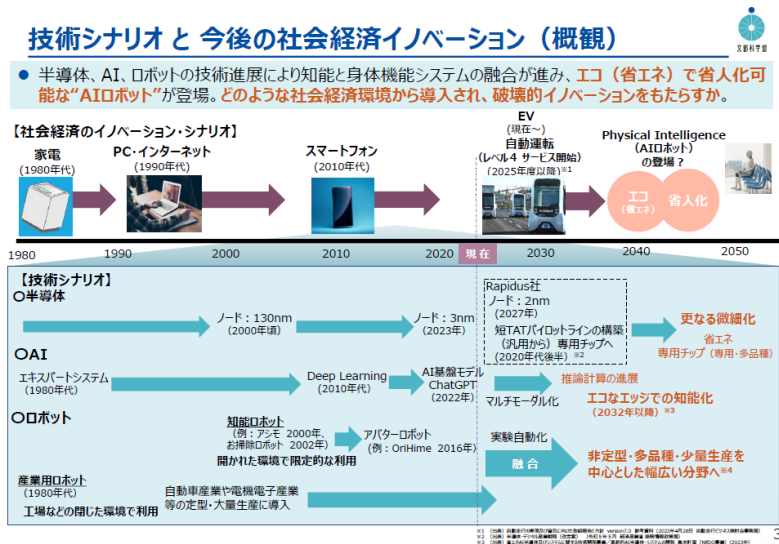
将来的に「ロボット基盤モデル」が本当に確立し、利用されるのかどうかは別として、「ロボット基盤モデル」の現状は、発展途上段階のものであり、複数あるモデルのいずれによっても、学習・動作計画作成・動作実行指令が可能なロボットは、実は限られている。現状での「フィジカルAI」は、一部で言われているように“AIが身体を持つ”ている状態にあるのではなく、つまり、「ロボット基盤モデル」にどのようなロボットでも繋げばよいというものでもなく、モデルで用意された汎用ルールと当該ロボットの構成要素からくる動作特性・能力を自動的に適切に適合・調整し、動作実行のフェーズへと指令を出せるわけではない。同じような外形をしたロボットでも、使っているモーター・アクチュエーターの種類・出力等、採用されているキャリブレーション方法、外骨格であるロボット外装の材質による剛性、各部分の重量などが異なる。こうした物性としての違いを、単にロボットを「ロボット基盤モデル」に繋いただけで、AI 側が認識することはできない（AI が“身体を持っていない”状態）。モデルを開発するのに使用したロボットでは上手くいった動作が、他の機種 of ロボットではエラーが起きてしまう問題が根本的に存在する。

また当然、「フィジカル AI」の第 1 層の世界モデルでも同様の問題があり、サイバー空間におけるシミュレーションから物理空間での動作確認が一直線に進むことは、現状ではあり得ない。シミュレーションから実機による動作確認、そのデータをシミュレーターへ戻しての再シミュレーションの繰り返しが必要である。

さらに現在、実現化されているロボットが、ロボット技術の最終到達点であるわけでもない。本研究会の前身の研究会の報告書でも指摘したように、まだ未発達 of ロボット技術領域は多数ある。新たなロボット技術が開発され、従来とは異なる設計・材質・構造のロボットが登場したときに、この「ロボット基盤モデル」ではどのようにそうした“新種”のロボットに対処できるのか、また現在の「ロボット基盤システム」を利用することが適当なことなのか、未知数でしかない。しかし、「フィジカル AI」の台頭以降に顕著になった傾向は、このようなロボット技術の将来的な発展を等閑視し、既に存在するロボットおよびその発展形を活用するための AI 開発、そのための「ロボット基盤モデル」整備に注力すべきというものである。

日本では、前述の 2024 年 6 月の文部科学省「フィジカル・インテリジェンス（仮称）構想」資料において既に、AI と半導体については、新たな研究開発の対象となっているが、ロボット分野は既存のロボットの応用を構想している。

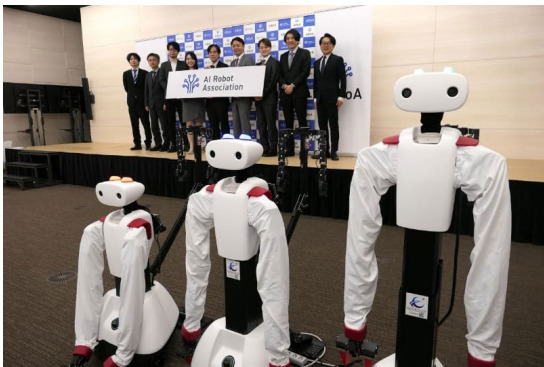
図表3 令和 6 年時での「Physical Intelligence 構想」でのロボット開発の位置づけ



出所：文部科学省科学技術・学術審議会基礎研究振興部会（2024）

また、日本の生成 AI の開発能力の強化と向上を図ることを目指して経済産業省と NEDO が 2024 年 2 月に立ち上げた総額 339 億円に上る支援プロジェクト「GENIAC（Generative AI Accelerator Challenge）プロジェクト」があるが、そこでも、当初は「ロボットの動作データ収集」として産業用ロボットを中心とした動作データの収集のみが挙げられていた⁸。2024 年 12 月に「ロボットデータエコシステム」を目的として、

図表4 AI ロボット協会(AIRoA)設立の記者会見の様様



出所：PC Watch（2025）

⁸ 経済産業省商務情報政策局（2026）「参考資料」第15回 半導体・デジタル産業戦略検討会議（2026 年3月18日）資料 4。なお、GENIAC設立に関する資料は、他にもあるが、参考資料として挙げた資料には「AIロボティクス開発促進」に関する情報が含まれている。

早稲田大学の尾形教授を理事長に、トヨタなどの企業、株式会社松尾研究所などが AI ロボット協会（AI Robot Association：AIRoA）を設立したが、この協会が 2025 年度から GENIAC からの 200 億円余りの委託事業として開始したのが、既存の双腕ロボットや隻腕ロボット（いずれも車輪による自律走行機能付き）を使った「ロボットの動作データ収集」事業である。AIRoA には、生活支援ロボット HSR（Human Support Robot）を自ら開発しているトヨタが正会員である他、ugo、アールティ、コネクテッドロボティックス、東京ロボティクスといった双腕ロボットを開発するベンチャー企業が「育成会員」として名を連ねているものの、双腕ロボットも一部で開発している日本の主要産業用ロボット・メーカーは三菱電機を除いて参加していない。「ロボットの動作データ収集」が目的であるとしても、既存のロボット、そして限定された機種ロボットのデータばかりを蓄積するのでは、この事業で構築される「基盤モデル」の価値は限定的になってしまうと思われる。

もちろん、「フィジカル AI」の台頭、後述するヒューマノイドロボットの量産化が開始されるという事態に直面し、この GENIAC でもロボティクス開発促進が事業範囲に追加されることになった。それが 2026 年 2 月に追加された新類型で、「AI ロボティクス」開発促進という補助事業である。

図表5 経済産業省・NEDO「GENIAC プロジェクト」でのロボット開発の位置づけ

GENIACプロジェクトについて

● 生成AIの開発能力の向上を図るとともに、専門データの確保やユースケースを踏まえた付加価値を創出し、社会実装を目指すプログラム。

● 2024年2月から実施しており、Kaggle Grandmasterをはじめトップエンジニアが開発に参画。

① 計算資源補助【補助（大企業1/2、中小・SU2/3 ※上限なし）、6か月間】

- 生成AIの基盤モデルを開発する上で必要な計算資源の調達を支援する。

Preferred Networks スクラップ開発の1000モデルで日本最速性能GPT-4o級	TURING 自動運転の実現に向けた物理環境を構築・対応するAIエージェントの開発・実証	KARAKURI カスタマイズ可能な自律的な生産・物流・倉庫・配送のためのモデルの開発・実証
ABEJA コスト1億円以内で、GPT-4 級以上のLLMモデルと70モデルの開発	SYNTHETICGESTALT AI新薬の実現に向けた分子・細胞に特化した基盤モデルの開発	Kotoba Technologies 音声認識や自然言語理解に、長文・多様なタスク・多様なモデルの開発・実証

<新類型> AIOボティクス開発促進【補助（大企業1/2、中小・SU2/3 ※上限なし）、最大3年間】

- ロボット基盤モデル（VLM・VLA）を開発・実証する。計算資源の調達に加えて、ロボット等の機械装置や人件費も支援。

② データ実証【補助（大企業1/2、中小・SU2/3 ※上限なし）、原則1年間・最大2年間】

- ユーザーなどデータ保有者との連携を促進し、データの利活用を支援する。

SoftBank コールセンター等の音声・言語データを収集	AIRoA ロボット動作データ収集	Preferred Networks 医療画像データ収集
safie 店舗や建設現場等のカメラ映像データを収集	VISUAL BANK チャットボット・検索等の作業データ収集	Preferred Networks 都市・建築空間の3Dデータ収集

③ オレック【イベント開催】

- イベント等を通じて国内外の開発者同士や様々な関係者との交流を支援する。

出所：経済産業省商務情報政策局（2026）

その内容は「ロボット基盤モデル（VLM・VLA）を開発・実証する」ことで、事業期間はわずかに 3 年に過ぎない。つまり、ここでも対象はロボットそのものの開発は等閑

視されており（「ロボット等の機械装置や人件費も支援」という扱い）、既存のロボットを使って日本版「ロボット基盤モデル」を開発することが目的となっている。GENIAC は、日本の生成 AI の開発能力強化を目指すプロジェクトであるという事情はあるが、「ロボティクス開発促進」という事業名にも関わらずロボティクス、ロボット技術の開発そのものは対象となっていない。また、この補助事業で対象となっているロボットは「多用途ロボット」である。具体的には「次世代 FA ロボット」と「ヒューマノイドロボット」で、工場内の作業は AI により“自律性”を高めた産業用ロボットが、それ以外の場面では「ヒューマノイドロボット」と考えられていることが分かる。前者の産業用ロボットの発展形によるロボット動作データの収集については、世界のトップの一角を占める地位を確立している日本の産業用ロボット産業の支援として意味のあるものとなると思われるが、その他の領域で使われる「多用途ロボット」を日本での量産や市場形成までの道が遠い「ヒューマノイドロボット」に乱暴に集約してしまっていることは、中国製や米国製の「ヒューマノイドロボット」を活用するか、既存の日本製双腕・隻腕ロボットを使うかで良いと言っていることになる。

残念ながら、現時点で、この GENIAC に匹敵するような規模での、国主導のロボット開発支援事業は日本では存在しない。国の事業以外でも、AI、特に生成 AI 関連を既に開発されているロボットに応用する技術開発や製品開発には、投資が多く集まるが、ロボット技術そのものに大きな資金を集めることは日本では難しくなっている。

1-2 ヒューマノイドの量産化の開始

1-2-1 “汎用” = “万能” という誤解の蔓延

2026 年 1 月に米国ラスベガスで開催された CES 2026（Consumer Electronics Show 2026：世界最大級のテクノロジー見本市）で、NDIVIA が、同社の新機軸として正式に打ち出したことで、この「フィジカル AI」はさらに世界的な注目を集めることになった。その内容は、上記の“AI 駆動経済”を支える 3 層のモデル群の輝かしい進展状況の紹介であったが、そこに「フィジカル AI」を構成する必須要素として登場するのが、ヒューマノイドロボットであった。

2025 年は「フィジカル AI」の台頭の年であったとともに、ヒューマノイドロボットの台頭の年でもあった。一方の米国では、イーロン・マスク氏の率いるテスラが、同社

のヒト型ロボットである **Optimus** の新型を発表して自社の EV 工場の作業に従事させることを発表した。同社は、電動車（EV）のメーカーであるが新機軸としてヒューマノイドロボット生産に乗り出すとしており、既に 2024 年の同社の AI・ロボティクス部門全体への研究開発費として約 45 億ドル（約 6,800 億円）、設備投資に約 113 億ドル（約 1.7 兆円）という潤沢な資金を投下しているとされており、独自のヒューマノイドロボットの開発を行っている。またマイクロソフトなどから巨額の資金提供を受けている **Figure AI** は、そのヒューマノイドロボットである **F01** や **F02** が家庭のなかでの作業を想定した、洗濯機から洗濯物を取りだす、洋服をたたむなどの動作に成功した動画を発表したり、BMW 工場での実稼働を公表したりするなど積極的に成果を発表している。その結果 **Figure AI** は 2025 年 9 月には 10 億ドル（約 1,500 億円以上）を調達し、企業の評価額が 390 億ドル（約 6 兆円）にも達した。この 2 社だけではなく、巨大テックの資金供給を背景に、米国の複数のベンチャー企業がその AI 開発力をアピールする状況が続いた⁹。他方の中国では、国家戦略としてヒューマノイドロボットの開発を支援するとしており、2025 年には、**AGIBOT**（智元創新科技）や **UNITREE**（宇樹科技）、**UBTECH Robotics**（優必選科技）などの中国メーカーが、ヒト型ロボットの“量産化”を開始し、航空機や自動車の製造メーカーに出荷したと発表をした¹⁰。また、同年、中国のロボット・メーカーが 140 社余りに達していると中国政府が発表し、また、これらのロボット・メーカーが次々と、「太極拳など複雑な動作を人間と同じ速度で実行する」、「ヒューマノイドロボット同士でボクシングをする」など、技術開発の成果を次々と動画で発表したことで、すぐにでも世界は中国製ヒューマノイドロボットで溢れるかのような言説が蔓延することになった。英調査会社の **Omdia** の推計によれば、2025 年の世界の人型ロボット出荷台数は 1 万 3,318 台に達したとされる¹¹。次々に世界各地から届くヒューマノイドロボット“躍進”の報に、「ヒューマノイド」が一躍一般の耳目を集まることになった。

「フィジカル AI」の登場によって、そこに接続されたあらゆる機械・ロボットが制御・管理できるかのような言説が出現しており、そこに人間の形を模した人間と同じよ

⁹ なお、テスラの **Optimus** の動作のほとんどは、依然として人間による遠隔操作で実現していると言われている。

¹⁰ **JETRO** (2026a) 「優必選科技が欧州エアバス向けに人型ロボット納入、海外展開を本格化」 2026 年 01 月 22 日 (<https://www.jetro.go.jp/biznews/2026/01/ec9d0202df1da7f0.html>)、(2026b) 「中国の人型ロボット産業が量産段階に突入、メーカー数 140 社超（中国）」ビジネス短信、2026 年 02 月 03 日 (<https://www.jetro.go.jp/biznews/2026/02/886acbece6e866ec.html>)。

¹¹ **AFP BB** ニュース 「中国企業は世界の人型ロボット出荷量を主導」 2026 年 1 月 14 日 (<https://www.afpbb.com/articles/-/3617768>)

うな動きができるヒューマノイドロボットが登場して量産化体制に入った、という報告が相次げば、人間がやっている“作業”は全てヒューマノイドロボットが代替してくれる時代になった、“万能”ロボットが誕生する時代になったとの誤解が生まれても仕方がないかもしれない¹²。しかし、従来では考えられなかったような複雑な“動き”が可能となったヒューマノイドロボットが、人間が行う“作業”を全て代替できるか、という点、この両者には、技術的に大きな溝が存在し、この溝を埋めることは容易ではない。“作業”をするには、単にロボットの部分をどこに向かってどのように動かすかを計画、実行指示をだし、キャリブレーション機能を働かせることによってロボットの姿勢維持と動作継続を果たせばよいわけではない。対象物への“作用”を計算し、実際に把握し、ロボットの動きにフィードバック・再調整することはもちろん、作業の状況に合わせて、補助・補完動作を選択し、実行することなど、様々な要素が関わってくる。

例えば、NVIDIA が、Figure、1X、Boston Dynamics など主要なヒューマノイドメーカーに供給しているロボット基盤モデルの「GR00T N2」があれば、ヒューマノイドが“汎用ロボット”として多様なタスクの実行に対応できるようになる、と言われている。しかし、あくまで従来の“特定タスク”を実行する機械であったロボットと比較して“多様”なタスクへの対応が可能になっているだけで、“汎用”にも大きな限定がついている。調理作業をロボットが実行していて、野菜を切ること、それを鍋に入れること、加熱を開始すること、かき混ぜること、調味料を投入すること、一定時間が過ぎたら加熱を停止し、鍋の中身を皿に移すことなどができても、野菜を切る過程で野菜が転がっていつてしまったらどうするのかなど様々な“エラー事象”への適時対応はできないし、鍋をかき混ぜているときには具材の状態によって混ぜ方を適切にしないと焦げてしまうなどの失敗に繋がる。家庭の家事代替にまで話を進めずとも、工場でヒューマノイドロボットに代替させようとしている不定形作業には、単に当該作業の頻度と組み合わせが複雑であるだけでなく、現状では労働者の“判断”によって対処方法が決定される余地の大きな作業も含まれる。人間が行う作業を全て代替できるという“万能性”がこうしたロボット基盤モデルを利用することで可能となるかについては、現状では将来解決されるべき課題にとどまっている¹³。

¹² 例えば、SONPOインスティテュート・プラス「ヒューマノイドが街にやってくる」2025年3月24日 (<https://www.sompo-ri.co.jp/2025/03/24/17065/>)、ベルケンシステムズ「IT化経営羅針盤248 中小企業こそ備えよ！ヒューマノイドの実用化時代」(<https://www.belken.jp/column/compass248/>)等。

¹³ 湯口・橋本・松本（2026）「AIロボット開発の現状」国立国会図書館 調査及び立法考査局、『調査資料 2025-6』第3章、河原塚・松嶋（2025）『基盤モデルとロボットの融合 マルチモーダルAIでロ

このヒューマノイドロボットの興隆がもたらした、既に顕在化しつつある弊害は、工場など室内の確定環境での活用が前提となる産業用ロボットがカバーできる以外の作業について、全てヒューマノイドを開発して利用すればよいかのような風潮がでてしまうことである。それが単に、社会一般の理解に留まらず、日本では産業支援政策にまで影響してしまっていることには大きな危惧を抱かざるを得ない。上記の GENIAC プロジェクトでも、「次世代型 FA ロボット」が FA 機械と産業用ロボットの進化系として想定され、それ以外を「サービスロボット」から「ヒューマノイドロボット」への進化系形成として想定している。しかし、現状のヒューマノイドロボットが、人間がやっている作業の全てを代替できないということだけではなく、現状では人間が已む無くやっているが作業のなかには、人間が、あるいは人間の形態の物体がやるのが非効率であるような作業も多数存在することを考えねばならない。例えば、人間が高所で作業をするためには、梯子など高所への移動手段を使い、作業のための安定姿勢を確保する方法をみつけねばならない。ヒト型を模した、しかし人間とは異なり機械であるヒューマノイドロボットが、わざわざ難しい動作である梯子上りを実行し、安定姿勢を確保しながら高所での作業を実行することは、非効率を拡大することにもなりかねない。

現時点で、ヒューマノイドロボットが台頭してきている大きな理由として挙げられているのは、1) 労働者と同じ形状のロボットならば労働環境を変えることなく代替が容易（と想定される）、2) 物理環境での作業データの蓄積が非常に限定的ななかで、人間による直接・遠隔操作でのティーチングがヒト型であれば容易（と想定される）などとされている。もちろん、イーロン・マスク氏のように「一人一台のロボット執事を実現する」という願望を実現したいなど、従前からある SF 的未来社会図の実現にヒューマノイドロボットが欠かせないという考えも大きく影響していると思われるが、いずれにしても、ヒューマノイドロボットである必然性・蓋然性の議論は、意外に脆弱な基盤にたっている。

1-2-2 自動運転技術の進化型がヒューマノイドロボットになる？

ヒューマノイドロボットの台頭が 2025 年に生じたのは、米国、中国などのロボット・メーカーが、ヒューマノイドロボットの量産を開始しただけではない。前述のとおり、ヒューマノイドロボットが、航空機や自動車製造の現場に実地配備されたとの報が相次

ボットはどう変わるのか』講談社、日経クロステック（2026）「協働ロボ大手『専門知識の障害は消滅する』、人型ロボットには懐疑的」2026年2月10日
(<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/03352/012300012/>)

いだことも大きく影響している。特に、自動車業界では、米国、中国のメーカーだけではなく、BMW などドイツのメーカーも積極的にヒューマノイドロボットを工場に配置し、その実効性を試していると言われている。日本でも、トヨタがヒューマノイドロボットの活用に積極的に動いており、2025 年 10 月には傘下の TRI (Toyota Research Institute) が Boston Dynamics の Atlas で大規模行動モデル (Large Behavior Model : LBM) を実証したと発表し¹⁴、さらに 2026 年 2 月には 1 年間の試用を経て Agirity の Digit 7 台を自動車の組み立てラインに導入したと発表しており¹⁵、工場を中心としたヒューマノイドロボット利用の実効性の検証に着手している。

このように世界の自動車業界大手が、積極的にヒューマノイドロボットの実効性の検証に動いたことで、自動車部品のサプライヤーも含む自動車業界全体で、工場へのヒューマノイドロボットの導入に積極的な姿勢が生まれている。それがさらには、“ヒューマノイドロボットといえば自動車業界”のような言説まで生み出している。1980 年代に産業用ロボットの普及に大きく貢献し、日本を“ロボット大国”に押し上げる最大の原動力は、当時、成長が著しく大幅な人手不足が見込まれた自動車業界であったことを考えると、ヒューマノイドロボットの興隆と自動車業界が密接に関わっているという状況は興味深いものがある。

しかし、現在のヒューマノイドロボットと自動車業界の結びつきは、産業用ロボットの場合とは異なり、単純に人手不足をロボットで代替・補完という考えが原動力となっているわけではない。近年、自動車業界は、IoT に元を発した「デジタルツイン」など、各地の生産工場のシステムの連携の急先鋒となっており、ヒューマノイドロボットの利用も、そうした工場の包括的デジタル制御の一部をなすものとして捉えられている。いたがって、ヒューマノイドロボットが台頭してきている理由として述べた理由、「労働環境を変えずに労働者との代替が容易」や、「ティーチングがヒト型だと容易」などは、表面的なものであって、自動車業界にとっては、従来、機械化・ロボット利用が進んでいない作業が、サイバー空間で繋がるシステムに接続できる機械・ロボットで代替できるのであれば、どのような形状のロボットであっても構わない、しかし、ヒューマノイ

¹⁴ 日経クロステック「トヨタとBoston Dynamics、人型ロボットで大規模行動モデルを実証 様々な環境下でも自動調整しながら複雑なタスクをこなす」2025年10月10日

(<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/mag/at/18/00015/00093/>)

¹⁵ Seizo Trend「トヨタ、カナダ製造拠点に人型ロボット「Digit」を導入へ 1年の試用を経て、4月初旬から自動車の組立ラインにおける部品搬送作業に配備」2026年2月23日

(<https://www.sbbit.jp/article/st/181282>)

ドロボットが“汎用”“多用途”ロボットとして台頭してきている現在、実効性を試さない手はないという状況であろう。

前述のとおり、人間以上の速度で道路を走る、一連の太極拳の動きを人間と同じ速度で実行する、ロボット同士でボクシングをするなど、ロボット自体の“動き”についてはかなり高水準の域まで達しているヒューマノイドロボットであるが、“作業”については、ピック・アンド・プレースを中心とした単純作業をいくつかできるに過ぎない。トヨタが1年の試用を経ても、カナダの工場で7台のヒューマノイドロボット導入に留まっているのは、ヒューマノイドロボットの本当の意味の実用性を見出したからというよりは、何ができるのかより長期的に実証する段階であることを示している。また全身の動きの柔軟性を高く設計されたロボットは、手先など末端部分の重量を軽減する必要性から搭載モータの大きさが制限されており、出力も小さい。また、ヒューマノイドロボットにはQDDモータ（Quasi Direct Drive モータ）が多用されているが、このモータは応答性が高く、外力がかかっても円滑に動き続けられる「バックドライバビリティ」が高く、モーター・ギア・センサーが一体化されたモジュール構造にしやすい、設計や実装がシンプルにでき、トルクや速度の調整も自在に可能など様々な利点があるが、高電圧を必要とし、また低速から中速での運転に向いていることから産業用ロボットに使われるサーボモーターの高速適応を実現することはできない¹⁶。また、現在主流のAIの大きな弱点は、確率推論を中心としているために一義的回答を得ることが非常に苦手であり、結果としてAIを動作指令にまで使ったヒューマノイドロボットの作業精度は、一定程度以上は高まらない。産業用ロボットが高い作業精度の実現を基盤としていることからすると真逆な、作業精度が一定程度犠牲となっているロボットをどのような作業に充てたらよいのかについては、まだ議論が固まっていない。さらに、産業用ロボットが6軸や7軸に留まるのに比べて、ヒューマノイドロボットは20軸余りの構造をもっており、動作の自由度が各段に高いが、それだけに動作の安定制御が各段に難しくなっている。導入期の調整は大変だが、一度稼働させれば決められた自動化工程を高速で安定的に延々と実行する産業用ロボットと異なり、ヒューマノイドロボットにはそうした信頼性が担保されていない。一見、驚異的な発達を遂げたヒューマノイドロボットであるが、このような弱点を抱えた状態でなお、工場での生産ラインなどで使わねばならない必然

¹⁶ FT Engineering 「【技術提案】QDDアクチュエーターの性能限界を物理特性から突破する」、2006年1月6日 (https://ftengineering.jp/2026/01/06/qdd_actuator/)。

性があるのかどうかについては、また確定的な見解をだす段階にはない。

また、コロナ禍前くらいまでは実用化までがまだ遠いと思われていた自動車の自動運転技術が、実際に運行される無人運転バスやタクシーなどに搭載される技術にまで急速に発展している自動車業界では、工場でのヒューマノイドロボットの利用を超えて、自動車（自動運転技術）とヒューマノイドロボットの強い関係性を見る言説も強まっている¹⁷。自動運転技術は、単に走行路（道路）の空間を立体認識し、適切な走行制御を行うだけではなく、（信号システムとのデータ連携をすることなく）信号や道路標識を読み取り、周辺で走行する車の走行状況を認識するなど、周辺環境を“理解し”つつある。そうしたなかで、さらには人間の“常識”を自動運転技術をつかさどる AI に導入することで、道路上の紙ごみであれば避けることなく走行を続け、動物や人間である場合は避けるなど、人間の運転者と同様の行動ができるようになることが目指されている。この人間の“常識”を自動運転システム・AI に導入することが発展していけば、その完成形としてはヒューマノイドロボットの自律的運用に繋がるという見解である。

このような見解は、工場の生産ラインの非ロボット化領域、つまり非定型で人間の“常識”による判断を必要とするような作業をヒューマノイドロボットで代替したい、という発想と同じ路線にあると思われる。ただ、自動運転は、あくまでも、車という移動体、動作としては基本的には走行路、道路という限定された地上空間での車輪を使った“走行”に限定されるものである。走行中に周辺に現れる環境は多様かもしれないが、対応する動作は“走行”しかない。また、自動運転は、究極的には起点と終点の間を移動するための技術に過ぎない。それに対して、ヒューマノイドロボットは、現状でも、単にモノを A 地点から B 地点に動かす、A 状態から B 状態になるように力を加えるなどの単作業以上のことができる。そして、将来のヒューマノイドロボットに期待されているのは、直接的な作用を意味する作業のみならず、適切な道具を選択し、適切な加工法で対象物に作業するなど様々な作業の実現である。アウトプットの可能性が複雑、多様にあるなかで、なにを選択するのかが、ヒューマノイドロボットの能力を測るうえでは重要であり、自動運転技術を極めていっても、そうしたヒューマノイドロボットの課題の解決には一部でしかつながらないものである。ヒューマノイドロボットが“万能”ロボットであるかのような言説も行き過ぎであるが、ヒューマノイドロボットが AI 駆動シ

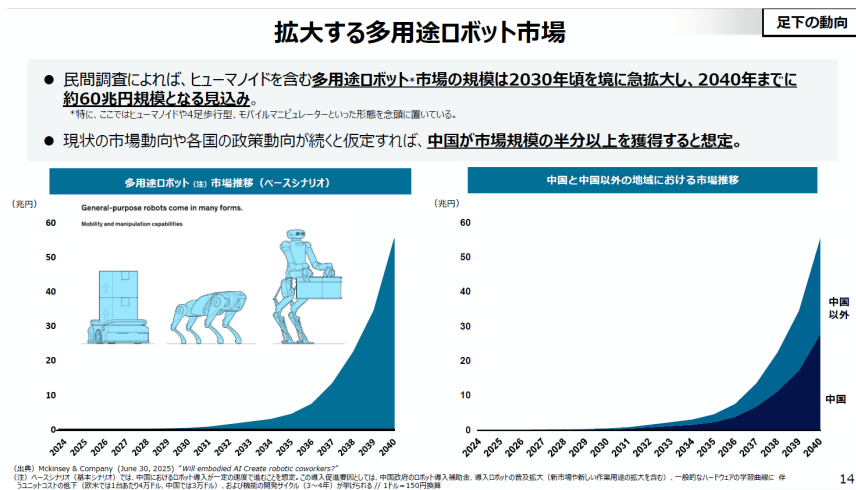
¹⁷ キヤノンマーケティングジャパングループ「自動運転の行きつく先は人型ロボット？自動運転技術×AIの未来を訊く」ミライアングル 2025年10月10日
(<https://corporate.jp.canon/profile/business/mirai-angle/series/interest/07>)

システムの単純な端末に過ぎないかのような見方もまた行き過ぎた言説といえよう。

1-2-3 ヒューマノイドロボットへの期待バブルと日本国産ヒューマノイドロボットへの期待のなさ

前述のとおり、2025 年のヒューマノイドロボットの世界出荷台数は 1 万 3,318 台だったと推計されている。現状では、何をもって「ヒューマノイドロボット」とするかの公式定義は存在せず、従って“ヒト型ロボット”あるいは“ヒューマノイドロボット”という産業分類、製品分類は存在しない。人間の頭部にあたる部分で、目にあたるセンサーを搭載し、あるいは顔のような表示があり、胴体にあたる支柱や躯体部分に人間の肩にあたる場所からロボットアームが伸びており（通常は双腕型）、移動できる機能がついていることが大まかな共通項だと思われる。また、1990 年代の第 2 次ロボットブームで日本が世界を席巻したときのヒト型ロボットと、現在の「ヒューマノイドロボット」で何か根本的な違いがあるとすれば、動作制御がロボット言語によるプログラミング一辺倒から AI 技術の活用が変わった点が挙げられるだろうが、AI 技術の利用度合いは、実はヒューマノイドロボットのメーカーによって異なっている。従って、実は「ヒューマノイドロボット」といっても多様性が大きく、出荷台数をのみをもって、どのような影響を経済・社会にもたらすのかを理解することは非常に困難である。

図表6 ヒューマノイドロボット市場拡大への期待が急激に膨らむ



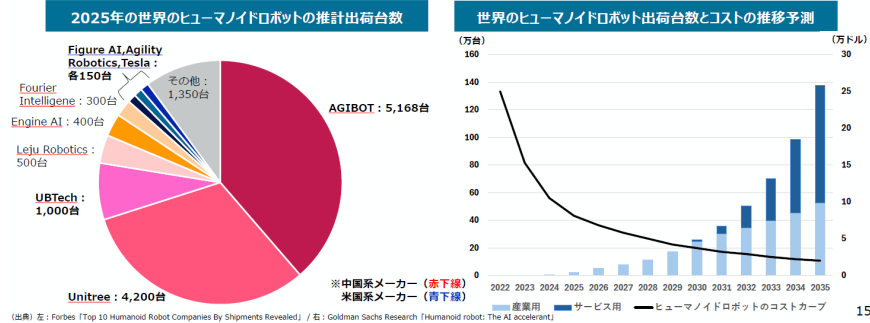
出所：経済産業省商務情報政策局（2026）

図表6(続き) ヒューマノイドロボット市場拡大への期待が急激に膨らむ

足下の多用途ロボット市場（ヒューマノイド）

足下の動向

- 民間調査によれば、**2025年のヒューマノイドロボットの出荷台数は約13,000台**。そのうちの**約80%近くが中国系メーカー**の出荷分であり、**米国系メーカーが約13%**を占めるという市場構造。
- ヒューマノイドロボットの出荷台数は、今後は年率約50%を超える伸び率で成長し、**2035年には、出荷台数が約140万台に達する**との試算も存在。



出所：経済産業省商務情報政策局（2026）

そうは言うものの、現在の約 1 万 3,000 台の出荷台数から、どこまで市場が拡大するのかについて、期待が大きく膨らんでいる状況なのは確かであり、2040 年頃には約 60 兆円規模の市場に成長するとの推計を、経済産業省の GENIAC プロジェクト関連市場でも紹介している¹⁸。もし、そこまでの成長が見込める領域であるならば、定義の明確化、公的統計での産業分類、製品分類の設定などを早急に進め、状況の正確な把握と、政策支援の在り方、企業においてはビジネス戦略への取り込みの是非を真剣に論じるべきであろう。

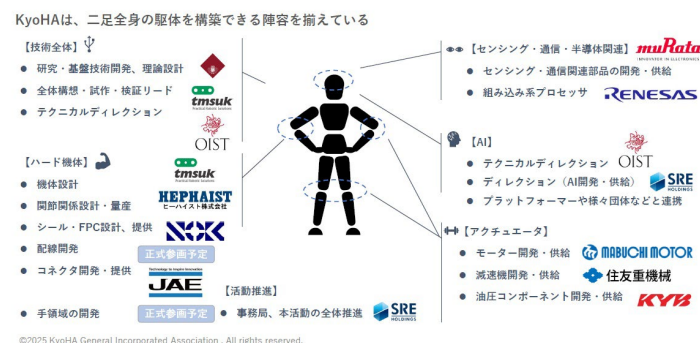
しかし、日本では、中国や米国において「フィジカル AI」と「ヒューマノイドロボット」がセットになることで、“汎用”ロボットのみならず“万能”なロボットが実用化されたかのような報道もあり、もはや、日本でヒューマノイドロボットを新たに開発する必要性はないという主張も強い。現状では、世界のヒューマノイドロボットを見渡しても、ロボットを実際に動かす“強化学習”とデータ蓄積に努力を重ねることで、ヒューマノイドロボットに何ができるかを探っている段階にあり、日本で国産ヒューマノイドロボットの開発をする意味がなくなったような状況にはない。また、逆に、ヒト型であるヒューマノイドロボットであるからこそ、得意な作業を積極的に洗い出し、一定範囲の多様な作業を自律的に実行できるような、“専用性”を獲得したうえでの“汎用性”の模索をしていくことで、日本のヒューマノイドロボットが獲得できる市場領域もあるのではないだろうか。

2025 年 10 月に早稲田大学の高西淳夫教授を理事長となり、テムザック、村田製作所、

¹⁸ 経済産業省商務情報政策局（2026）前掲書。

SRE ホールディングスを中核として KyoHA（京都ヒューマノイドアソシエーション）が設立された。参加団体には、精密機構、モーター、油圧、直動機器、センシング、通信といったヒューマノイドロボットを構成するハードウェア要素を中心に、AI などのソフトウェア要素を提供する企業、そして沖縄科学技術大学院大学など学術団体も含め、産業界・学術界を横断する「ヒューマノイドのための日本連合」によって、「日本の技術の総力戦」をしかけることで、日本の国産ヒューマノイドロボットを開発するための連合となっている¹⁹。KyoHA は、当面の目標を「過酷環境下活動のための高出力型」と「俊敏性／機能性重視モデル」のヒューマノイドロボット開発に絞っているが、いずれも特定の場面での実用性の発揮を重視している。特に、災害救助の現場で活躍するヒューマノイドロボットを想定しているであろう、前者のタイプのヒューマノイドロボットでは、既に他のヒューマノイドロボットでも取り組まれている不整地の走破可能性や高出力だけではなく、“ヒト型であること”の利点を十分に活かすロボットが実現できたならば、大きな特徴となるだろう。しかし、この日本国産ヒューマノイドロボットを作るための産学連携の試みに対して、国レベルの大型支援の動きは鈍い。

図表7 京都ヒューマノイドアソシエーション(KyoHA)の参加団体(2025 年 12 月時点)



出所：KyoHA（2025）

ヒューマノイドロボットの実用性はまだ確定したものではない。2019 年頃に「今後は人間とロボットが隣り合って働く時代になった」と盛んに言われた協働ロボットブームのように、今後のヒューマノイドロボットの開発動向によっては、大きすぎる期待からすると肩透かしを食わせられる可能性も大きい。そうした状況を、本研究会でも冷静に見極め、ロボットの将来性を議論していきたい。

¹⁹ 京都ヒューマノイドアソシエーションHP (<https://www.kyoha-robo.or.jp/>)。

第2章 研究会として問わねばならないこと

2-1 社会課題をロボットで解決することに繋がっているのか

前述のとおり、2025年には「フィジカル AI」の興隆による AI とロボットの地位の逆転、そしてヒューマノイドロボットへのコミットと投資が急増する、大きな潮流の変化があった。そして、特に後者が、現実的には実証されたものではないのに、工場以外の場面でのロボット需要を全て賄うロボットであるかのような言説に繋がっていつている。そのような風潮がでてきたことは、ロボットが何故必要なのかについて言われている、人手不足という社会課題の解決へ近づくことに繋がっているのだろうか。

本研究会の前身の研究会の令和6年度報告書では、AI 偏重が始まる状況のなかで、人手不足解消にロボット活用が謳われているのにロボット開発への関心や投資意欲が低下している状況を見据え、“現場の最前線”の作業・労働を担い、デジタル化の恩恵が及びにくいとされる“ノンデスクワーカー”支援を議論の切り口として、ロボット開発に今こそ力を入れていく必要を指摘している。2025 年になって、「フィジカル AI」「AI ロボット」「ヒューマノイドロボット」への注目が集まるなかで、ロボット活用による人手不足という課題設定は、より弱まっているように見える。

それは、ある意味で逆説的ではあるが、既に一定程度以上はロボット導入が進んでいた分野で、AI技術の積極的な応用が、ロボット導入のさらなる促進を実現し、人手不足の緩和に大きな効果を上げていることも影響している。最も影響が大きくでているのは、AI 技術の進展とその活用による自律走行・自動運転の機能向上と導入調整の容易化で、物流倉庫や製造業工場内での運搬ロボット、業務用掃除ロボット、飲食店での搬送ロボットなどの導入が急速に増加する要因となった。また、産業用ロボット（協働ロボット含む）に、「フィジカル AI」、特に LLM/VLM/LVA モデル由来の「ロボット基盤モデル」を導入することにより、動作計画と動作指令インターフェースが簡易化しロボットの自律化が実現されつつある。また、ティーチング過程も容易化しており、これまで生産ラインと生産ラインの間で非機械化の最後の砦となっていた部分にロボットアーム付き自動走行ロボットを導入するなど、工場の人手不足への貢献は大きい。この状況がさらに進展すれば、中小・零細企業、一部サービス業でのロボット導入ハードルが低下すると期待されている。

それでは、ロボット活用による人手不足解消は近い将来実現されるのであろうか。上記のような人手不足の緩和に効果が上がった分野は、一部であり、取り残されたノンデ

スクワーク分野の人手不足解消は依然として解決までの道のりが遠い状態である。以下では、分野別状況を概観していこう。

2-2 人手不足解消・緩和にロボットが比較的貢献している分野

① 製造業

前述のとおり、製造業では、「フィジカル AI」の部分的活用により、ロボットの自律化が実現されつつあり、ティーチング過程も容易化したことから、これまで生産ラインと生産ラインの間で非機械化の最後の砦となっていた部分にロボットアーム付き自動走行ロボットを導入することが可能になるなど、工場の省人化に大きな弾みがついている。また、「フィジカル AI」の活用で、産業用ロボット、工作機械、AMR（自律走行搬送ロボット）と協働ロボットなどの有機的組合せなどが可能になり、工場全体で生産性向上をはかることも、以前に比べて格段に容易になっている。産業用ロボットメーカーにおいては、ファナック、安川電機といった産業用ロボット大手から、中堅メーカーにいたるまで、「フィジカル AI」の活用で差別化を図り、中国メーカーに生産台数では遥かに及ばなくなったが、高級品路線で世界トップの一角を守っているその地位を維持をしようとしている。2025 年 12 月に開催されたの国際ロボット展では、中小企業、多品種少量生産分野での協働ロボット導入に資するような、フィジカル AI とロボットの融合提案が数多く出展されていた。

他方で、ロボットが導入される場面が拡大することで、実現したい作業に適したハンド部分の開発が急務となる場面も増えている。特に、従来、産業用ロボットのハンドは、自動車部品や電気・電子部品など、ハードな物体を対象にして開発されてきたが、食品、あるいは布など、ソフトな物体を扱うためのロボットハンドは、まだ開発の余地が大きい。さらに、VLM/VLA など AI 技術を利用したロボットの知能化では、画像データを活用することが基本的であったが、皮膚感覚フィードバックを得るテクノロジーであるハプティクスを応用して動くロボットハンドの開発など、新規技術開発が少しずつではあるが進む分野である。

また、製造業としては、造船業など、超大型物製造の現場でのロボット活用に着手する動きもでてきている。本研究会では、この分野でのロボット活用の展望について、今

後深掘することで、「フィジカル AI」とヒューマノイドロボットだけではカバーできない領域のロボット活用の現状をみていきたい。

② 運輸・物流業

自律走行・自動運転の機能向上と導入調整の容易化で、物流倉庫や製造業工場内での自動運搬ロボット（AMR）の活用は大きく伸びている。また、物流倉庫全体を構造的に改変してピッキングと搬送を一体型システムとする動きや、倉庫の棚自体を自動運搬ロボットに載せて動かすことでピッキングのための移動を低減させるなど、AI とロボティクスの融合により、物流倉庫内の省人化が急速に進んでいる。

ただし、物流全体をみれば、2024 年問題と言われた運転手不足は、自動運転トラックの導入が解決に貢献すると言われたものの、高速道路における自動運転の実証実験が行われるなどの一部を除いて進展していない。ラストワンマイル配送領域でも、そもそも配送運転手不足が既に始まっている状況と自動運搬ロボットの実際の運用設計（法整備を含む）が進まないことなどが重なって、ロボットの導入は進まない。また、ワンマイル用自動運搬ロボット開発も停滞気味になっている。中国では、複数の実験都市でラストワンマイルの配達を自律走行ロボットが担う状況が定着しつつあるが、日本では、住宅事情、地形の問題なども絡み、物流拠点をでたあとの運送部分について、ロボットが人手不足解消に大きく貢献する事態には至っていない。

③ 飲食業

コロナ禍を経て、チェーン店・フードコートなどでの飲食業における自動搬送ロボット導入は、2024 年から 2025 年にかけて急増した。特に、頭部に当たる部分がネコ型のディスプレイがついた自動搬送ロボットは、チェーン店などで導入される自動運搬ロボットを代表するロボットとしての認知が広まっている。当初は、床面やテーブルに進路タグを貼ったり、事前の時間をかけた店内の 3D 地図作成と各ロボットへのインストールが必要で、導入に手間がかかったり、また進路に障害があるときの進路再設定に難があるなど、運用上の課題が多くあったが、AI 技術の急速な展開により、店内地図作成の簡素化と短時間化が実現するとともに、自律した進路再設定機能が搭載されるなど、ユーザーが本当に実用できるロボットになったことが大きく影響している。しかし、当初はいくつか試みられていた、ロボットアームを自動搬送ロボットに取り付けた「自動配膳ロボット」は実用化されておらず、料理や飲物を注文した客自身が自動配膳ロボット

の躯体に設置された棚からトレイに乗った注文品を取り出す方式が採用できる飲食店の
みで、この自動搬送ロボットの導入が可能となっている。

そのため、飲食業界全体では、深刻化する人手不足にロボットが大きく貢献している
とはいえない。躯体の棚に注文品を収納し、安定走行を確保するための車輪での移動と
なっている自動搬送ロボットは、混雑した狭い店舗や段差のある店舗での導入はそもそ
も難しい。また、高さのある料理や飲み物の安定的搬送、鉄板焼きなど多様なメニュー
への対応など自動搬送ロボット導入だけでも課題が様々に存在する。また、飲食業界で
は、単に注文品を客へ届ける作業をロボットで代替すれば人手不足が解消に向かうもの
ではなく、狭い厨房で多彩なメニューを準備し、調理・加工して客に提供する過程への
人手の代替・補完が必要であり、自動搬送ロボットの導入が一部で拡大したことのみを
もってロボット普及の成功とするわけにはいかなんと言えよう。

④ 介護ケア分野

本研究会の前々身にあたる令和2年度から令和3年度に実施した調査研究事業では、
介護ケア分野におけるロボット活用の可能性を探ったが、その当時、提言として打ち出
した「間接業務へのロボット活用を進める」ことが、今、現実に進展している。AI 技術
の発展による自動走行機能の大きな改善がみられた業務用掃除ロボット、生成 AI 技術の
発展による会話機能の大幅向上が顕著なコミュニケーションロボットなどの導入に弾み
がついている。それによって、介護職員が広い範囲の掃除業務から解放され、被介護者
の活動の活発化の契機をロボットが担えるようになってきている。介護ケア分野では、
既にコロナ禍前から、ロボティクスというよりはセンサ情報の AI 技術を通じた活用であ
る「見守りセンサ」の介護施設での導入が介護保険点数化されるなどして普及が始まっ
ていたが、その後、自動記録入力や自動人員配置表作成など業務効率化のための AI 利用
が進んだことで、先端技術との距離が大幅に縮まり、先端技術活用による省人化、業務
負担軽減などが進むようになってきている。また、コロナ禍を経て、プライバシー問題
への意識も大きく変化しており、それまでは被介護者の家族の反対が強く、導入が進ま
なかった、対象の被介護者の動作や姿勢までわかる形での居室内赤外線画像の利用（見
守りセンサの一種）が普及したりと、時代の変化が見て取れる領域となっている。

とはいえ、介護ケア分野で働く人たちの最大の負担である直接的ケアの労働負荷につ
いては、まだ大きな課題として残っている。昨今のヒューマノイドロボットの台頭によ
って、直接的ケアにヒト型ロボットを導入することに弾みがつくとの言説が盛んに聞か

れるようになってきたが、「フィジカル AI」の第1層のシミュレーションの世界モデルをもってしても、柔らかく、多関節で分散的重心を持ち、何よりも全身に感覚器がある人体を、ロボットが適切に接触し、持ち上げるなどの作業をするためのシミュレーションは不可能である。そのためのシミュレーションのモデルが存在しないからである。さらに、介護を必要とする方々は、往々にして体幹をとる（自分で自分自身の身体的バランスを調整する）ことができない、あるいは非常に難しくなっている。そうした体幹のとれない、しかし感覚と意思はある人体を、双腕と胴体で適切な形で抱え上げたり、移動・移乗させたりすることは、実は非常に難しいことであり、介護ケア人材も様々なテクニックを学んで初めて実行できる作業である。高齢者の皮膚の脆さも厄介な点で、暴力的な摩擦ではなくとも、ちょっとした摩擦で表皮が大きく剥がれてしまうこともある。不適切に触れられることで無意識の反射的動作を誘発したり、身体の硬直・萎縮を招いてしまうこともある。単にフォークリフトのようにロボットの双腕で持ち上げればよいのは、健常者を対象にした場合だけである。そもそも、生物に対してロボットで適切に触れるには、単に外力に対するモータやアクチュエータの「バックドライバビリティ」があるだけでは、あるいは対象物にかかる圧力のセンサがあるだけでは不十分である。

介護人材の人手不足「2030年問題」は目前である。約644万人ともいわれる介護人材不足を、清掃や見守りなど間接業務へのロボット導入や、AI技術活用による自動記録システムなどで全て乗り切れるわけではない。また介護人材不足は、地域による偏在が生じることも指摘されており、高齢者が急増する都市部で深刻化するとされている。都市部では、高齢者向け介護施設も増えているが、人材が不足すれば、地方の産科問題のように、施設への受入やサービス供給が不可能な状態が生じる。介護ケア分野で、もっとロボット活用が進むことが期待されるのであれば、直接ケアに使えるロボットのハードウェア部分の技術開発にもっと大きな投資が行われなければいけない

2-3 人手不足緩和へと実証・商品化に部分的に成功しているが、 残された課題が大きい分野

① 小売り業

日本でも、各年で開催される World Robot Summit の2020年の大会から、フューチャーコンビニエンスストアチャレンジが開催され、コンビニやスーパーでの複数種類の商品の品出し・入替、客や従業員とのインタラクション、トイレの清掃などの課題をク

リアするロボットの開発と競技への参加を募り、小売業におけるロボットを使った省人化を支援する取組が行われてきた。コロナ禍を経て、コンビニやスーパーの会計における自動精算機が急速に導入されたのに比べ、商品の品出し・入替業務へのロボットの適応は進まなかった。導入が進まない要因は、コンビニやスーパーで取扱う商品数が非常に多く、また入替基準も複雑なため、商品のシステムへの登録、入替ルールの登録などの手間が大きい点が挙げられる。さらに、人間が柵なしでいる環境で動かすことができるロボット（「協働ロボット」のカテゴリーに入る）は、ロボットの動作によって付近の人間に損傷が及ばないように、低速動作（1000mm/s 以下に制限されているモデルが多かった）で、低出力に抑えるような設計や求められており、短時間で品出しや入替を完了せねばならないコンビニやスーパーへの実装は難しかった。

そうしたなかで、コンビニの店舗自体の改造をして、壁に作り付ける商品陳列棚の裏側をバックヤードにし、そのバックヤード側でロボットを運用して商品陳列作業をさせる仕組みも考えだされ、一部のコンビニで導入されたりした。また、AI を利用したシステム改善によって、商品のシステムへの登録や、商品の入替ルールの登録などが容易になったり、ロボット作動計画へと自動的に落とし込めるような技術改善努力が続けられた。コンビニやスーパーの品出し等で活用されるロボット・メーカーとしては、日本では Telexistence が挙げられる。同社はセブンイレブンのパートナー企業で、2023 年 7 月に Foxconn（鴻海）やソフトバンクロボティクスなど国内外の投資家や投資ファンドから約 230 億円の調達に成功するなど、成長が著しい。

急速に発展する AI 技術の応用の効果は、多方面で出始めており、例えば、ロボットの周辺空間に人間がいないことをロボットが認識したときには、産業用ロボットに近い速度モードに自動的に切替える機能が搭載されるなど、実用し得るロボットに近づけることができるようになった。とはいえ、現段階では、限定店舗での導入などにとどまっており、いわゆる実証段階が未だに終わらない状況である。

② 農業

農業分野では、自動運転技術の急速な発展、そして衛星データの活用促進などが組み合わせることで、北海道を中心とした大規模農地での自動運転農機の導入が本格化しており、生産性向上効果が見えてきつつある。日本の基準では“大規模”農地とはいえ、大陸国家の農地と比較すれば“小さな”農地での耕作であるため、そうした国外で既に開発、実用化されている自動運転農機の活用は適切ではなく、日本の“大規模”農地に

見合った農機の自動運転化が進められている。また、野菜等の収穫では、日本の野菜の品質のあり方が国外とは大きく異なるため、野菜に傷つかないような特別の工夫が必要となっている。そのため、従来は大規模農地であっても収穫機（ハーベスター）自体の導入が進んでいなかった野菜の種類もあり（キャベツなど）、AI カメラやセンサーを収穫機に用いることで、熟度の判別をしながら、野菜を可能な限り傷つけない収穫が実現されるようになってきている。

また、屋外農地の一つである果樹園では、自動追尾型などの自律走行搬送ロボットの導入が進んできている。海外では、果樹の樹形を地上に対して垂直方向の板状に整えることで、栽培にロボットを導入しやすいようにする事例が多くなってきているが、日本では、果樹は品質の作り込みを第 1 にしてきたため、基本的にその果樹種類の自然の樹形を保っている。また、日本の果樹園は、水はけの問題などから、立地が平地より斜面であることも多く、平地（あるいは非常に緩やかな丘陵地）に果樹園が広がる欧米の立地条件と大きく異なる。そのため、日本では枝の剪定、農薬散布、花粉付け、摘果、袋掛け、収穫などあらゆる作業過程で、栽培者が必要な道具を複雑な地形の果樹園のなかを運びながら移動していく必要が生じ、大きな負担となっている。その点にアプローチした自律走行搬送ロボットは、Doog が発売する「サウザー (Thouzer)」、輝翠 TECH の「アダム」など、複数の企業が製品を出している。これらのメーカーは、自社開発をしながら、農研機構（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の開発助成などを活用し、商品を出している。海外のような果実栽培・生産作業そのものをロボットで代替する試みも散発的にあるが、日本の果樹の樹形や果樹園の地形の制約を克服するのが難しく、農家が用意に導入できるような価格帯での開発としては実を結んではない。また、リンゴや柑橘類なども、日本と他の国では、生産管理や収穫の仕方が大きく異なっており、海外製の果実収穫ロボットを導入することが難しい。果実栽培農家の高齢化などで、離農するケースも増加しており、自律走行搬送ロボットの導入だけでは、人手不足という課題への対処には大きく不足してしまっている。

路地もの大規模野菜栽培とは別に、自動化が進んでいるのは「植物工場」である。植物工場全体が包括的に自動化されており、水耕栽培での水や肥料の供給調整、収穫物搬送のための自律走行ロボットや収穫ロボットの導入が進んでいる。土地単位あたりの栽培密度が高いため、こうした植物工場の拡大に日本の農業における希望を見出す見解もあるが、植物工場設立の初期投資額は大きく、参入は容易ではない。また、オランダな

どで実施されているような、農業法人や株式会社による大規模植物工場は、農地の集約が一つの壁となっていると言われている。ロボットや技術開発とは直接関係ない問題が大きく、急速な拡大は困難と思われる。

露地栽培で、小規模なロボット開発が複数存在するのは、水田の除草・抑草ロボット分野である。稲作において農地の集約化・大規模農地化による生産効率向上の試みは長年続けられているものの、集約化されずにある零細・小規模の水田が日本全国に残されている。そうした零細・小規模水田における稲作においては、農薬散布や化学肥料に頼らない有機栽培を導入することも多くなっている。しかし、稲が十分に育つまでの間に水田に繁茂する雑草の除去は、そうした零細・小規模水田の耕作者の大きな負担となっている。そのため、水田の除草・抑草にロボットを導入するというアイデアは各地で散発的にでてきており、それぞれが独自のアイデアで技術開発を行っているのが実情である。そうした水田除草・抑草ロボットのなかには、2025年2月に内閣官房主催「イチ Biz アワード」最優秀賞を受賞した、ハタケホットケの「ミズニゴール」や、2023年の第11回国際ロボット展 ロボット大賞「農林水産大臣賞」を受賞した NEWGREEN（井関農機が販売）の「アイガモロボ」など、大きな注目が集まるものも出てきている。

図表7 抑草ロボット ミズニゴール



出所：(株)ハタケホットケ HP

しかし、残念ながら、稲作栽培の過程全体からみれば水田の除草・抑草はごく一部を占めるにすぎず、また上記のように注目を集めるロボットが登場しても全国的な展開には繋がっておらず、他の水田除草・抑草ロボットとともに、散発的なロボット開発の事例のひとつに過ぎない状態から根本的に抜け出せていない。そのような散発的なロボット活用による省人化を目指した技術開発があっても、稲作全体での人手不足解消・緩和には大きな貢献が実現できない。零細・小規模農地用にも、作業ごとに農機が開発され、

商品化されてきたが、その一つ一つをロボット化、自動走行化したとしても、全体的な農作業の流れのなかでシステムティックに効率性をだしていくための方策は等閑視されてしまっている。また、各農作業工程で農機を用意していくためには、全体として大きな資金が必要となる。農業への新規参入の参入障壁となると同時に、農機の買い替え時期を迎えるのを機に農業から撤退する要因にもなっている。

大型農機の自動運転化や植物工場でのロボット活用、あるいは果樹園での自律走行搬送ロボットの利用拡大など、部分的にはロボット活用が進む農業分野であるが、技術開発が途絶えてしまう領域もでていることに危機感を抱かなければいけない。コロナ禍前の一時期には、アスパラガス収穫ロボットの inaho や、トマト収穫ロボット・システムのデンソーなどが、トマトやキュウリなどの路地ものの野菜の収穫ロボットの開発に取り組んでいた。しかし現在では、いずれも開発コストが嵩むことから、農家がレンタル・購入できる価格で商品化するまでの道筋が描けず、路地栽培野菜の収穫ロボットの開発からの撤退が相次いでいる。これらのロボットはAI技術によって画像センサから取得されるデータをリアルタイム処理し、収穫適格状態にある実のみをロボットアームで収穫するものである。しかし、野外では時間や天候による光線の変化・変動が大きく、取得される画像データのノイズが大きくなってしまうため、急速に発達しているAI技術をもってしても安定的な画像判断が難しいと言われる。画像データの補正を行うためにセンサーを増やすことは可能であるが、そうするとデータ処理に要する時間もかかり、ロボットの価格もまた、路地栽培では天候による地面の状態の変化が大きく、収穫ロボットの安定的な走行と姿勢維持を確保することが容易ではない。これらの問題は、ヒューマノイドロボットを導入すれば解決できるという問題ではなく、解決策までの道筋が見えていない。このままでは、路地ものの野菜の収穫の自動化技術の研究開発が停滞し、開発機運がしぼんでしまう危険性が高い。

2-4 人手不足解消が急務だがロボット開発が追い付いていない分野

① 災害救助

地震、津波、豪雨・洪水・地すべり、台風、火山噴火など多様な自然災害が毎年のように起こる日本では、災害救助におけるロボット活用への需要は大きいと言われる。既に、災害発生後に救助、復旧作業に使われる自動運転・遠隔操作重機は実用化されており、大きな災害が発生したときには、被害地に配備されてきている。しかし、重機を使

う前の段階、あるいは重機の使用と並行して、被災者の探索・救助が行われるが、そこでは救助者自身が大きな身体的危険性に直面しながら救助活動を行わざるを得ない。他方で、日本は、少子高齢化が進む社会でもあり、災害救助に駆けつける人材を多数確保する余裕がなくなっている。災害救助での先端技術の適応、特にロボットの導入が何度も提案されているが、開発が継続的に行われていない。先に触れた、日本国産ヒューマノイドロボット開発の日本連合である KyoHA（京都ヒューマノイドアソシエーション）が災害救助の場で活躍できるロボットを開発することを目指しているとされているが、KyoHA だけではなく、もっと多くの企業・団体が、この分野のロボット開発に参入しかるべきであろう。

とはいえ、技術開発費用、維持管理費用をだれが負担するのか、という大きな問題があることも確かである。災害救助は主に自治体の警察、消防などの部署が担っているため、災害救助ロボットの開発費用や維持費についても、当然のこととしてこれらの公的機関が拠出するものとする人も多い。しかし、自治体レベルでは、新しいロボットの開発資金を賄えるだけの予算を確保は難しい。国レベルで予算を確保するしか道はないと思われる。しかし、原子力発電所における事故発生時に使用されることを想定して 1970 年代から国が主導して開発支援が進められていた極限環境対応ロボットも、2010 年代に入るところには開発支援が大幅に縮小してしまっていた。その結果、2011 年 3 月に福島第一原子力発電所で水素爆発が起きたときには、高放射線下で作動できる状態にある国産ロボットがないという悲惨な状況になってしまった。国レベルであっても、長期にわたる開発資金の供給を継続し続けることは、資金の拠出についての社会的コンセンサスができていないため難しい面がある。また、災害救助ロボットは、開発して終わりではなく、一定の数を作動できる状態に維持管理し続けるコストも必要であり、なおかつ、どこで発生するか分からない災害地へ適時運んでいかねばならない。どこに災害救助ロボットを配備しておき、どのように災害地へ運ぶのか、その費用をだれが持つのかを計画する必要がある、ロボット開発そのものに加えて、解決すべき問題は多い。

② ごみ収集などその他サービス業

コロナ禍に顕在化したのが、エッセンシャルワークを担う労働者群の存在であった。そのなかには、医師や看護師など医療従事者、配達人、スーパーなど生活必需品の小売り店の従業員、清掃作業員などが含まれるが、その多くに対しては、業務の自動機械による代替などが議論され、実際に自動機械によって業務が代替されたものもでてくる。

しかし、ロボットや代替機械の開発が進んでいない分野もあり、日本ではごみ収集などが挙げられる。米国のように、複数の国・地域で、ゴミ集積場所に設置されているゴミ収集コンテナは、ゴミ収集車に付属したフォークリフト様の装置で持ち上げられて、中身のゴミが人の手を介することなく収集車に移されるような仕組みが導入されていることは確かである。しかし、日本の場合、そして他にも多くの国で、ゴミ収集作業は人力で行われている。ゴミ収集の作業は、集積場所に出されたゴミ袋を収集車に放り込むだけの単純作業がほとんどだが、曜日によって指定されるゴミの種類に従ってゴミが出されているかの判断、危険物が混ざっていないかの確認など、非定型・要判断作業が不連続で発生する作業でもある。ゴミ収集業務も人手不足が進行しており、ロボットによる作業代替が望まれる分野である。しかし、労働者を雇用するのに比べて、作業をロボットで代替するための技術開発コストは大きいと見込まれ、費用対効果が悪い分野である。ただ、もしかしたら、ヒューマノイドロボットの量産が進み、ある程度の重量を扱え、かつ、価格が抑えられたロボットが登場したら、ゴミ収集の現場に配備されることになるかもしれない。

2025年は、ロボットをめぐる潮流の大きな転換点となったが、それが、必ずしも全面的に事態の最適化に向かっているとは限らないこと、そして、人手不足、特にノンデスクワーカーの領域での人手不足という社会課題にどれだけ効果を出しているのかを、もっと議論していく必要がある。

第3章 今後の議論に向けて

本中間報告書は、既に本研究会の前身の研究会で令和6年度報告書として刊行した『ノンデスクワーカー支援のためのAI利用ロボット開発の指針―ロボット側から考える―』で既に部分的に取り上げた、AIとロボットの位置関係や特定のロボットにのみ焦点が当たる状況について、2025年に生じた大きな変化の解説を中心に、より強い危機感を持たねばならない現状を説明したものである。

“AI駆動経済”を目指す「フィジカルAI」の台頭で、AI技術（ソフトウェアシステム）の開発に集まる政策的関心も投資もより強化されている。しかし、一部を除いてロボット技術開発には、政策支援が及ばず、日本においては投資資金も投下されない状況も生まれている。日本では、ヒューマノイドロボットでさえ、国内で技術開発、商品化、量産化をする意味が既に失われたとの言説まででている。前述のとおり、ヒューマノイドロボットが、その他のロボット（専用機を含む）の開発需要を失わせるような段階ではないのだが、ヒューマノイドロボット以外のロボット開発、特にハードウェア、機構面での技術開発には資金が集まらず、停滞している。

それにより、これまでサービスロボット開発が目指していた社会課題の解消、人手不足の解消・緩和に貢献するロボットが生み出されなくなってしまう。もちろん、小規模で散発的なロボット開発は行われているが、散発的で小規模なロボット開発だけが続くことで、大きな課題解決に到達すること、開発したロボットの経済性を確保することがより困難になる。その結果、ロボット開発に対する目立った成果が見えず、そこに参入する人材、企業も少なくなり、新たなロボットの開発がさらに停滞する悪循環が生じてしまう。人手不足をロボット導入で解決するという課題を、遠い未来ではなく、近い将来どのように解決するのか、そのためのロボット開発はどのようにあるべきか、日本はどのような戦略をもつべきか、今一度、考える必要がある。

また、今回の中間報告では触れなかったが、日本において、ロボット・ベンチャー企業がいつまでも“ベンチャー”の地位に甘んじざるを得ない状況も、議論を深め、事態の改善のための提言等をまとめる必要がある。

これらの問題は、次年度の研究会に場を移し、議論を深めていきたい。

(禁無断転載)

25-2

「AI 時代のロボット産業の発展可能性」
に関する 調査研究事業
中間報告書
令和8 年 3 月

一般財団法人 機械振興協会 経済研究所
〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号
TEL: 03-3434-8251
<http://www.jspmi.or.jp>

© JSPMI-ERI 2026