

ロボティクス新時代

AI時代の人・ロボット・社会の共進化



藤本 赳生



齋藤 貴成



清水 悠花



大田 航起

CONTENTS

はじめに

Ⅰ ロボティクスの現在地

Ⅱ ロボティクス技術の広がり

Ⅲ ロボティクス共進化仮説——人間・組織・社会との相互作用と技術・経営トレンドの影響

Ⅳ 社会実装の壁

Ⅴ 未来を創造する日本企業への提言

要 約

- 1 ロボットの利用は、製造・物流業での産業用ロボットやAGV・AMRだけでなく、サービス現場での配膳配達ロボットや人と協働するロボットにまで広がっている。さらにヒューマノイドロボットにはその汎用性が期待される。今後ロボットは、短中期（～2030年）では既存用途での導入拡大と高度化が進む一方で、長期（2030年以降）ではロボット特有の形状開発が拡大すると想定する。
- 2 ロボットの進化に応じ、人・社会もロボットを組み込んだ発展、すなわち「共進化」していくと仮説を立てる。短中期では、ロボットはソフトウェア、ハードウェアの両輪でプロダクトとして進化する。長期目線では、生成AIや汎用人工知能（AGI）への発展次第では、人との協働最適化提案やその拡大に役割が昇華される可能性がある。
- 3 社会実装における障壁として、①現場従業員のロボットに対する意識（抵抗感）、②費用対効果、③ロボット活用人材、が挙げられる。日本の製造業では、短中期目線でまずは省人化や生産性向上のために企業内でのノウハウ共有やロボットを支える人材育成を行うべきである。また、長期目線でAI進化には実データの共有がカギである以上、企業横断でのデータ連携の協調可能性が模索されるべきである。

はじめに

近年、デジタルトランスフォーメーション（DX）とAI、とりわけ生成AIの急速な進展は、ロボティクス分野にかつてない変革をもたらしており、まさにロボット新時代の幕開けが近づいている。人間の負担を軽減するための自動装置という発想は古くから存在していたが、ロボティクス（Robotics）という用語は、アイザック・アシモフが1942年のSF小説『Runaround』において初めて使用し、同作でロボット三原則の概念を提示したことに端を発する。

その後、ソフトウェアとハードウェアの高度な融合が進展し、協働ロボット（コボット）やヒューマノイドロボットといった人間と共存・協働する形態が現実味を帯びてきた。特にAI技術の進化はロボットに学習・意思決定・対話といった能力を与え、従来の産業用ロボットの枠組みを超えた存在になってきている。将来的には、汎用人工知能（AGI）の登場も視野に入り、人間とロボットの関係は質的転換を迎える可能性がある。こうした中、長年ロボティクス分野をリードしてきた日本企業にとって、これは新たな成長機会であると同時に、国際的プレゼンスの再構築を迫られる転機でもある。

Zamalloaら（2017）^{文献1}は、産業用ロボットの発展を次の四世代に分類している。

- 第一世代（1950～1967年）：プログラム可能な初期ロボットだが、サーボ制御を持たず、用途は単純な荷下ろしなどに限定された
- 第二世代（1968～1977年）：サーボコン

トローラーの導入により、点から点への動作や連続動作が可能に。外部環境を部分的に認識する能力が加わり、より複雑な作業にも対応

- 第三世代（1978～1999年）：視覚や音声といったインターフェースを通じ、環境や操作者との相互作用が拡大。限定的な自己プログラミング能力も備え、より柔軟な作業が可能になった
- 第四世代（2000年～現在）：高度な計算・推論・機械学習を背景に知的能力を獲得。協働作業や戦略的判断にも対応可能となりつつある

加えて、Bence Márk Szeszák^{文献2}らは、2010年代以降のロボットを、インダストリー4.0の潮流を背景に「インテリジェントロボット」や「協働・ヒューマノイドロボット」時代と位置づけており、AIとの連携が技術進化の中核にあることを強調している。

近年注目されている生成AIの実用化は、ヒューマノイド型を含むロボットの汎用性と人間的振る舞いの可能性を押し広げている。たとえば、長谷（2025）^{文献3}は今後のAIを「大きなAI（汎用性）」「小さなAI（特化型）」に分類し、両者の補完的活用によってロボットとの高度な相互作用が可能になると論じている。また、Kokotajloらの「AI 2027」^{文献4}では、2030年前後にAGIが登場するシナリオが示されており、ロボティクスとAIの融合が、社会構造や産業の枠組みを根本から変える可能性が示唆されている。

産業用ロボットやヒューマノイドの技術進化やAIとの融合に焦点を当てた論考は数多く存在するが、現場視点に立った人とロボッ

トの関係構築、および社会実装に伴う事業機会の分析はいまだ限定的である。本稿では、ロボットの現在地とAI技術による進化コンセプト、さらにそれらを踏まえて想定されるロボットと人との共進化社会の可能性に関する仮説を提示のうえ、短中期的な社会実装に立ち足る障壁を明らかにする。そして、特に日本企業に焦点を当て、技術進化と社会変容の中でどのような戦略的検討が求められるか示唆することを目的とする。

I ロボティクスの現在地

製造業や物流業では、産業用ロボットや

AGV（Automated Guided Vehicle）やAMR（Autonomous Mobile Robot）が従来利用されてきたが、近年、人手不足などを背景に協働ロボットや配達・配膳ロボットが普及してきている。人の作業をそのまま置き換えられるヒューマノイドロボットは、ハードウェアの進化・AIの発達・シミュレーション環境の充実といった技術の進歩、および多様なユースケースというポテンシャルを持ち、今後の普及が考えられる。

本章では、日本国内ですでに導入されている、または近い将来導入が想定される「産業用ロボット」「AGV・AMR」「協働ロボット」「配膳配達ロボット」「ヒューマノイドロ

表1 ロボティクスの現在地

現場で利用されるロボット					
	産業用ロボット	AGV・AMR	協働ロボット	配膳配達ロボット	ヒューマノイドロボット
歴史	1950年代GMでプレス金型から取り出し 1969年6軸ロボット 400万超の稼働数	1950年代に床埋設ワイヤーの追従方式 2000年代後半より自律走行が発達	1990年代より組立作業で利用の模索 2010年代後半から市場拡大	- AMR技術をベースに2010年代半ばから中国で配膳に利用 - コロナ禍で普及	1980年代より研究 2020年代前半より実用段階に移行 - 量産態勢を目指す
日本国内での利用事例	- 自動車工場での溶接・塗装・組立 3品産業・物流業での梱包やピッキング	- 自動車工場でのワークの自動搬送 - 物流倉庫でのモノの自動搬送	- 材料の投入や取り出しの自動化 - ねじ締め作業などの組立工程の自動化	- レストランでの配膳 - 街中での配達の実証実験	製造業・物流業でのモノの運搬の実証実験
国内メーカーの強み	- 高精度なハードウェア部品の安定調達 - 歴史があり、グローバルで高いシェア	- 高品質なハードウェア部品の安定調達 - 利用者自身による内製開発	- 高品質なハードウェア部品の安定調達 - 産業用ロボットの技術知見の転用	高品質なハードウェア部品の安定調達	研究・実証実験段階であり、製造者であるメーカーに明確な強みはない
中長期的な実現可能性	エッジAIを備えることで自律的に複雑な作業を行える	- リアルタイムの走行情報のフィードバック - デジタルツインでの導入時間の短縮	AI実装による洋服の折り畳みなどの複雑な作業の実施	屋内・屋外の両環境でのエンド・トゥ・エンドの配膳配達	価格の低下が期待され、危険作業などで人に置き換わる
国内メーカーの課題	AIの組み込みを担当するソフトウェアエンジニアの不足	膨大なデータのアップロード先のクラウド利用料	UIに優れるデンマークのユニバーサルロボットと比べ、市場で劣後	- 海外製と比べ高価 - 自律走行を実装するソフトウェア人材の不足	- 米・中と比べ開発・導入の遅れ - AI領域を中心としたソフトウェア人材不足

ボット」の5つのロボットの歴史、日本国内での利用事例、国内メーカーの強み、中長期的な実現可能性、国内メーカーが抱える課題を見ていく（表1）。

1 産業用ロボット

最も普及しているロボットであり、起源は1950年代の「プログラム可能な物品搬送装置」の特許にさかのぼる。現場での利用は、GMのダイカスト工場における試験導入が始まりである。1969年にはスタンフォード大学より6軸のロボットが発表され、その外形は今に引き継がれている文献5。現在では、グローバルで約400万台の稼働台数を誇る一大市場であり、現代社会のさまざまな産業を支えている文献6、7。

国内では、1970年頃から自動車工場が中心に導入を進め、グローバルで見ても日本企業のシェアが高い製品である。

具体的には、自動車工場では溶接・塗装・組立に利用されており、特に溶接工程ではミリメートル単位よりも細かい精度が要求される中、産業用ロボットは高品質・高速に所定の作業を繰り返すことが可能である。また、3品産業（食品・医薬品・化粧品）では、ラインに流れる商品をピッキングし、箱に梱包する作業などで産業用ロボットが利用される。カメラなどの外部機器と連携した検査も実施されており、近年では「NVIDIA Jetson」などのGPUを搭載したエッジAI端末を連携させ、AI機能を持たせた産業用ロボットが導入されつつある。生成AIの進化とともに、ロボット基盤モデルを活用したより複雑な作業を自律的に実施できるようになることが想定される。

一方、国内メーカーの課題として、そうしたAIの組み込みを行うソフトウェアエンジニアの不足が挙げられる。現状のままでは、海外で開発されたソフトウェアの横展開という形で現場への導入が考えられ、付加価値が高く展開性のある領域を日本企業が担えない可能性がある。

2 AGV・AMR

1950年代に床に埋設されたワイヤーの追従方式から始まり、その後、磁気テープなどによる誘導方式に発展した。2000年代後半から、LiDARやカメラなどのセンサーの発達や経路生成アルゴリズムの実装により自律的に移動するAMRへと進化し、現在ではスマートファクトリーの中核の役割を担う。現在、グローバルで約150万台のAGV・AMRが稼働する文献8、9、10。

日本に目を向けると、ダイフクやオムロンなどグローバルで存在感を発揮する企業もあるが、トップシェアを取るには至っていない。国内での利用事例として、自動車工場でのワークの自動搬送や物流倉庫でのモノの自動搬送がある。国内メーカーの強みとしては、ホイールやモーターなど動力に関するハードウェアを安定調達できる環境や、利用者である企業の内製開発が挙げられる。また、LiDARやRGB-DカメラがAMRのセンサーには必須であるが、独ジックが高精度なLiDARを提供しており、さらにRGB-DカメラにおいてはRealSenseシリーズ（2025年に米インテルよりスピンアウト）がデファクトスタンダードとなっているため、海外メーカーと比較して国内メーカーが優勢な立場にあるとはいえない文献11。

中長期的に実現できることとしては、リアルタイムでの走行情報のフィードバックやデジタルツインによる導入時間の短縮が考えられる。データに関しては、センサーから得られた画像データや点群データ、ROS (Robot Operating System) で記録された各部位の動作データなどがあるが、こうしたデータはアマゾン ウェブ サービス (AWS) をはじめとしたクラウドにアップロードされる。毎日の走行により、膨大なデータが蓄積されるため、このクラウド利用コストは利用者の課題となっている。

3 協働ロボット

1996年に人と物理的に協調できるロボット「Cobot」が発明され、自動車の組立ラインなどでの活用が提案された^{文献12}。2008年にデンマークのユニバーサルロボットが世界初の柵なし運用Cobotを導入し、商用化が広がる。2015年よりファナックやABBなどの産業用ロボットメーカーも参入し、現在に至るまで市場は拡大し続け、世界で約50万台が稼働している^{文献13、14、15}。

日本に目を向けると、オムロンなどの産業用ロボットメーカーが既存の知見を活かして市場に参入してきている。しかし、先行者であるデンマークのユニバーサルロボットは、優れたユーザーインターフェースによって協働ロボットのデファクトスタンダードの位置を確立しつつある。協働ロボットは、作業者と同一場所で働くことを前提に、材料の投入や取り出しの自動化、ねじ締め作業などの組立工程の自動化に利用される。国内メーカーの強みとしては、アクチュエーターなどのハードウェア部品を高品質かつ安定的に調達で

きることで、そして強みを持つ産業用ロボットの知見を活かせることが挙げられる。

協働ロボットは、複雑な作業の自動化に関する研究開発で利用されている。たとえば、従来実現が困難であった洗濯物の折り畳みや弾力性のある物体のピッキングといった複雑な動作は研究段階では実現されており、現場への実装が今後期待される。国内メーカーとしては、デファクトスタンダードになりつつあるユニバーサルロボットの牙城を崩せるかが焦点となる。

4 配膳配達ロボット

2010年代半ばからAMR技術をベースに中国で配膳用としての利用が始まった。コロナ禍で人と人との接触を防ぐ目的から普及が進み、現在では屋外での配達などにも利用されるようになり、グローバルで約20万台のロボットが稼働していると考えられる^{文献16}。

日本に目を向けると、レストランや高輪ゲートウェイシティでの運行などで、配膳配達ロボットは屋内外問わず導入されつつある。ROBO-HI (IHZMP) などが主要メーカーとして挙げられるが、楽天やKDDIなども内製開発に取り組んでいる^{文献17、18}。

また、トヨタ自動車のグループ企業であるウーブン・バイ・トヨタは宅配ロボットを開発し、実験都市Woven Cityで館内物流の自動化を試みている^{文献19}。機構としては前述のAMRと似ており、国内メーカーは主に動力にかかわるハードウェア部品の安定調達に強みを持つ。配膳配達ロボットは、実証実験段階のものが多く、近い将来には屋内外問わず人を介さないデリバリーが実現されると考えられる。

国内メーカーが抱える課題としては、製品が中国メーカーより高価であること、また自律走行のプログラムを実装するソフトウェア人材の不足が挙げられる。

5 ヒューマノイドロボット

1970年代から大学や企業内での研究が行われ、2020年代前半から実用段階に移行し、今後の量産体制が目指されている文献²⁰。

国内の現状は、学術研究や大学発スタートアップによってモノの運搬に関する実験が行われている段階である。日本に明確な強みがあるとは言いきれないが、東京大学の情報システム工学研究室や早稲田大学尾形研究室などでは、知能を持った人型ロボットの研究が行われており、将来、ヒューマノイドロボットが発展するための下地は少なからず存在している文献²¹。

中国Unitree社や米テスラなどは、台当たり数百万円の価格での一般販売を目指しており、実現すれば危険な作業を中心に人の作業が置き換わり得る文献^{22, 23}。国内メーカーは、米国メーカーや中国メーカーと比較して開発・導入の面で後れを取っており、またヒューマノイドロボットの知能に関連するAI領域を中心としたソフトウェア人材の不足という課題を抱える。

II ロボティクス技術の広がり

近年、特にAI技術の進化はさまざまな産業に影響を与えている。本章では、前章で説明したロボットの社会実装の現在地を踏まえて、将来的なロボティクス技術の進化についてその世界観を考察する。

1 進化のコンセプト

ロボティクスの進化についてはさまざまな視点があり得るが、本稿では特にロボットの進化を用途と形状に着目する(図1)。

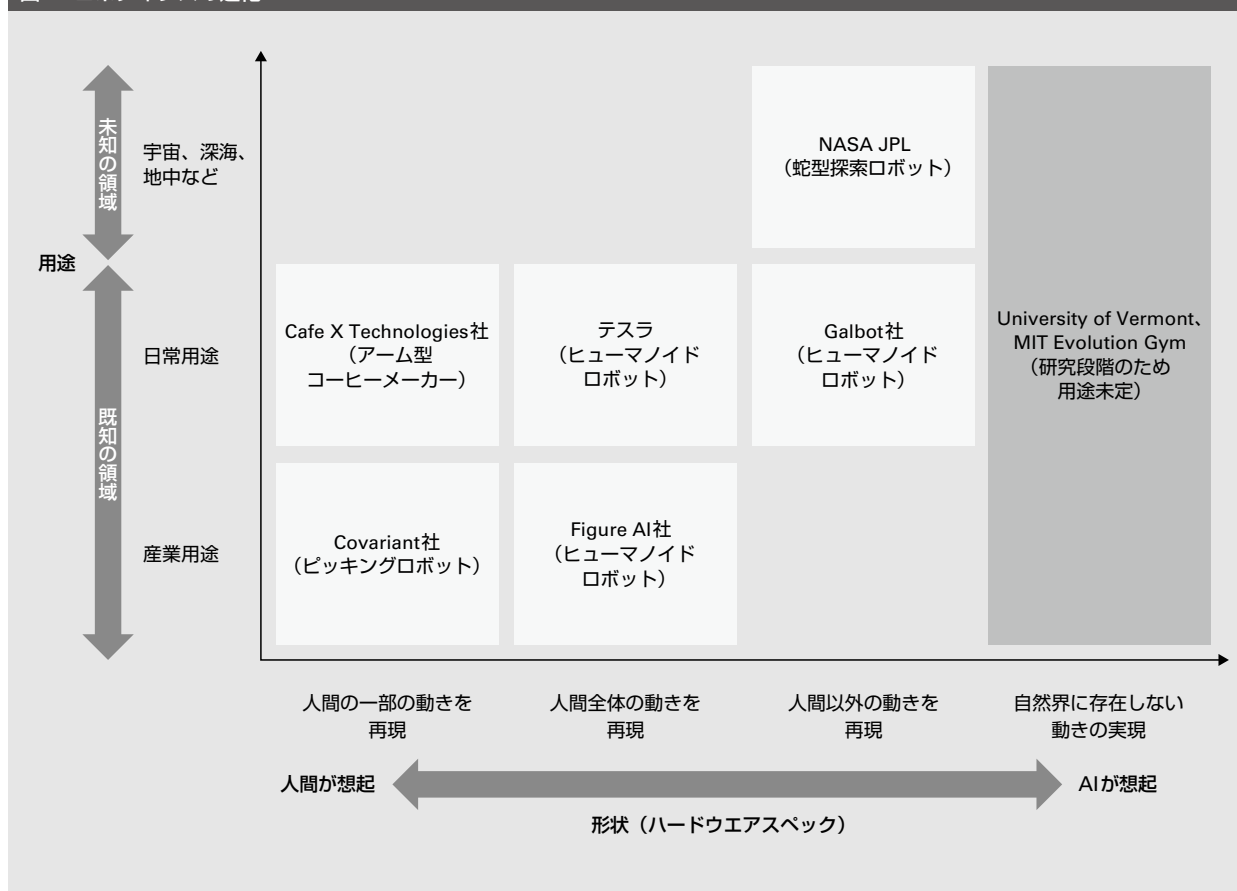
前章で述べたとおり、ロボットは現時点ですでにさまざまな用途に活用されているが、それらを大別すると、既知の領域と未知の領域に分けられる。

既知の領域は、さらに日常用途と産業用途に分類が可能であり、産業用途からの導入が進みつつ、少しずつ日常でのロボット活用も行われている。他方で未知の領域とは、技術的なハードルが存在するためまだ探索段階の領域、すなわち宇宙や深海、地中などでのロボット活用を指す。未知の領域では、温度や圧力といった物理的な制約や、自然を壊さずに探索する難しさなどが存在し、発展の余地が大きい。産業用途だけでなく日常用途へと活用方法が拡大する中で、このような未知の領域への探索での活用も広がっていくことが想定される。

次に、ロボットの形状に視点を移すと、現状では「人間が想起したもの」をベースとした製品が広く普及している。必然的に、人間が認知している、自然界に存在する物理形状を再現するようなものが多い。たとえば、工場で使われているプレス機のようなシンプルな構造のものや、倉庫で使われているピッキングロボットのようなアーム型ロボットは、人が従来から行っていた動作を機械に置き換えて再現している。ヒューマノイドロボットの出現はその最たるもので、人の動作をそのまま置き換えることを目指している。

一方で、ロボットだからこそできる動きの最適化という考え方もあり、二足歩行をロー

図1 ロボティクスの進化



ラーに代替したヒューマノイドロボットなども出てきている。研究開発段階では、AIが考える最適な物理仕様によってロボットを製造するという取り組みも進められており、人間では固定観念に縛られ、なかなか想起できないような形状のロボットが提案されることもある。

2 人間の想像範囲の進化

2030年までは、人間が設計したロボットについて既存の産業用途や日常生活における導入拡大と高度化が進められている。人の動きを再現しているロボットの産業用途では、米Covariant社が倉庫内ピッキングロボットに

汎用AIを搭載し、物流現場での自律的な物品仕分けを実現。従来のロボットよりも柔軟な対応が可能となっている。

また日常に近い用途では、米Cafe X Technologies社がアーム型コーヒーメーカーを開発した。このロボットは、消費者がコーヒーを注文した際にアームが自動でコーヒーを作成し提供するもので、サンフランシスコ空港などでも導入されており、少しずつ普及してきている。さらに、人間全体の動きを再現しているヒューマノイドロボットでは、米Figure AI社がBMW工場での導入を目指し、産業現場での実用化を進めている。

3 人間の想像を超えた進化

2030年以降は、ロボットだからこそできる動きの最適化という考え方に立ったロボット開発が拡大すると思われる。中国Galbot社のヒューマノイドロボットは、二足歩行の部分をローラー型に変更し、より効率的な動きを実現している。

また、人間では探索が難しい宇宙、深海、地中などの未知の領域について、生物を参考にしたロボットの開発も進んでいる。NASAのJet Propulsion Laboratory (JPL) は月や他惑星を探索するための蛇型ロボットを開発している。加えて、University of VermontやMIT Evolution Gymでは、AIによる最適なロボットの形状が提示され、人間には想起できないような形状、仕組みでのロボット設計がされている。

Ⅲ ロボティクス共進化仮説

——人間・組織・社会との 相互作用と技術・経営 トレンドの影響

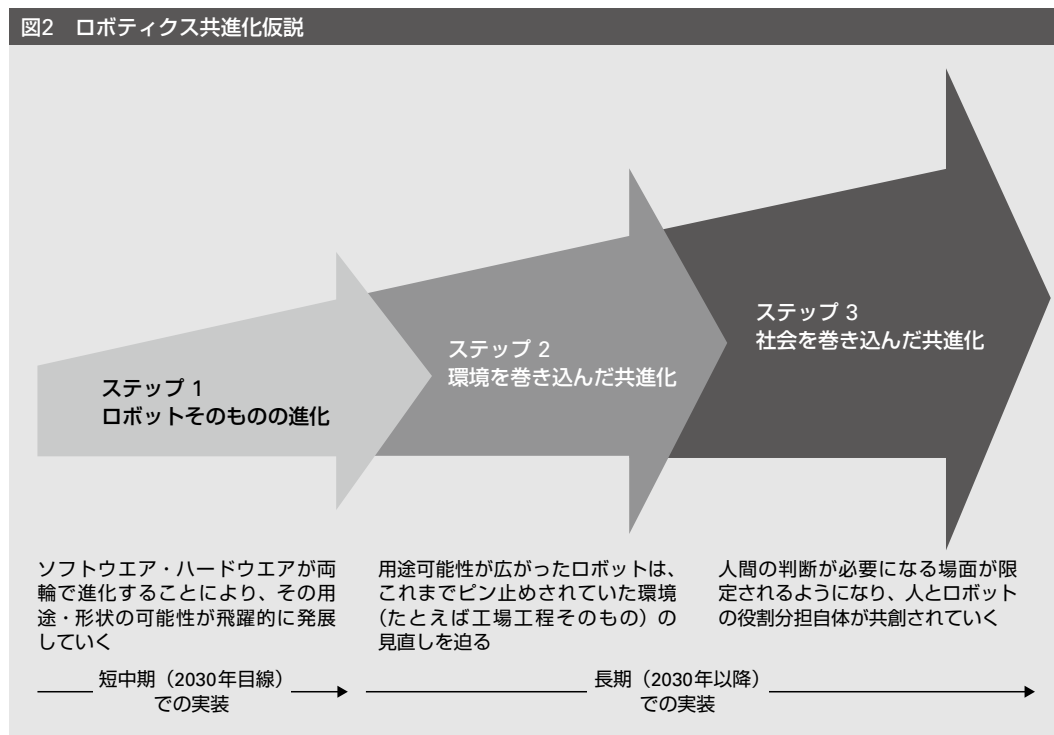
ここまで、各種ロボット実装の現在地と、特にAIが加速する将来的なロボットの用途・形状のあり方について俯瞰してきた。本章では、これらを踏まえてロボットの進化が人や社会に対しどのように相互影響し得るか、つまり人や社会とロボットがどのように共進化し得るかを、特に製造現場における産業用途に着目のうえ、考察する（図2）。

共進化ステップ1

ロボットそのものの進化

前章にて論じたとおり、各種ロボットはAI技術を「てこ」にその用途・形状を拡大

図2 ロボティクス共進化仮説



する方向にある。

まず、短中期（2030年目線）の実装が期待されるフェーズとして、ソフトウェアとハードウェアの相互フィードバックによるロボットそのものの進化が想定される。この段階では、どちらか一方の進化だけでは実用的なブレイクスルーは起こりにくい。ソフトウェアによる高精度な認識・判断が可能になっても、それを実行するハードウェアが未成熟であれば現場適用には至らず、逆もまた然りである。

このため、両者の進化速度次第で、ロボティクス導入の進化スピードが決定づけられるだろう。特に生成AIは、作業手順の高速習得や複数タスクの同時対応を可能にし、カスタムライン対応など、柔軟性が求められる製造業において効果を発揮する。従来は熟練工が担っていた臨機応変な判断が、AI搭載ロボットによって再現され始めており、ライン変更への追従力も飛躍的に向上する可能性がある。また、人間からの曖昧な指示や非定型作業への対応を可能にし、ティーチング不要な汎用的制御や、音声・画像・文字を組み合わせたマルチモーダルな対話による現場調整も視野に入ってきた。これにより、ロボットの現場適応力が格段に高まる。

ただ、そうしてロボットが人の強力なサポーターとなっても、人は従来より少ない労力での工程管理が可能になるにとどまるであろう。これはたとえば、生産工程が初めて自動化された際の環境変化や、より精度の高い複雑な動きができるようになった既存の産業用ロボット導入による人の役割の連続的な変化の一部として捉えるべきと考える。

共進化ステップ2

環境を巻き込んだ共進化

AIの進化は極めて急速で、生成AIのその先といわれるAGIの登場やそれがどのような社会をどのようなスピード感で実現するかについてはさまざまな見方がある。

本稿ではそういった論点については射程外とするが、仮にAIの次の進化段階として、「特定環境下で人が行っていた判断を代替できる」ようになった場合、すなわち、たとえば工場ラインにおいて、従来のロボットが苦手とした非構造的環境での自律判断と作業遂行が可能となる場合、工場内におけるロボットの役割がサポーターからパートナー（協働者）へと変わる可能性を示唆する。具体的には、組立・検査工程といった状況に応じた判断や連携が求められる現場工程でのインパクトが想定される。

また、これに伴い、工場の組織設計もロボットを中核に据えた再構築が進むことになる。人的リソースと機械知能の最適配置、品質・工程管理の自律化、個別ニーズへの適応などが可能となり、工場運営のパラダイムが転換し得る。ここにおいて、人はいわばロボットという自律的な判断能力を獲得した存在へと変容するだろう。

さて、ここで想定される議論として、①このような「進化」により、実際には人は産業現場から排除される方向に行くのではないか、②そもそも現実にはロボットに依存する構造が高まることで人は「退化」するのではないか、の2つが挙げられる。いずれも一定の説得性を持つものの、①については生産性向上に伴う人的資源の移転の範疇として考えるべきである。歴史を振り返れば、「手工

業」という文字どおり、人は100%作業員として雇用されていたが、現代の大規模製造業の工場における自動化率は、たとえば自動車産業だと少なくとも50%は超えている。

また、②については「進化」の捉え方の違いであり、工場現場においてこれまで人が目で見て検査することが視力、体力、注意力を要していたところから、ロボットがそれを代替・指揮する立場になってよりよい結果をもたらしたことを「進化」と捉えるかの差異である。

共進化ステップ3

社会を巻き込んだ共進化

こうした特定の環境下においてロボットの自律的な判断がさらに進化し、ロボットが特定領域にとどまらず社会一般に適用されるよ

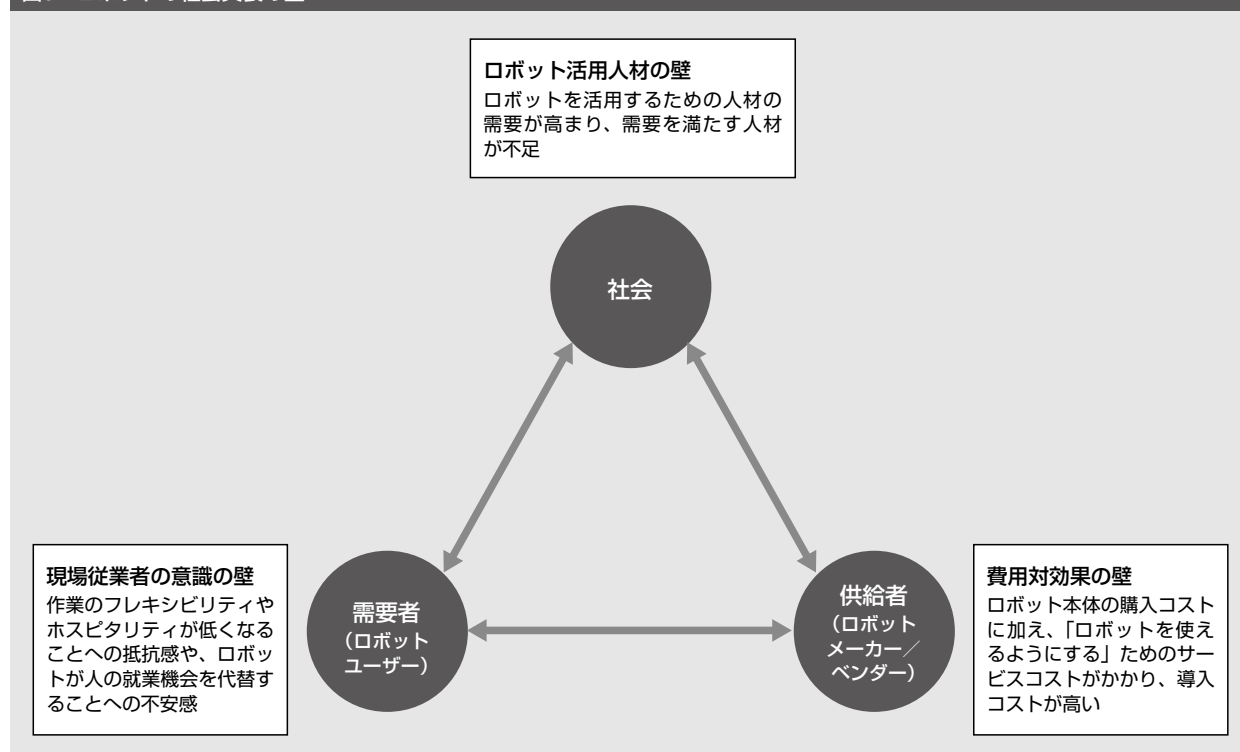
うになり、社会環境を構成する主要素として位置づけられるようになるとすれば、それは人とロボットがどう共存するか、人はロボットに隷属するのではないか、あるいはそもそも人とロボットは区別されるべきなのか、といった議論に拡大することが考えられる。

この点について本稿では詳細に立ち入らないものの、人とロボットが社会を共創するコクリエイター（Co-Creater）となることを期待している。

Ⅳ 社会実装の壁

本章ではロボティクスによる人や社会とロボットの共進化を、少なくとも短中期視点で社会実装する際に想定される障壁とその対応策を、需要者であるロボットユーザー、供給

図3 ロボットの社会実装の壁



者であるロボットメーカー／ベンダー、ロボットサービスを受け入れ、利用する社会の3つの視点から記載する（図3）。

1 現場従業員の意識の壁

需要者であるロボットユーザーの障壁として、人と比べてロボットによる作業のフレキシビリティやホスピタリティが低くなることへの抵抗感や、ロボットが人の就業機会を代替することへの不安感から、ロボットが適応できる作業でも導入が進まないのではという懸念がある。

福岡県北九州市の「介護ロボットの導入状況などに関するアンケート調査（令和6年度）」では、6割以上の介護関連施設が介護ロボットの導入を考えている一方で、気になることとして、「現場の職員が導入に積極的ではない」「今の働き方を変えたくない」という意見が挙がった。また、サービス利用者側からの意見としても、AIを実装したロボットを想定した場合、野村総合研究所（NRI）の「AIと生活に関するアンケート」によると、「AIの精度が信用できない」「トラブルが生じた際の責任の所在が分かりにくい」および「感情や過去の経緯などのニュアンスを汲み取ってほしい」などの理由からAIを利用した介護サービスを許容しにくいという声があった。

ロボットによる作業代替については、世界経済フォーラムの「Future of Jobs Report 2025」で示されているように、ロボットや自動・自律化システムによって従業者数が減少するという推計結果があり、このような将来の見通しがロボットユーザーの導入意欲を消極化させる要因と考えられる。

今後、労働力不足の深刻化が見込まれている中で、ロボットの導入が現場の労働者にとってシフトの柔軟性や労働時間の適正化などの点から働きやすさを高めること、また、ロボットとの適切な作業分担により顧客への提供価値を高める可能性などを伝え、浸透させることで、ロボット導入への不安感・抵抗感の解消を図ることが肝要である。

2 費用対効果の壁

これまでの産業用ロボットの導入コストは、ロボット本体の購入コストより「ロボットを使えるようにするためのサービスコスト」の方が大きいことが多い。この傾向はロボットが行う作業が複雑になるほど強くなる。

たとえば搬送ロボットにおいて、ハンドリングする対象物が定型でつかみやすく、常に同じ場所に精度高く配置される場合には、ロボットを使えるようにするためのロボットティーチングや治具、周辺環境とのチューニングの工数はそれほど多くならない。

一方で、ハンドリングする対象物が不定型だったりやわらかくてつかみにくかったり、つかむ場所もランダムに変動するような場合は、ロボットティーチングや周辺環境とのチューニングの工数が増え、ロボット本体の数倍のサービスコストがかかることもある。

今後はAIを活用したティーチングやチューニングのシミュレーションを繰り返し、現場で最終テストを行えばロボットを使えるようになるといったことが期待されている。また、ロボットが作業結果を踏まえた自己ティーチングや自己チューニングが自律的にできるようになることも期待されるなど、ロボッ

ト導入コストの低減が重要なポイントとなっている。

ただし、ロボット導入が進むに伴い、労働代替への不安から現場従業員の労働意欲が低下し、現場全体としての生産性が高まらない懸念もある。ロボットメーカー／ベンダーは、ロボット導入による現場従業員のメリットを伝える研修プログラムをセットで提供するなどの工夫も必要だろう。

3 ロボット活用人材の壁

ロボットの社会実装は国および企業の国際競争力を高めるうえで不可欠と見込まれるが、ロボットを活用できる人材に対する需要が高まり、そういった人材が不足することも想定される。

ロボットを活用するには、現場でロボットを操作、メンテナンスする業務が新たに発生し、また、ロボットがより高度な作業を行えるようにするためのデータ収集や分析業務の重要性も高まる。世界経済フォーラムの「Future of Jobs Report 2025」では、2025年から2030年にかけて、ロボット活用の高度化に関連するビッグデータスペシャリスト、AI・機械学習スペシャリストの就業者が大きく伸長すると推計されている。

ロボットを活用するための新たなスキルを獲得するには、教育機関や企業が連携して研修プログラムを提供し、雇用の不安定化が見込まれる人材にリスキリングの機会を与え、需要の高いロボット活用業務に円滑にシフトするよう促すことが重要である。また、労働市場を最適化するという観点から、政府・行政が上記取り組みをサポートすることも望まれる。

なお、AIロボット活用に取り組むある自動車部品メーカーの経営者からは、ロボットを機械学習させるための画像データの収集、整理およびそれらを活用した動作プログラム開発は地道で高い精度の求められる作業であり、かつ現場を理解している方がより効率的なプログラム開発ができるため、現場従業員とAI・機械学習開発の親和性が高いという声があった。労働代替の懸念を持つ現場従業員をロボット活用の高度化に貢献するロボットエンジニアにシフトすることで、ロボット導入への抵抗感の払拭につながる可能性がある。

ロボットの社会実装には現場従業員の協力が不可欠である。彼らがロボットを脅威と捉えるのではなく、自己と社会の競争力を高めるためのパートナーと認知するための工夫が特に重要である。

V 未来を創造する 日本企業への提言

本稿では、ロボティクス技術の現在地と今後の進化コンセプト、そして産業用途を中心とした共進化の仮説を提示したうえで、短中期目線での社会実装上の壁について整理した。

日本企業は、特に製造業を中心に、進化を見据えたロボット活用による省人化や生産性向上を目指している。そのためには、ロボット導入の費用対効果を最大限発揮させるための、生産現場におけるノウハウの共有が、まずは企業単位では期待されるとともに、ロボットを強力なサポーターとして捉えたうえで、導入価値を最大化できる人材育成が求め

られるだろう。さらに長期目線では、ロボットの役割は従来にない現場コンセプトを生み出し得るため、新たな用途開発も目指される。

では具体的に、それをどのような構えで実現していくのかについて、今後の課題を提示しておきたい。

AIが進化ドライバーとなるロボティクスにおいて、進化の主要素の一つに学習データがある。学習データには、いわゆる実データとしてリアル空間で収集する方法と、シミュレーションを通したSyntheticデータ（合成データ）を収集する方法がある。

たとえばすでに自動運転領域でWaymoは、自動運転車によるリアルワールド走行データを基に商用化を開始済みである。逆に、Nvidia Omniverse Replicatorは、仮想空間に工場をシミュレートし、その学習データセットを生成する機能を有する。こういったデータが基になり、産業用ロボットの産業全体を前に進めることが可能になる。各企業に別々に導入される産業用ロボットのデータは、それぞれ単独だと当該工場稼働、もしくは一企業単位での量に律速する。しかし、もし企業横断で産業工場の学習データを共有できれば、量的なサポートにより、進化速度の高まりが期待されるだろう。一定の協調領域の範囲を認めるのか、またそれをどの範囲で、どのような形で認めるのかについては、日本の工程競争力そのものにリンクするため、「産」「官」あるいは「学」も交えた検討が求められるのではないかと考える。

参考文献

- 1 Irati Zamalloa, Risto Kojcev, Alejandro Hernández, Iñigo Muguruza, Lander Usategui, Asier

Bilbao, Víctor Mayoral “Dissecting Robotics - historical overview and future perspectives”, 2017

- 2 Bence Márk Szeszák, István Gergely Kerékjártó, László Soltész and Péter Galambos “Industrial Revolutions and Automation : Tracing Economic and Social Transformations of Manufacturing”, 2025
- 3 長谷佳明「AIの技術進化」『知的資産創造』2025年1月号
- 4 Daniel Kokotajlo, Scott Alexander, Thomas Larsen, Eli Lifland, Romeo Dean “AI 2027”, 2025
- 5 小平紀生『産業用ロボット全史——自動化の発展から見る要素技術と生産システムの変遷』日刊工業新聞社、2023年
- 6 International Federation of Roboticsプレスルーム“Record of 4 Million Robots in Factories Worldwide” (2024/ 9 /24)
<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record-of-4-million-robots-working-in-factories-worldwide>
- 7 International Federation of Robotics, “Welcome to the presentation of World Robotics 2024” (2024/ 9)
https://ifr.org/img/worldrobotics/Press_Conference_2024.pdf
- 8 Vecna Robotics, “The Evolution of Automated Guided Vehicles” (2023/ 2 / 8)
<https://www.vecnarobotics.com/resources/evolution-of-automated-guided-vehicles/>
- 9 矢野経済研究所「2023年版 世界AGV／AMR市場の現状と将来展望」2023-08-09
- 10 Frost & Sullivan, “Trends and Opportunities in the Wireless Charging of Industrial Automated Guided Vehicles (AGV)／Autonomous Mobile Robots (AMR)” 2022
- 11 Reuters “RealSense spins out from Intel, secures \$50 million to drive AI vision in robotics” (2025/ 7 /12)
<https://www.reuters.com/business/realsense-spins-out-intel-secures-50-million-drive-ai-vision-robotics-2025-07-11/>

- 12 Chicago Tribune, “Mechanical Advantage Two Northwestern University engineers are developing cobots — machines that, unlike robots, cooperate with workers without displacing them” (1996/12/11)
<https://peshkin.mech.northwestern.edu/cobot/chitrib/jonvan.html>
- 13 Universal Robots, “History of the Cobots - The Cobots from Universal Robot” (2017/11/15)
<https://www.universal-robots.com/news-and-media/news-center/the-history-behind-collaborative-robots-cobots>
- 14 矢野経済研究所プレスリリース「協働ロボット世界市場に関する調査を実施(2024年)」(2024/ 8 / 5)
https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/3591
- 15 The Financial Times, “March of the cobots: the technology lowering the barrier to automation” (2025/ 3 /27)
<https://www.ft.com/content/78c1d4e9-ad30-47f5-ab7b-390df5bc1f10>
- 16 日経クロステック「《日経Robo》中国で急速に普及するレストラン向けサービスロボ、年2万台の量産能力持つ大手Pangolin社、SLAM型投入」(2016/12/10)
<https://xtech.nikkei.com/dm/atcl/mag/15/00141/00067/>
- 17 ROBO-HI「配送ロボ | DeliRo (デリロ)」
<https://www.robo-hi.jp/products/lrb/deliro>
- 18 Precedence Research, “Delivery Robots Market Size, Share and Trends 2024 to 2034” (2025/ 7 /22)
<https://www.precedenceresearch.com/delivery-robots-market>
- 19 Woven by Toyota「Woven Cityでの実証テーマ」
<https://www.woven-city.global/jpn/co-creation/>
- 20 Science, “Humanoid robotics—History, current state of the art, and challenges” (2017/12/20)
<https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.aar4043>
- 21 早稲田大学 “History of Humanoid Robot in Waseda University”
<https://www.humanoid.waseda.ac.jp/history.html>
- 22 TechShare「Unitree G1 2次開発できる小型ヒューマノイドロボット」
<https://techshare.co.jp/product/unitree/g1/>
- 23 テスラ“Optimus - Gen 2 | Tesla” (2023/12/14)
<https://www.youtube.com/watch?v=cpraXaw7dyc>

著者

藤本 起生（ふじもと たけお）

Nomura Research Institute America, Inc. R&C Division Senior Manager, Team Leader of Automotive & manufacturing Group

専門は自動車、建機をはじめとする製造業領域における米欧を中心としたグローバル事業戦略策定、新規事業開発、協業支援など

齋藤 貴成（さいとう たかしげ）

野村総合研究所（NRI）グローバル製造業コンサルティング部 シニアプリンシパル

専門は自動車・産業材領域での経営改革、事業戦略・事業計画策定、バリューチェーン領域の新ビジネスモデル構築およびDXを含む実行支援など

清水 悠花（しみず ゆうか）

Nomura Research Institute America, Inc. R&C Division Senior Consultant

専門は新規事業開発、スタートアップ連携、デザイン思考、シリコンバレーを活用したイノベーション活動の推進など

大田 航起（おおた こうき）

野村総合研究所（NRI）グローバル製造業コンサルティング部 シニアコンサルタント

専門は自動車・産業材領域での経営改革・事業戦略・事業計画策定、ロボティクス領域での新規事業開発や技術調査など