

「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
ーロボット側から考えるー」

令和 7 年 3 月

一般財団法人 機械振興協会 経済研究所

はじめに

生成系 AI（人工知能）の登場に象徴されるように、2010 年代から続く AI ブームがさらに勢いを増している。一方、ロボットに関しても、主に協働ロボットや自動走行ロボットを AI 技術を活用して知能化をすすめ、全体的な効率化、生産性向上を達成する取り組みが注目を集めている。そうしたなかで、AI とロボットがこれまで以上に一体化することで自動化が促進され、人手不足という大きな社会課題の解決に向けて大きく前進するのではないかという期待も改めて大きくなっている。

機械振興協会経済研究所では、これまでも、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てきた。そこでは、ロボットの必要性を評価する軸の置き方を議論するとともに、作業や業務の“流れ（あるいはシステム／ネットワーク）のなかでの需要”を考えたロボット導入の考え方の必要性を提示してきた。

本調査研究事業（以下、「本研究会」）では、上記のような「サービスロボット研究会」での議論を受けた問題設定のもと、新たな時代の状況に合わせた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て、令和 5 年度後半から令和 6 年度を事業期間として発足した。令和 5 年度の研究会においては、AI を活用した包括的サービス、あるいは DX やデジタル化などによる業務改善や社会課題の解決策の一つの構成要素として、ロボットを捉え直す必要性について議論を進めた。また、「5 年後を目標として、今すぐに何を行動すればよいか」について回答を出すべく研究会の議論を重ねることとなった。さらに、海外におけるロボット普及段階での障害の克服事例をもとに、新たな雇用機会創出への展望なども議論した。

令和 6 年度になり、生成 AI を中心とした AI 技術の発展がそれ以前にも増して加速化する状況を観察する中で、議論の方向性を見直す必要があることが分かってきた。一部で AI 技術を活用したロボット・サービスが活況を呈していることで、かえって他の人手不足が深刻な分野の多くで、ロボット開発が停滞、あるいは縮小してしまっている。本研究会では、これらの人手不足が深刻でロボット活用が期待される分野を「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）分野として整理し、そうした分野において、大きな社会課題である人手不足を解決するようなロボット開発を推進するための提案、指針をまとめることとした。ロボット大国と言われ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、この報告書が何らかの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
「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委員会

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

調査研究委員会・委員名簿

(敬称省略、肩書はいずれも令和6年度のものの)

【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 機構長代理 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)

<要旨>

◆ なぜ今、AI 利用ロボット開発の指針が必要なのか

ロボットによる社会課題解決への貢献を改めて考える

第4次 AI ブームのなかで、ロボットの活用も一部で急速に進みつつある。しかし、2015 年の「ロボット新戦略」での想定とは異なり、現在でも、急激で深刻な人手不足問題の解決に対してロボットの貢献は限定的である。こうした問題の解決に貢献するロボットの開発を推進するための指針を改めて設定する必要がある

“ノンデスクワーカー”支援としてロボット開発の必要性を整理する

従来、ロボットの開発の促進や活用の拡大を考える際に、産業分野や職種の類型をベースに議論が整理されてきた。しかし、深刻な人手不足問題を抱え、それに対してロボット技術による解決が期待される分野を横断的に捉える概念を使って、問題を整理し直す必要がある。それには“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”、の概念を使うことが適切と思われる。“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がある。

“ロボット側”から考える必要性

2016 年に日本で設定された「Society 5.0」構想、そして AI 技術と情報ネットワーク化が急速に発達するなかで、ニューラルネットワーク型 AI 技術によるロボットの高度な知能化とサイバー空間を駆使したネットワーク接続によるロボット制御方法に偏重した技術開発が強まっている。また、この方向において効率的な技術開発が可能な分野で、ロボット活用が進んでいる。しかし、それがかえって“現場の最前線”の作業・労働の自動化としてのロボット開発に、ある種の停滞を招いている面がある。物理的な機構としてのロボット技術そのものに、もっと注力する必要がある。

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の概要

本指針では、ロボット開発について AI 時代だからこそその基本的な考え方を示す。

指針1: “物理的な機構”としてのロボットの技術を突き詰める

“ノンデスクワーカー”支援のためのロボットには、①必要な動作を「速度(リアルタイム処理)」と「精度」を確保しつつ実行し、②可能な限り複雑ではなく安価な機構を備え、③小型・軽量かつ継続的に必要な出力を確保でき、④全体的な導入・統合・運用が簡単であることが求められる。その実現には、既に製品として確立したロボットの応用と現在主流の AI 技術に頼るだけでは限界がある。新たな素材の開発含め、イノベーティブな視点で現場のニーズに最適化された“物理的な機構”としてのロボット技術の開発を突き詰めていく必要がある。

指針2: “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

現在主流のニューラルネットワーク型 AI 技術は、プログラム・コードによる膨大かつ複雑な制御設定という制約からロボット開発者を部分的に開放し、また、ビッグデータを活用して現場の導入におけるティーチングを大幅に簡便化した、優れた技術である。しかし、他方で、比較的「リアルタイム処理」と「一義的な精度の確保」を苦手としている。こうした分野の実現は、ロボティクス側の機構で解決したほうがよい。速度が精度など現場で実現したいことに必要な“境界線”をまず明確にしたうえで、AI 技術の得意な分野を見極め、適切に組み合わせる工夫が必要である。

指針3: 「5 年後」など短期間で実現できるロボット開発を考える

もう一つ重要なのは、当面の課題を解決するロボット開発に注力することである。喫緊の社会課題として人手不足の解消という問題考えたとき、令和 5 年度の本研究会の議論の中心とした「5 年後を目途として、なにができるのか」という、時間的な制約を置いて議論を進めることが、改めて重要であると認識している。ロボット技術開発の可能性は、非常に大きく、さらに AI 技術との組み合わせで開発できる可能性は無限

大ともいえる。しかし、可能性の追求ばかりをしていては、社会問題の解決には繋がらない。短時間でできるロボット開発を実のあるものにするカギは、既存の要素技術などの“インテグレーション力”の発揮にあるだろう。

指針4:現場の問題を“システム”として捉え、ロボット開発を考える

本指針は「ロボット側から考える」ことを謳っているが、ロボット技術活用ありきの主張をするものではない。AI 技術の適切な活用はもちろん、ロボティクス技術ではない技術でも、利用できる技術であれば、組み合わせの一部として柔軟に活用すべきだと考える。また、技術開発すべき作業を個々に切り出して開発をすすめる一点突破型技術開発ではなく、実現すべき現場の自動化、省人化を大きなシステムとしてとらえ、その中の一つの要素としてロボットを考えるべきだとしている。現場で人手不足を解決するためには何をせねばならないのかを正面から捉えることが重要である。また、それは全体的な技術の連携、コーディネーションを考えたいうえでの“インテグレーション”の重要性を訴えることでもある。

指針5:“専用性”の獲得の上で“汎用性”の模索をする

NEDO が 2023 年に発表した「ロボットアクションプラン」でも、「ロボット単体」の開発が多く進んでいたが、現場ニーズに合わせたロボットシステムとしての視点に欠け、社会実装が進んでいない」ため「出口志向での取り組み」が必要だと指摘されているが、そこでは、ロボットシステムという語がロボットが利用される物理的環境を“ロボットフレンドリー”に整備することや事前の業務標準化の推進、ロボットに対応した制度整備・改正などを中心とした説明がされており、ロボットが導入しやすい環境整備の問題として捉えられている。本指針で指摘する、そもそも解決したい“ノンデスクワーカー”の人手不足という課題、そのために実現されるべき機能、そして開発されるロボットの性能についての議論が一体となるシステム的な議論とは若干異なっている。

指針6:ヒューマンセントリックで考える

ロボットと人々の社会・生活との関係を議論するときに、最近ではロボットによる“well-being”の実現がよく語られる。そこでは、ロボットを日常生活で活用するこ

と（生活支援ロボット）を中心に議論がされる。しかし、“ノンデスクワーカー”支援など産業分野でロボットによって人手不足問題を解決していくことも、社会全体の“well-being”の実現には不可欠である。他方、ロボット等による作業・業務の自動化、無人化が、経済効率の向上を一義的な目的として導入されると、社会的な摩擦、不整合を生じかねず、拒否感を生んでしまう。人々の社会生活の維持・向上のためにロボットによる自動化・無人化が不可欠であるという目的意識、ヒューマンセントリックの認識からズレずにいることが必要である。

目 次

<要旨>	4
第1章 問題意識	10
1-1 現場労働の人手不足解消にロボットが貢献していない	10
1-2 “ノンデスクワーカー” 支援にロボット開発の目標を設定	11
1-3 “ロボット側” から考え、ロボット技術そのものの開発に注力する	14
第2章 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	18
本報告書での「ロボット」について	18
指針1：“物理的な機構”としてのロボットの技術を突き詰める	19
2-2-1 “ノンデスクワーカー” 支援のためのロボットで確保されるべき条件	19
2-2-2 工学的なロボット技術の得意な分野を十分に活用する	19
2-2-3 1つのロボットの高度化・複雑化で解決しようとししない	20
2-2-4 小型・軽量で必要な出力を持続的に得る仕組み	20
2-2-5 ロボットの導入・統合・運用段階での効率化段階はAI活用	21
指針2：“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	21
2-3-1 実現したい性能条件の“境界線”を明確にする	21
2-3-2 ロボットのプログラム開発、ティーチングなどAIを得意分野で使う	22
指針3：「5年後」など短期間で実現できるロボット開発を考える	22
2-4-1 無限に広がる可能性を追求しすぎず、現実の課題解決の実現に焦点を	22
2-4-2 “インテグレーション力”がカギになる	23
2-4-3 最適の“インテグレーション”をする技術、主体の確立を	24
指針4：現場の問題を“システム”として捉えロボット開発を考える	24
2-5-1 解決すべき問題を大きな“システム”として捉える	25
2-5-2 “システム”の捉え方を問題そのものの把握の仕方に寄せる	26
2-5-3 目的達成に必要な要素・技術を“チーム”として組み合わせる	26
指針5：“専用性”の獲得の上で“汎用性”の模索をする	27
指針6：ヒューマンセントリックで考える	28
第3章 今後の議論に向けて ―事業としての継続性の確保、そして競争力維持の問題	29

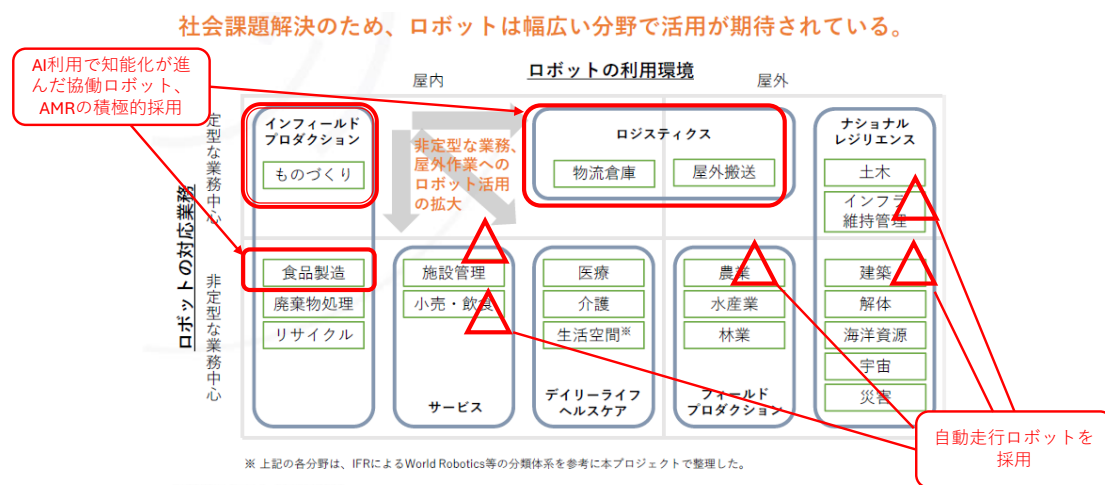
第 1 章 問題意識

1-1 現場労働の人手不足解消にロボットが貢献していない

2015 年に当時の安倍晋三首相が、日本は「ロボット大国」だからこそ、ロボットによって医療・介護分野、労働集約的な食品加工業などの製造業、あるいは農業分野などにおける「人手不足」という大きな社会課題の解決をするのだと、高らかに宣言をし、「ロボット新戦略」を発表してから、10 年が経過している。その間、RRI（現：ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ）の設立、NDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）や AIST（産業技術総合研究所）など政府系の研究所による様々なロボット開発・実証実験の支援プロジェクトの導入、ロボット関係の諸工業会や学会、そして何よりも多くの企業の努力により、「深刻な人手不足の問題を解決するため」のロボット開発・導入の試みが継続的に実施されてきた。残念ながら、日本における人手不足問題は深刻度を増しており、様々な努力にも関わらず、日本においてロボットは人手不足問題の根本的な解決策とはならずにいる。「ロボット大国」だからこそとして重点的にロボットによる人手不足解消を目指した領域でも、様々なロボットの開発提案、実証実験、さらには商品化がされたにも拘らず、ロボット導入が人手不足解消に大きく貢献したという状況にはない。

その一方で、コロナ禍が終息したころから“第 4 次ロボットブーム”とも呼ばれるロボット利用・導入の活性化がみられる。大規模工場にあっても生産ラインに点々と残されていた人手で行う作業をロボットで代替したり、これまでロボット導入を躊躇っていた中小製造工場で協働ロボットを導入したり、あるいは物流・流通センターなどだけではなくチェーン展開する規模の大きな飲食店でも自動搬送ロボットを積極的に導入するなど、ロボットの活用事例のニュースを耳にすることは多くなっている。その背景には、ビックデータを使った LLM（大規模言語モデル）を基本としたニューラルネットワーク型 AI 技術が急速に発達し、ロボットが実行すべき動作をティーチングによって覚えさせるステップが、従来に比べて比較的短時間かつ簡便にできるようになったことが大きいと言われており、さらに 2022 年に生成 AI が登場してからは、その流れが加速化している。そのため、産業ロボットの応用である協働ロボットや、自律走行搬送ロボット（AMR）を基盤とした自動走行の導入のハードルが下がり、これらのロボットの導入が適した場面での利用が拡大しているのである。

図表 1 AI 技術利用で知能化が急速に進んだロボットを活用できる分野はロボットブーム



NEDO（2023）『ロボット分野における研究開発と社会実装の大局的なアクションプラン』p.8 を元に本研究会で加筆。

本研究会では、このように一部ではロボット導入の活性化が加速化している一方で、人手不足解消にロボットが活躍していない分野が多くあるという、ある種矛盾した状況を打破するための議論が必要だと考えた。人手不足解消にもっとロボットが活用されるようなロボットの開発を推進するためにはどうしたらよいのか。本研究会では、AI 時代だからこそその指針が必要だと考えた。

1-2 “ノンデスクワーカー” 支援にロボット開発の目標を設定

従来、ロボットの開発の促進や活用の拡大を考える際に、産業分野や職種の類型（定型業務・非定型業務、）をベースに議論が整理されてきた。しかし、深刻な人手不足問題を抱え、それに対してロボット技術による解決が期待される分野を横断的に捉える概念を使って、問題を整理し直す必要がある。

デジタル化、AI 技術を活用した業務の自動化が進む領域は、ソフトウェアの活用、サイバー空間を利用したネットワーク化が効果を生む領域が中心である。つまり、既に長年に亘って機械化と自動ライン化、あるいはプラント化が進む製造業、そして、“デスクワーカー” 領域である。他方で、同様のデジタル化、AI 技術の活用だけでは、業務の自動化が進まずにいる領域は、つまりデジタル化の恩恵が及びにくいとされる領域は、“ノンデスクワーカー” と呼ばれる、建設業、医療・介護、農林水産業などの、オフィスの机の前に座って行う作業・業務ではなく“現場”の最前線で働く労働が中心の分野に見出せる。この

“ノンデスクワーカー”領域は、まさにロボットによる「人手不足」の解消が強く求められる領域と重なっている。そこで、**本報告書では、この“ノンデスクワーカー”領域を議論の対象として取り上げることとする。**

“ノンデスクワーカー”は、デスクレス・ワーカー（Deskless workers）、フロントラインワーカー（Frontline workers）などとも呼ばれ、農業、教育、ヘルスケア、小売、ホスピタリティ、製造、輸送、建設などに含まれる職業に従事する人々が挙げられる。世界の労働人口のうち 27 億人、労働人口の 80%を占めるとされて、日本では労働者の約 60%が該当するとされる¹。

こうした“ノンデスクワーカー”は、現場の最前線で働くがゆえに、テクノロジーの導入による業務の効率化が、主に人が操作する機械の導入に留まり、データが紙ベースで保管されるなどアナログ文化が多く、デジタル化の恩恵が及びにくいとされる。とはいえ、デジタル化、AI 技術の急速な発達によって、こうした現場の最前線で働く人たちの業務効率化のためのソフトウェアやアプリケーションおよび入力デバイスなどが開発され、導入されており、そうした技術を活用することにより、デジタルでのデータ入力と管理、作業工程設定の改善など、一定程度の作業の効率化（生産性向上）や省人化は実現されつつある。しかし、**彼らの“現場”の物理的な作業・業務は、“デスクワーカー”と同じようなデジタル化、ソフトウェに寄った AI 技術の活用だけでは、人手不足の根本的な解決策である自動化(したがって無人化)は実現できない。この“現場”の最前線の問題解決に、改めて意識を向ける必要がある。**

¹ Emergence (2018) “The Rise of the deskless workforce”(<http://desklessworkforce2018.com/>)、労働政策研究・研修機構（JILPT）「職業別就業者数早わかり グラフでみる労働の今」

(<https://www.jil.go.jp/kokunai/statistics/chart/html/g0006.html>)。 “ノンデスクワーカー”は、国連などの国際機関でも議論の焦点として取り上げられているが、それは主に、デジタル化から取り残されるような労働環境だからこそ、世界的に就労希望者が減少する問題が発生していることに起因する。人手不足はデジタル技術者などデスクワーカーの領域でも発生しているが、そこで発生しているのは、主に、就労希望者は増加しているものの、必要とされる労働者数に満たないタイプの人手不足である。“現場の最前線”の労働者と呼ばれる以下の職業が含まれることが一般的である。

■ 医療・社会福祉：医師、看護師、助産師、救急救命士、ソーシャルワーカーなど。

■ 教育・保育：社会福祉関係者、教師、特別教育関係者など。

■ 地方および国の政府：給付金の支払いに携わる人など。

■ 食品・商品の供給：食品製造・流通のサプライチェーン、販売・配送に従事する人など（農業・水産業を含む）。

■ 公共の安全と国家安全：警察、国防省の民間人、軍隊、消防職員、警備員、刑務所、保護観察所の職員など。

■ 運輸：空路、水路、道路、鉄道の各交通機関で働く人など。

■ 公共事業、通信、主要金融サービス：通信事業者、石油・ガス・電気の供給者、郵便・配送サービス、廃棄物処理など。

一見すると“ノンデスクワーカー”の仕事は、非定型であっても、単純作業の連続で自動化が容易に見えるが、個別作業に分解すれば種類が多く、それを連続で行うことで初めて 1 つの仕事として成り立つようなことも多い。また限られた空間を一時的にのみ占有して力仕事をする、あるいは場所や位置を移動しながら、連続した、しかし異なる作業を行うなど、工場のラインでの労働などとは大きく条件の異なる労働が数多く存在する。また、そうした労働は、一部の建設業を除けば、低賃金労働で賄われてきた。飛躍的なビジネスモデルの変革をしない限り、高額な自動化機械の導入は非常に困難な領域でもある。そうしたことが、現状として、深刻な人手不足が生じ、自動化による労働代替が実現されないという状況を生んでいる。このこの領域の“人手不足”に対して真摯に対応をしていく必要がある。

また、本研究会では、同じ“現場”で働く職業領域の内部でも、人手不足の深刻さ、あるいは自動化による人手不足解決の進展に格差が生じていることにも留意する。例えば、コメ不足問題で世間の注目が集まっている、農業分野、そのなかの稲作農家をとってみても、作付け延べ面積が 30ha を超えるような大規模経営を実現している農業法人では、大型農機のロボット化と衛星通信ネットワークの活用による複数の農機の遠隔・自動運転の実現、衛星画像や地上に設置したセンサーを駆使したデータ取得を基盤とする生育情報解析など、最新技術を積極的に導入することで、少数の労働者のみで労働負担も比較的軽い営農が実現化するまでになってきている。また、そうした労働環境が実現されているからこそ、5 割弱が 5 年以内に後継者に農業を引き継ぐ人を確保できており、5 年以上は農業を引き継ぐ予定のない農家を含めると、6 割弱が後継者問題を抱えていない²。それに対して、日本の稲作農家の 93%あまりを占める作付面積 5ha 以下の小規模・零細農家は、主として人が運転・操作する小型農業機械の組み合わせで作業を行っており、就農者の労働負荷に大きな差が生じている。したがって、人手不足問題も深刻である。本研究会では、同じノンデスクワーカーの領域にあっても、規模の経済が働きにくく、したがって複雑で高価な最先端技術応用による自動化が進みにくい、中小零細、あるいは個人が担う作業・業務の状況を、大規模経営への転換によってロボット導入などが進み、人手不足が解消されやすい領域の状況と分け、主に前者に向けた議論をしていく。

² 農林水産省農産局（2024）「米をめぐる状況について」2024年11月5日、資料 3
(<https://www.maff.go.jp/attach/pdf/imdex-85>)

1-3 “ロボット側” から考え、ロボット技術そのものの開発に注力する

本研究会では、「サービスロボット研究会」からの議論を引き継ぎ、「人々の役に立つロボット」が、主に人手不足が深刻な諸産業分野で開発され、普及するにはどうすべきかを議論してきた。研究会の正式名称には、造語である「DX 融合型ロボット市場」を冠しているが、「DX」という語によって、DX 化そのもののみならず、デジタル化、スマート化、AI 技術活用など、ロボットの周辺にあり、近年世界中で発展が目覚ましい様々な ICT 関連テクノロジーを活用した自動化、効率化を包括的に視野に入れ、ロボット開発とその活用・普及を議論した。また、AI を活用した包括的サービス、あるいは DX やデジタル化・スマート化などによる業務改善や社会課題の解決策の一つの構成要素として、ロボットを捉え直す必要性について議論を進めた。

前述のとおり、第 4 次 AI ブームとも言われる AI 技術の急速な発展により、ビックデータをベースとして LLM（大規模言語モデル）を基本としたニューラルネットワーク型 AI 技術を使うことで、ロボットを含むデジタル化された機械・機器の最適制御を行う試みが盛んになっている。もちろん、ロボットなどの機械の“知能化”に AI 技術を組み込む試みが始まったのは最近のことではない。しかし、ビックデータを基本とした AI の強化学習機能を応用したティーチングを行うことで、従来のロボット言語による膨大なプログラムを組まずとも、比較的簡便にロボットを利用できるまでになり、また、LiDarをはじめとするセンサー類の廉価化も手伝い、自動走行のルート設定などがユーザーにとって比較的簡単に実現できるようになった。そのため、産業ロボット、あるいは自動走行装置（ADV）など、製品として機能が確立した機械・機器を AI 技術によってより簡便に、効率的に運用するかに注目が集まっている。

また、現在の AI 技術は、現実空間（フィジカル空間）の機器・機械からデータを仮想空間（サイバー空間）に上げて解析・処理を行い、現実空間の機器・機械の制御指令を返すシステムに使われている。また、そのようにして仮想空間に蓄積した大量のデータを駆使して多様なシミュレーションを行ない、さらにその結果から最適な制御モデルを学習させることにも優れている技術であり、ロボットを含む多様な機械・機器の開発過程の効率化に大きな貢献をしている。現実世界を高精度で仮想空間に再現する「デジタルツイン」のような技術も、特に製造業の複数工場を遠隔で一元管理する手法として注目を集めている。2016 年に日本で設定された「Society 5.0」構想でも「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済

発展と社会的課題の解決を両立する」³とされているが、AI 技術をサイバー空間で活用することによって、フィジカル空間の制御を最適化するような構想が進められている。

そうしたなか、産業用ロボットやその応用である協働ロボットをその他の産業機械とサイバー空間でデータ連携、ネットワーク化して、全体的な生産ラインの効率化・高度化を図ったり、同様のネットワークを介した複数台の自動搬送ロボットの連携やほかの機器・装置との協調運用が進められている。これら、産業用ロボットや自律走行ロボットなどは、基本的な機能について運営データが豊富に蓄積されており、現場に合わせたロボットの最適制御を仮想空間上で比較的シミュレーションさせやすい。

図表 2 「Society5.0 で実現されること」だけでは社会課題が全て解決されない



出所：科学技術振興機構「Society5.0の実現を支えるIoTとは？」サイエンスウィンドウ、2021.08.05 (https://scienceportal.jst.go.jp/gateway/sciencwindow/20210805_w01/index.html) に加筆。

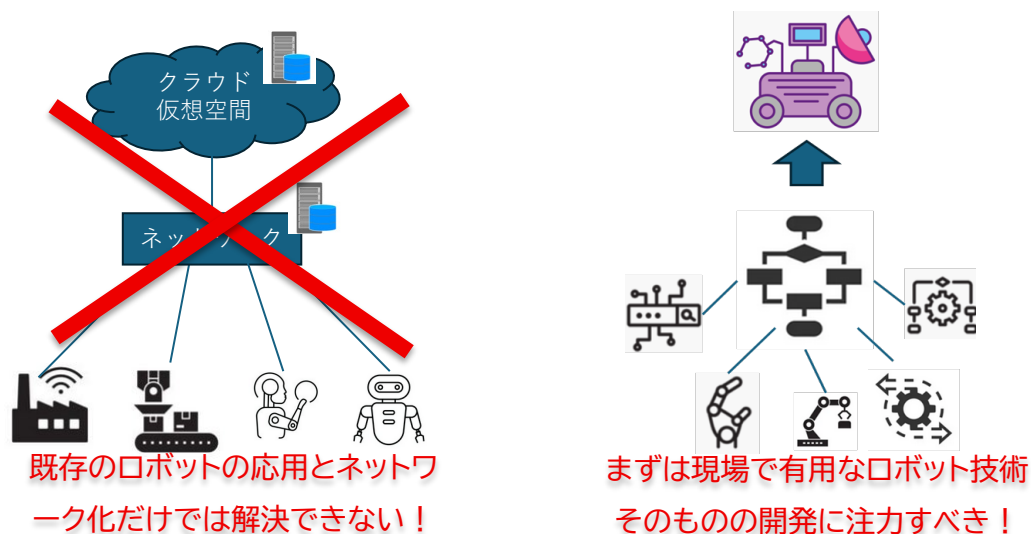
ニューラルネットワーク型 AI 技術によるロボットの高度な知能化とサイバー空間を駆使したネットワーク接続によるロボット制御方法が注目を集めた結果、そうした方向において効率的な技術開発が可能な分野へ、技術開発投資が集中している。それが、現在の“第4次ロボットブーム”と言われるロボット導入の活性化の一つの背景である。しかし、残念ながら、本研究会が対象とする“ノンデスクワーカー”領域の省力化・自動化のために必要とされるロボットは、運用実績データの蓄積が豊富な、産業用ロボットや自動走行ロボットの応用をしているだけでは、現場のニーズを充足できないものである。従来の産業用ロボットには必要なかった柔らかい材質の対象物を壊さずに把持可能なマニピュレーション部分（主にロボット・ハンド部分）の“ソフトロボティクス”が必要とされているし、従来の産業用ロボットとして発展したものとは形状や材質の異なるロボット・アームを設計・開発したり、屋内走行が基本である自動搬送機（ADV）の機構が適切ではない屋

³ 内閣府「Society 5.0」 (https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/)

外の不整地を走行させたり、確立した既存の製品が応用できない場面で使用するロボットの開発が必要なのである。既存の製品の応用ではないロボットを開発するには、必要な作業速度や精度が実現されるかどうか、摩擦係数や剛性など物理的な様々な要素を、実際に使用している素材と部品の組み合わせとして改めて計測することが欠かせない。仮想空間で簡単にシミュレーションが完結するわけではない。

つまり、AI の解析シミュレーション技術がどれほど高度になったとしても、仮想空間にある“何等か”のビックデータを用いて AI による解析シミュレーションを行い、“何等か”のロボットを仮想空間を介して AI でネットワーク化すれば、現実にある問題を解決するための作業をロボットにさせることができるようになるわけではない。**まずは、現場の問題を解決するためには、物理的な機構として最適化されたロボットが必要であり、そのロボットを使って現実世界でのシミュレーションを重ねる必要がある。シミュレーションの結果が有用なものとなるか否かは、物的そうした現場の問題を、実際に解決できるロボット技術そのものの開発に、もっと注力する必要がある。**しかし、残念ながら、AI 技術が急速に発達し、近未来には“汎用性”を獲得できるかが話題になっている現在、AI 技術を活用して効率的運用ができ、ネットワークに接続することでシステムが組みやすいロボットの活用・導入に多くの注目が集まり、かえって“現場の最前線”の作業・労働の自動化としてのロボット開発に、ある種の停滞を招いている面がある。この流れを変えていくべきであろう。

図表 3 ロボット技術そのものの開発に注力すべき



出所：DX融合型ロボット市場研究会作成。

第2章 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

本報告書での「ロボット」について

本研究会では、令和2年度から4年度まで実施された「サービスロボット研究会」同様に、「ロボット」につい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「ロボット」という語を使っている。

<ロボット>

✓ センサ, コンピューター, アクチュエータからなるシステムで, 人間の「身体的要素」を代替する、質量・速度を伴う機器・機械

<サービスロボット>

✓ 非製造業で使われるロボットを主な対象とする

また、「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せず、しかし、あくまでも中心は、人間の身体的要素を代替する、質量・速度を伴う機器としている。質量・速度を伴わず、センサ等によって取得されたデータの分析とそのシステム上のフィードバックを中心とする自動化技術は、デジタル化またはAI技術活用の一部などとして、議論の中心としての「ロボット」には入れないこととする。

2-1 指針の設定

第1章に示した問題意識を踏まえ、本研究会では、AI時代だからこそそのロボット開発の基本的な考え方を示す必要があると考えた。「AI・ロボット」という語をよく見かけるようになったように、AI技術の急速な発達、そしてそのロボットへの活用が進む中、アプリケーション、ソフトウェアそして仮想空間を活用することから技術開発を考える流れが強まっている。しかし、第1章の「問題意識」で概説したとおり、AI技術が急速に進んでも、それで物理的労働の自動化、省人化の問題が根本的に解決されるわけではない。他方で、AI技術をロボット技術と切り離して議論することは完全に筋違いで、非

生産的な行為である。“ノンデスクワーカー”の人手不足問題の解消に資すること、を目的として、ロボット技術と AI 技術の最適な使い方の方針、考え方を示していきたい。

指針 1：“物理的な機構”としてのロボットの技術を突き詰める

1-3 節で既に述べたが、“ノンデスクワーカー”の人手不足を解決するためのロボットを考える時、現在、多く活用されている産業用ロボット（協働ロボット含む）や屋内での自動走行・自動搬送機器の応用をベースとする技術開発では限界が見えている。工場での製造ラインの作業やある程度床が整備された環境での移動・搬送をロボットで代替するのとは異なり、“現場の最前線”の多くの作業は、作業の“非定型度”も大きく、作業環境が確定環境（structured environment）でない度合いの大きさも大きい。したがって、新たな素材の開発含め、イノベーティブな視点で現場のニーズに最適化された“物理的な機構”としてのロボット技術の開発を突き詰めていく必要がある。

2-2-1 “ノンデスクワーカー”支援のためのロボットで確保されるべき条件

現場の最前線にあり、最先端技術の活用から取り残され気味で、人手不足の深刻度がより大きい“ノンデスクワーカー”領域での、ロボットによる作業の自動化を実現するとき、

- ①必要な動作を「速度(リアルタイム処理)」と「精度」を確保しつつ実行し、
- ②可能な限り複雑ではなく安価な機構を備え、
- ③小型・軽量かつ継続的に必要な出力を確保でき、
- ④全体的な導入・統合・運用が簡単であること、

などを確保することが求められる。

2-2-2 工学的なロボット技術の得意な分野を十分に活用する

上述のとおり現場の最前線では作業の非定型度も確定環境（structured environment）でない度合いも両方ともに大きく、現在主流のニューラルネットワーク型 AI 技術を活用してロボット制御を構築すると、例えば、①の条件のうち精度を可能な限り確保するためには、多くのセンサーなどによる複合的なデータ取得を必要とし、その結果、もともとニューラルネットワーク型 AI 技術が不得意とする「速度（リアルタイム処理）」の確保が犠牲になるという矛盾に直面することが多い。さらにデータを取得し、仮想空間で解析処理し、それをまた現実空間のロボット・機器にフィードバックするには、安定的

な高速通信環境が必要となるが、そうした通信ネットワークへの投資と環境整備の費用がかさむことになりがちである。もちろん、通信ネットワークへの投資は、ローカル 5G など次世代の通信網の活用方法を模索する方向性とも合致しているが、ロボット導入側の経費負担が増えるばかりであることが大きなマイナスである。

速度と精度の両方の確保には、物理的な工学的エンジニアリングの知識が基本的に必要である。また、それらの実現を目指して工学的エンジニアリングは発展してきた。**AI 技術で速度と精度の両方の実現をどうするかを考える前に、ロボット技術として、どのように解決策を見出せるかを考えた方が確実に、早いはずである。**

2-2-3 1つのロボットの高度化・複雑化で解決しようとしな

また、技術開発を担う側とすれば、非定型作業で、確立環境から遠ざかるような状況での作業を代替、自動化するロボット技術を開発するとなると、一つの機械に様々な機能を組み込み、高度化することで対応を考えがちである。しかし、必要な要素を全て1つのロボットで充たす開発を目指せば、機械としても制御としても複雑化し、十分な性能の確保が困難になるばかりではなく、開発コストが膨れ上がり、それらから導き出されるロボットの価格にも影響し、量産化するにあたっての実現可能性にも悪影響をおよぼす。一つのロボットとしては可能な限り複雑ではない機構を備えつつ、必要な作業を実現できることを目指すべきである。その場合は、異なる機能をアタッチメント実現して本体に適宜組み付けて利用する、あるいは異なる機能をもつ複数のロボットを“群れ”として使うなど、使用の仕方、仕組みを柔軟に考える必要がある。当然のこととして、全体的な価格が高額になりすぎないように、開発時から留意する必要がある。

2-2-4 小型・軽量で必要な出力を持続的に得る仕組み

さらに、“現場の最前線”の作業・業務をヒトが担ってきた一つの理由が、大型で重量のある機械を導入する環境にないことであることも多い。人手不足を解消するための自動化機械を導入するために、新たに環境整備に大きな投資をする必要があることは、導入側にとっては大きなハードルである。「ロボットフレンドリー環境」の整備がロボットの市場拡大のためには必要であると言われているが、それも程度問題である。ヒトが作業をしていた環境で作動させることを基本にするのであれば、開発されるロボットは可能な限り小型で軽量であるべきであろう。ただし、小型で軽量の機械・ロボットであっても、必要な出力が継続的に実現されなければ、現場の労働を代替できない。

2-2-5 ロボットの導入・統合・運用段階での効率化段階は AI 活用

そして、個別の技術開発にあまりに集中すると、全体的な導入・統合・運用のしやすさへの配慮が弱くなりがちである。AI 技術の発達により、個別の現場に必要な作業軌道をティーチングするためのプログラムは大幅に簡便に作成されるようになり、またティーチングそのものの運用も簡便になったため、この点は全般的に改善されている。AI 技術を十分活用し、ロボット導入のハードルを下げ、市場拡大を可能な限り目指すべきである。もちろん、AI 技術に頼ればよいわけではなく、工学的エンジニアリングの観点でも、導入・運用がしやすい仕組みのロボットを開発することで、現場の最前線に導入されやすくなるはずである。

これらの実現すべき条件を、すべて考慮に入れた開発が成功すれば、“現場の最前線”に導入されるロボットができるか、それは保障されるものではない。しかし、少なくとも、これらの条件はロボットでノンデスクワーカーの支援、その領域での人手不足の解消を目指すのであれば、実現を目指すべき条件であると思われる。また、その条件は AI 技術に頼れば全て達成できるわけではなく、工学的エンジニアリング、ロボティクスの観点から、物理的なロボット機構をもっと突き詰めて開発すべきであろう。

指針 2 : “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

AI 技術は、非常に優れた技術である。しかし、上述のとおり、他方で、比較的「リアルタイム処理」と「一義的な精度の確保」を苦手としている。こうした分野の実現は、ロボティクス側の機構で解決したほうがよい、というのが指針 1 であった。それでは、AI 技術はどのように使われるべきなのであろうか。

2-3-1 実現したい性能条件の“境界線”を明確にする

まずは、AI 技術の不得意な分野の切り分けである。指針 1 と部分的に重複するが、**速度や精度など現場で実現したい性能条件を明確にすることが先決である**。通常、産業用ロボット（およびその応用である協働ロボット）の開発を開始する際には性能の「要件定義」が行われることがほとんどで、いまさら指針として設定するまでのこともないと思われるかもしれない。しかし、ロボットにニューラルネットワーク型 AI 技術を適用して高度に智能化すること自体を優先し、AI 技術が実現可能な性能を元に、ロボット活用方法を考えたり、多様な場面でのロボット利用を全てカバーするような“汎用性”を高

めることを優先し、その“汎用性”があるロボットができることを確認していくような開発が増えてきている。“ノンデスクワーカー”領域の人手不足の解消、緩和に何をせねばならないかをまず考えた時、改めて、実現すべき速度や精度などの“境界線”の明確化の必要性が再認識されなければならない。そうした、必要な“境界線”をまず明確に引くと、AI 技術が不得意な領域で無理に AI 技術を使用しようとはしなくなるだろう。他方で、ロボティクス側の機構で解決すべき課題も明確に見えてくる。

2-3-2 ロボットのプログラム開発、ティーチングなど AI を得意分野で使う

現在主流のニューラルネットワーク型 AI 技術は、プログラム開発者が膨大かつ複雑なロボット・プログラム・コードを書き上げて制御設定を規定しないといけないという制約を大幅に減少させ、プログラム開発に要する時間とコストを大きく軽減させた。また、AI 技術によって仮想空間に蓄積されたビックデータを活用した「教師プログラム」を事前に用意することができるようになったことで、現場の導入におけるティーチングを大幅に簡便化した。さらに、生成系 AI 技術の応用により、条件分けなどティーチング時の入力も非デジタル技術者に利用しやすい形態にすることができるようになった。さらにパターンの抽出と指定された出力へのパターンの応用が得意な生成系 AI 技術を使うと、個々の作業者の特徴を再現した動作を機械にさせるような技も使える。

ロボットの制御には、主にロボティクス側の物理的機構で“境界線”の達成を目指すが必要なプログラムの構築には AI 技術を利用したり、導入・統合・運用時に AI 技術を使ったティーチングを活用するなど、AI の得意な分野を見極め、適切に組み合わせる工夫が必要である。

指針 3：「5 年後」など短期間で実現できるロボット開発を考える

もう一つ重要なのは、当面の課題を解決するロボット開発に注力することである。喫緊の社会課題として人手不足の解消という問題考えたとき、令和 5 年度の本研究会の議論の中心とした「5 年後を目途として、なにができるのか」という、時間的な制約を置いて議論を進めることが、改めて重要であると認識している。

2-4-1 無限に広がる可能性を追求しすぎず、現実の課題解決の実現に焦点を

「イノベーティブな視点で物理的機構としてのロボット開発を」とした指針 1 と矛盾するようだが、素材の選択も含めて全くの白地に絵を描くように、新たな視点でロボッ

ト技術を開発するとなると、その可能性は非常に大きく、ともすれば長大な開発プロジェクトを開始しがちである。さらに、AI 技術との最適組み合わせを考えれば、開発できる可能性は無限大ともいえる。しかし、可能性の追求ばかりをしていては、社会問題の解決には繋がらない。

既存のロボット製品の応用に縛られることなく、しかし、短期間で実現できるロボット開発をすすめるとなると、現実には実行不可能とも考えられがちである。現実の問題として、物理的な作業を代替・補完することを目指して開発が進められた斬新なアイデアのロボットで、現在まで生き残っているものはほとんどない。介護・ケア分野で開発された「抱きかかえロボット Robear」も、10 年以上の開発期間を費やしながら、商品化は開始とはほぼ同時に終了し、現在は研究開発用に数台が運用されているだけである。コロナ禍前の 2019 年を頂点に、一世を風靡した双腕ロボットも、日本最大の食品加工機械の展示会である「FOOMA」をはじめ、マスメディアにロボット開発の最前線を象徴するアイコン的存在として多く取り上げられたが、現在に至っても、開発メーカーは減少し、導入事例も限定されたままである。

2-4-2 “インテグレーションカ”がカギになる

「5 年後を目途に」という時間制約において、実際に何ができるのか。**短時間でできるロボット開発を実のあるものにするカギは、既存の要素技術などを広く見渡して最適に選択して組み合わせる“インテグレーションカ”の発揮にある**だろう。またその点のブレークスルーをするための一つの方法として、AI の積極的利用が考えられるのではないかとされる。これまでもロボット開発者は、可能な限りの情報収集を行い、開発目的を満たすための技術、素材・部品の最適な組み合わせを常に模索しているが、属人的な情報ネットワークの広がりには偏りと限界があり、客観的、あるいは俯瞰的に見たときの最適組み合わせを実現できているとは言い難い。そこに例えば、ウェブ上に存在する大量の情報を読み込ませ、求められる回答を作成する能力が飛躍的に向上している生成系 AI 技術を活用したらどうだろうか。**ノンデスクワーカー支援のためのロボット開発に適した要素技術、素材・部品などの組み合わせ案を抽出するなどのために AI 技術を活用すれば、大幅に時間の節約になると思われる**。ただし、AI が抽出した組み合わせ案がでてきても、それは開発の第 1 次段階が始まっただけである、**そうして AI が抽出した要素技術、素材・部品などの最適組み合わせ案を、実際にロボットとして組み上げ、時間の製菓のなかで機**

能させるためには、ロボット開発に関わる人たちの“インテグレーション力”の高さが必要と
なってくる。

2-4-3 最適の“インテグレーション”をする技術、主体の確立を

従来、ロボット開発は、実現すべき課題を限定的に抽出し、それを実現するための要件定義を固め、必要な要素技術を開発する手法で行われてきた。また、それに従って、技術の系列も構築されてきた。しかし、**現在、自分自身の領域や技術系統で培われた技術だけではなく、他の技術系列や周辺領域で開発された要素技術や素材・部品を横断的に見渡し、それをうまくインテグレーションする技術が求められている。**実は、日本では、そうした“インテグレーション力”は評価されてこなかったために、未開拓の分野となっている。この“インテグレーション力”についていえば、少し分野と範囲は異なるが、中国のスマートフォン・メーカーが、様々なメーカー系列で製造された、型落ちして安価となった部品と技術を組み合わせ、市場訴求力の大きな魅力的な商品を作り上げたことに似ていると思われる。同じ技術系列で開発されてきたものではない、要素技術や素材・部品を組み合わせ、必要な性能を実現する技術力は特別かつ重要なものである。

ロボット Sier の仕事のなかには、技術横断的な組み合わせでシステムとして機能させることが含まれているが、残念ながら、ロボット Sier の仕事は、ユーザーが導入したいロボットを導入先の場所で問題なく機能させ、求められる性能がユーザーの問題、特に人手不足を自動化によって解決するには何をどのように自動化すべきかの概念形成は業務の範疇外である。実現されるようなシステムを構築することに主眼が置かれており、そもそも業務上の守秘義務に縛られること、個々のロボット Sier のネットワークには限りがあることなどから、ロボット開発においてインテグレーション力の発揮、あるいはインテグレーションを主導する立場となることは厳しい。本研究会の前身である「サービスロボット研究会」で、介護・ケア分野におけるサービスロボットの開発・利用の拡大には、“目利きのプロデューサー”の役割を担う人物・組織が必要という提言をしているが、本指針でもインテグレーションを発揮する主体を確立する重要性を訴えたい。

指針4：現場の問題を“システム”として捉えロボット開発を考える

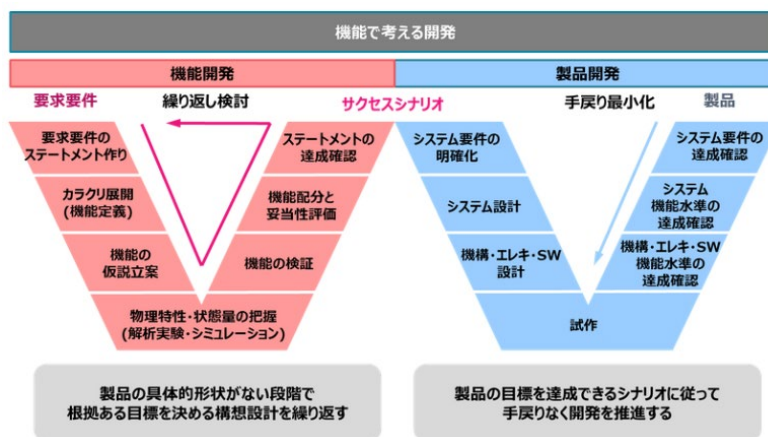
本指針は「ロボット側から考える」ことを謳っているが、ロボット技術活用ありきの主張をするものではない。指針1から指針3までも述べてきたように、AI 技術を適切

に活用することはもちろん重要であるし、それ以外にも厳密にはロボティクス技術ではない技術でも、利用できる技術であれば、組み合わせの一部として柔軟に活用すべきだと考える。こうした考え方は、本研究会の前身の「サービスロボット研究会」でも採用されてきた。また、指針1で示した、“ノンデスクワーカー”領域でロボットによる自動化を実現するためには、可能な限り複雑ではなく、安価な機構のロボットが求められている。その条件に合致する意味でも、ロボット技術ではない技術を適切に組み込むことは非常に重要である。

2-5-1 解決すべき問題を大きな“システム”として捉える

また、技術開発すべき作業を個々に切り出して、それに対応する技術の開発をすすめる一点突破型技術開発ではなく、実現すべき現場の自動化、省人化を大きなシステムとしてとらえ、その中の一つの要素としてロボットを考えるべきである。効率的な技術開発を進めるためのモデルがいくつか開発されているが、当初設定する実現すべき性能の「要件定義」の質がその後の成果を左右するため、どこまで「要件定義」を明確に設定し、それに対して開発工程で現実的な検証を組み込めるかのモデルになっている。しかし、「要件定義」を明確にする“前”の段階の重要性も指摘され始めており、あるべき「機能」の設定、その「機能」が全体的に解決すべき問題の解決のなかでどのように位置づけられるのかの検討など、大きな“システム”としての課題解決の議論を重ねる必要性をモデル化する動きも一部ではでてきている。本指針でも、この達成すべき「課題解決・目標」の設定と、実現されるべき「機能」の設定など、ロボット開発に着手する前段階で、“システム”として問題をとらえ、議論を重ねる重要性について指摘をしたい。

図表 4 「要件定義」の前に「機能」を議論する開発モデル



出所：電通総研製造業 DX サイト「機能で考える開発」（<https://mfg.dentsusoken.com/solution/mbse-conceptual-design/concept-design/post-3.php>）より転載。

2-5-2 “システム”の捉え方を問題そのものの把握の仕方に寄せる

NEDO が 2023 年に発表した「ロボットアクションプラン」でも、「ロボット単体」の開発が多く進んでいたが、現場ニーズに合わせたロボットシステムとしての視点に欠け、社会実装が進んでいない⁴ため「出口志向での取り組み」が必要だと指摘されているが⁴、そこでは、「ロボットシステム」という語がロボットが利用される物理的環境を“ロボットフレンドリー”に整備することや事前の業務標準化の推進、ロボットに対応した制度整備・改正などを中心とした説明がされており、ロボットが導入しやすい環境整備の問題として捉えられている。本指針で指摘する、そもそも解決したい“ノンデスクワーカー”の人手不足という課題、そのために実現されるべき機能、そして開発されるロボットの性能についての議論が一体となるシステム的な議論とは若干異なっている。

同様に、2010年代から「システムデザイン」という考え方が、ITシステムをはじめとする製品開発や社内システムや制度設計の領域で話題になっているが、このシステムデザインの考え方では、開発する技術・製品、あるいは制度などを「取り巻くシステム」全体の構造や機能を設計することを目指している⁵。特定の目標を達成するために、「システムの意味、価値、目的、機能、ダイナミクス、社会環境、地球環境等、あらゆる要因の関係を考慮し、具体的な対象システムの構造を創造的にアーキテクティング&デザインするとともに、フィージビリティを確実に評価する」ものである。システム全体としての意味や価値を考えるという点では、本指針が目指す、“ノンデスクワーカー”領域のロボット活用による人手不足解消を目指す際にも、参考になる考え方である。ただし、「システムデザイン」は、包括的なシステムそのものをデザインし、運用体系をマネジメントする点に力点が置かれており、本指針のように、具体的にどのようにロボット開発をするかに焦点を当てた議論では直接的に参考にし難い。

2-5-3 目的達成に必要な要素・技術を“チーム”として組み合わせる

繰り返すが、今、必要なのは、現場で働く“ノンデスクワーカー”領域で生じている人手不足を解決するためには何をせねばならないのかを正面から捉えることである。また、それは必要な部分を全体的な技術の連携、コーディネーションを考えたいうえで選択し、“インテグレーション”することの重要性を訴えることでもある。一つ一つの技術、

⁴ NEDO（2023）『ロボット分野における研究開発と社会実装の大局的なアクションプラン』2023年4月24日（<https://www.nedo.go.jp/content/100959960.pdf>）。

⁵ 慶應義塾大学大学院SDM研究科HP「システムデザイン・マネジメントとは」（<https://www.sdm.keio.ac.jp/about/concept.html>）

要素をとってみれば最先端技術を使っていなくとも、全体として目的を達成することができれば良いのである。スター選手を単純に寄せ集めただけでは成果が出ないチームスポーツのように、最先端技術をかき集めてみても、必要な成果を確保することは難しい。「適材適所」の考え方、チーム・マネジメントの考え方を援用し、様々な要素を選択し、組み合わせる中で、最優先の達成目標である現場の問題解決を実現していくことが重要となる。

指針 5 : “専用性” の獲得の上で “汎用性” の模索をする

指針 2 の説明でも触れたように、生成系 AI 技術を活用することで、ロボットの高度化と“汎用性”、分野横断的な“応用性”を実現させようという試みが多くなってきている。特に、“ロボット”の源流ともいえる、人間の身体を模倣する形のヒト型 2 足歩行ロボットに注目が集まり、動作のバリエーションを急激に増加させることに成功している。そして、米国の巨大 IT 企業、中国の政府系機関や大企業が、人間の全ての作業を代替する“汎用ロボット”を目指したヒト型 2 足歩行ロボット（ヒューマノイド）の開発に巨額の資金が投下されている。そのようなロボット開発は、中長期的な研究・技術開発の目標設定として価値の大きなものであるが、**現在、必要とされているのは“現場の最前線”の作業・業務を自動化、それによって人手不足の解消・緩和をすることである。まずは、ロボットに現実の課題を具体的に解決するための“専門性”を獲得させることを目指すことが重要である。**

“ノンデスクワーカー”領域は、機械化が一部で進むものの、まだヒトが操縦する機械や道具によって労働をすることで賄うことが多く残された領域である。こうした領域の労働は、ときどきの状況に合わせて労働者が最適判断をして作業を遂行する、職人的専門性が必要な場面が多い。したがって、“汎用性”で対応することから入ってしまうと、対応が難しいことになる。

もちろん、あまりに個別の事例解決に特化した技術開発をすれば、開発コストが嵩んで高価すぎる製品になり市場性が失われる。また、あまりに専用性を追求してしまうと、“ノンデスクワーカー”領域のように、各現場の状況、そして作業・業務の状況に違いがあるような場合には、開発されたロボットが類似の業務・作業にも応用できなくなる。

技術開発の事業化に必要なスケールアウトが非常に限定されてしまうと、技術開発そのものの勢いが減じてしまう可能性が大きい。

まずは必要な“専用性”を確保することを目指し、そのうえで“専用性”を“カスタマイズ”と捉え、類似分野での応用も考慮した、“カスタマイズされた汎用性”を実現する技術開発が進められることが肝心である。

指針6：ヒューマンセントリックで考える

ロボットと人々の社会・生活との関係を議論するときに、最近ではロボットによる“well-being”の実現がよく語られる。そこでは、ロボットを日常生活で活用すること（生活支援ロボット）を中心に議論がされる。しかし、“ノンデスクワーカー”支援など産業分野でロボットによって人手不足問題を解決していくことも、社会全体の“well-being”の実現には不可欠である。

他方、ロボット等による作業・業務の自動化、無人化が、経済効率の向上を一義的な目的として導入されると、社会的な摩擦、不整合を生じかねず、拒否感を生んでしまう。人々の社会生活の維持・向上のためにロボットによる自動化・無人化が不可欠であるという目的意識、ヒューマンセントリックの認識からズレずにいることが必要である。

第3章 今後の議論に向けて ―事業としての継続性の確保、そして競争力維持の問題

本指針は、AI時代のロボット技術開発を中心に6つの指針を上げてきた。そのなかには、開発されたロボットのユーザーが導入可能となるような、価格の問題も若干触れている。また、指針5では“カスタマイズされた汎用性”の議論で、ロボット開発のコストの問題にも少し触れている。しかし、その市場で受け入れられる価格を実現するためのロボット開発側での問題については、もっと議論を尽くすべきである。いくら良い技術を開発し、社会ニーズを充足し、社会問題の解決ができたとしても、そして、その後、に事業とし継続的に成り立っていかねば、本当に社会問題を解決することはできない。

本当に社会課題の解決を目的にするとしたら、市場で製品を売り、その実績を買われてベンチャー・ファンドなどに事業売却を果たし、開発者がコストを回収して終わりとしてはいけない。その製品、事業が世の中に広く展開して、本当に社会問題が解決するまで、製品の市場が拡大するための努力を誰かが担わなければならない。残念ながら、ロボット開発に資金を供給するベンチャー・ファンドなどは、そうした事業の継続性の重要性は重視していない。「出口戦略」の実現を主眼として、事業売却による利益確定をすることが主眼になってしまっている。また、逆に、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。

さらに、競争相手が市場参入してきたときに、競争力をどのような部分で確保するかも、考えねばならない。社会課題解決のための技術開発をしたとして、特許取得だけでは競争力は守れない。競争相手が容易には模倣のできない複数の技術を製品に盛り込む必要がある。秘匿できる技術として、例えばロボットに使用する素材に競争力の源泉を秘匿していくなど、競争力の持続には、どのような方策が取れ、それを日本全体としてどのように支援していくことができるのか、そうした問題の議論も必要と思われる。

これらの問題は、また別の研究会に場を移し、議論を深めていきたい。

(禁無断転載)

24-2

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—

令和 7 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 2025