

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

| | |
|----------------------------------|--|
| 論題 Title | 第5章 未来展望と課題 |
| 他言語論題 Title in other language | Chapter 5 Future Prospects and Challenges |
| 著者 / 所属 Author(s) | 早川 智彦 (HAYAKAWA Tomohiko) / 東京理科大学研究 推進機構総合研究院准教授 |
| 書名 Title of Book | AI時代のロボティクス 科学技術に関する調査プロジェクト 報告書 |
| シリーズ Series | 調査資料 2025-6 (Research Materials 2025-6) |
| 編集 Editor | 国立国会図書館 調査及び立法考査局 |
| 発行 Publisher | 国立国会図書館 |
| 刊行日 Issue Date | 2026-3-17 |
| ページ Pages | 75-86 |
| ISBN | 978-4-87582-954-6 |
| 本文の言語 Language | 日本語 (Japanese) |
| 摘要 Abstract | 前章までの分析を受け、AI時代におけるロボット技術の将来像と、今後検討すべき課題について展望的に論じる。 |

* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

第5章 未来展望と課題

【要旨】

本報告書の第1章から第4章まで、AI技術とロボティクスの発展過程、実用化の現状、並びに労働や制度を含む社会との関係について整理してきた。これらの分析を受け、第5章では、AI時代におけるロボット技術の将来像と、今後検討すべき課題について展望的に論じる。近年、大規模言語モデルやマルチモーダルAIの進展により、ロボットは特定用途に限定された装置から、環境に応じて学習・適応する汎用的な知能システムへと変化しつつある。本章は、こうした技術動向を踏まえ、AIロボットがもたらす中長期的な変化を整理することを目的とする。

Iでは、汎用人工知能（AGI）とロボティクスの関係に着眼し、基盤モデルやエンボディドインテリジェンスに関する研究動向を概観する。知覚・言語・行動を統合した知能モデルの登場により、ロボットの自律性や汎用性がどのように拡張されつつあるかを整理する。

IIでは、AIロボットの高度化が人間との関係性に与える影響を検討する。人間とロボットを固定的な役割に位置付けるのではなく、相互に適応しながら役割が変化していく「共進化」という観点から、協働の在り方や人間の関与の位置付けを論じる。

IIIでは、AIロボットの発展によって生じる新たな価値創造の可能性を整理する。産業分野における生産性向上に加え、生活支援や社会インフラの高度化などへの波及を示すとともに、実装・普及の過程で顕在化する課題を整理する。

IVでは、AIロボットの直近課題（安全規制・責任、透明性・倫理、国際競争力、通信・データ基盤）を整理し、産学官連携、人材育成、実証実験支援、法制度整備、産業振興・国際協力、国民の理解を促す活動を政策オプションとして示す。

以上を通じて、本章は、第4章までの分析を踏まえた課題及び将来展望として、AI時代のロボット技術の方向性を俯瞰（ふかん）的に整理する。

I 汎用人工知能（AGI）とロボティクスの未来

1 AGIの定義と基本概念

汎用人工知能（Artificial General Intelligence: AGI）とは、特定の領域に限定されない人間並みの知的能力をコンピュータシステムで実現しようとする究極的なAI像である。第2章で述べたように、近年の深層学習等の進展によりAIは画像・音声認識など特定領域で人間を超える成果を上げており、ロボットへの知能搭載は急速に進んでいる。従来のAIが特化型（狭義AI）であり個別タスクに特化して高度な性能を発揮するのに対し、AGIは人間のように多様な領域で学習・推論し適応できる知能を目指す⁽¹⁾。真のAGIが実現すれば、アルゴリズムごとに最適化されたタスク専用システムから脱却し、人間の認知能力全般を模倣する汎用的なシステムへの転換が起こる。それは社会・経済に計り知れない変革をもたらすと考えられており、科学技術から産業、日常生活に至る広範な分野で破壊的イノベーションが起こり得る。例えば、AGIが実現すればバイオ医薬品の研究開発、ナノテクノロジー、新エネルギー、教育などの分野で人類の能力が飛躍的に拡張されることが期待される。さらに、AGIが自らを改良・進化させる能力を獲得することで、やがて人間の知性を凌駕（りょうが）する人工超知能（Artificial

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は2026（令和8）年2月12日である。

(1) Raghu Raman et al., "Navigating artificial general intelligence development: societal, technological, ethical, and brain-inspired pathways," *Scientific Reports*, 15(1): 8443, 2025. <<https://doi.org/10.1038/s41598-025-92190-7>>

Superintelligence: ASI) へと至る可能性が指摘されている⁽²⁾。このような「知能の爆発」が起これば、AIが人間の制御を超えて更に強力なAIを設計・構築するという加速度的な進化が始まるとされる。

2 AGI 実現がもたらす影響と不確実性

AGIは人間並みの知能を持つ人工知能、ASIはそれを超越した超知能であり、後者は前者の延長線上にある進化形と位置付けられる。こうした技術がもたらす影響は、制御可能性の確保、意思決定の透明性、責任主体の所在、既存の法制度との整合性、並びに安全保障や社会秩序への影響といった観点から、倫理的・法的規範や人類の存続に関わる深刻なリスクも内包すると指摘されている⁽³⁾。つまり、AGIとASIは人類文明の行方を根本から変えるポテンシャルを持つが、その制御や社会との共存には未曾有の課題が伴うと考えられる。

AGIの実現時期については専門家の見解も様々である。AI研究者や実務者を対象とした複数の調査では、2040～2060年前後に50%の確率でAGIが達成されるとの予測が多く、ASIについてもその数十年後には現れる可能性が指摘されているとする報告がある⁽⁴⁾。その根拠の一つとして、AI研究者への大規模調査⁽⁵⁾では「2060年までに高水準の機械知能（人間が行うほぼ全てのタスクで人間を上回る機械知能）に到達する確率の中央値が50%」と見積もられた。こうした調査結果を整理した分析では、近年の大規模言語モデル（Large Language Models: LLM）の急速な進歩を受けて、より早期の2030年代前半にAGIが出現すると強く予想する向きもある。対照的に、AI分野の権威の中には「現行の手法の延長線だけではAGIには到達しない」と考える者もおり、さらには「AGIは決して実現しない」との見解を示す専門家も存在する⁽⁶⁾。すなわち、AGIの到来時期や実現の可否については現時点で大きな不確実性が残っている。技術的ブレイクスルーのタイミング次第で予測は容易に覆り得るため、幅広いシナリオに備える必要がある。

3 AGI を実現する技術的アプローチ

AGI実現に向けた技術的アプローチも一様ではない。近年は大規模データと深層学習の発展により、生成AI（Generative AI）を含む強力なモデルが登場しつつあるが、現状の生成モデルには論理推論能力や真の汎用性の欠如といった限界も指摘されている⁽⁷⁾。例えば敵対的生成ネットワーク（GAN）⁽⁸⁾はデータ生成やパターン認識で威力を発揮する一方、内在的な推論能力や未知状況への一般化に乏しく、バイアスの混入など倫理面の課題も抱える。

また、生物の進化原理を模倣した「進化的アルゴリズム（Evolutionary Algorithm）」もAGI研究における重要なアプローチの一つである。これは、遺伝的交叉（こうさ）や突然変異といった操作を繰り返しながら、より良い解を世代的に探索する最適化手法であり、複雑で非線形な

(2) *ibid.*

(3) Nick Bostrom, *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*, Oxford: Oxford University Press, 2014.

(4) Cem Dilmegani with Sila Ermut, “AGI/Singularity: 9,300 Predictions Analyzed,” updated on Feb 8, 2026. AIMultiple website <<https://research.aimultiple.com/artificial-general-intelligence-singularity-timing/>>

(5) Katja Grace et al., “When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts,” *Journal of Artificial Intelligence Research*, Vol.62, 2018, pp.729–754. <<https://doi.org/10.1613/jair.1.11222>>

(6) Yann LeCun, “A Path Towards Autonomous Machine Intelligence,” 27 06 2022. <<https://openreview.net/pdf?id=BZ5alr-kVsf>>

(7) Raghu Raman et al., *op.cit.*(1)

(8) Generative Adversarial Network. 生成器と識別器を対抗的に学習させ、実データに近いデータを生成する深層学習手法。

問題に対して柔軟な探索能力を発揮する。近年では深層学習や強化学習と組み合わせた「進化的強化学習 (Evolved Reinforcement Learning)」などのハイブリッド手法も登場しており、創発的な知能獲得を目指す研究が進展している。このため、深層学習一辺倒のアプローチに異議を唱え、記号推論と統計的学習を組み合わせたニューロシンボリックAI、人間の脳原理に学んだニューロモーフィック・コンピューティング、進化的アルゴリズムなどの多様な手法を統合する、ハイブリッド型 AI への期待が高まっている。実際、「単一のパラダイムに依存せず多角的に AGI を探求すべき」との主張が研究コミュニティで広がりつつあり、深層学習に象徴されるデータ駆動型 AI と、象徴的推論や因果推論など人間らしい知能の側面を補完するアプローチとの融合が模索されている。

その中で特に注目される概念の一つが「身体性を備えた知能 (Embodied Intelligence)」である。人間の認知は身体を通じた環境との相互作用に支えられているとの認識から、AI においても、単なるソフトウェアとしての知能ではなく、センサやアクチュエータなどを備えた物理的な身体を持つことが汎用知能獲得に有益との仮説が提唱されている⁽⁹⁾。すなわち、ロボットのセンサ・モーター系と AI を統合し、現実世界での試行錯誤や経験に基づく学習を行わせることで、より堅牢で適応的な汎用知能に近づけるというアプローチである。この考え方に沿い、近年では LLM の認知能力をロボットに組み込み、長いタスクを不確実な環境下で遂行可能にする試みも現れた。GPT-4 などの LLM に知識ベース検索やセンサーフィードバックを組み合わせ、調理や家事のような複雑タスクをロボットが実演できることが示されている。こうした成果は、ロボティクスの高度化と AI 知能の汎用化が相互にブレイクスルーを促す可能性を示唆しており、AGI 開発においてロボットという物理的プラットフォームが果たす役割に改めて注目が集まっている。

4 AGI とロボティクスの融合

AGI のロボティクスへの応用可能性も見逃せないポイントである。今日のロボットは多くが特定の作業に最適化された専用機であり、未知の環境や新しいタスクへの対応力は限定的である。しかし、将来的に AGI レベルの知能を備えたロボットが実現すれば、自律判断と学習能力によって人間と同等、あるいはそれ以上に多様な仕事をこなす「汎用ロボット」が登場する可能性がある。例えば、一台の人型ロボットが家庭内で料理・掃除・介護から屋外での配送・警備まで状況に応じて臨機応変に役割を変えられるようになるかもしれない。創造性や社会的知性も併せ持てば、ロボットが単に肉体労働の代替にとどまらず高度専門職や意思決定支援まで担う未来も想像される。SF 的な構想ではあるが、技術進展次第では「人格」を備え人間と対話・協働できるロボットの実現も全く不可能ではない。汎用知能を持つロボットは経済的潜在力が極めて大きい一方で、人間との主従関係や安全確保など倫理・法的課題の新次元をもたらすことにもなる。後述するように、そうしたロボットと人間が共存する社会では、法体系や価値観の再構築を迫られる可能性が高い。

以上のように、AGI の未来像は輝かしい可能性と深刻なリスクの両面をはらんでいる。メリットを最大化しデメリットを回避するため、今から慎重な議論と準備が必要である。技術面

(9) Ruaridh Mon-Williams et al., “Embodied large language models enable robots to complete complex tasks in unpredictable environments,” *Nature Machine Intelligence*, Vol.7, 2025, pp.592-601. <<https://doi.org/10.1038/s42256-025-01005-x>>

では安全で説明可能なAI (Explainable AI) の開発や、価値観に適合した目標を設定するAIアライメント (Alignment) 研究が不可欠とされる。AGIが人間社会に与える影響は計り知れず、その社会実装には厳格なガバナンスと国際協調が求められる。具体的には、透明性確保や不測の事態への備えを盛り込んだ規制枠組みを整えるとともに、軍事・安全保障への悪用を防ぐ国際的な監視体制が不可欠となろう。特にAGIが人間の労働を大規模に代替する事態に備え、労働市場の転換への戦略 (再教育・職業転換支援など) や社会保障制度の強化も視野に入れる必要がある。総じて、AGIとロボティクスの未来像は一種の「技術的特異点 (シンギュラリティ)」とも言える急激な局面転換を含意している。このシンギュラリティは、AGIやASIが自律的に進化し、人間の知性を超越することによって、社会・経済・倫理のあらゆる前提が根本的に変容する可能性を指す概念である⁽¹⁰⁾。それを人類にとって望ましい方向へ導くためには、技術・政策・倫理の各側面で先見のかつ包括的な対策を講じていくことが重要である。

II AI時代のロボットと人間の共進化

AIとロボットの融合が進む時代において、ロボットと人間の関係は静的な主従ではなく動的な共進化的プロセスになるとの見方が強まっている。共進化とは、環境変化の中で異なる種 (ここでは人間とロボット) が相互に影響を与えつつ適応・進化していく過程を指す⁽¹¹⁾。ロボット技術が人間社会に変革をもたらす一方、人間側もロボットとの共生を通じて社会構造や行動様式、価値観を変容させていくと予想される。以下では、労働や生活の現場で進む人間とロボットの協調関係、相互作用が両者にもたらす進化、そして共存に際して浮上する課題を論じる。

1 労働と生活における人間とロボットの相互適応

まず労働分野では、人間とロボットが協働するハイブリッドな職場が広がりつつある。製造業では従来、人とロボットは分離された空間でそれぞれ作業するのが一般的であったが、近年はセンサや安全技術の進歩により協働ロボット (コボット) が人間作業者と隣り合って働けるようになってきた。こうした現場ではロボットが力仕事や精密作業を担当し、人間が創意工夫や品質判断を行うなど役割分担が生まれている。ロボットとチームを組むことで人間の生産性は向上し、労働環境の安全性も高まる (危険作業はロボットに任せることで事故リスクを低減)⁽¹²⁾。第4章で述べたように、人間はロボットに指示を与え結果を確認するスーパーバイザーや、複数のロボットを管理するオペレータへと役割が変化しつつある。これは人間労働者に高度なITスキルやロボット操作技能が求められることを意味し、労働力のスキル再編が進む兆候でもある。また、ロボット導入により単純作業が自動化される一方で、人間にはロボットでは困難な創造的業務や対人サービスへのシフトが期待される。すなわち、人間とロボットがそれぞれの強みをいかして協調することで、生産現場のみならず介護・医療・教育など幅広い領域で新たな価値創出が可能になる。

(10) Ray Kurzweil, *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*, New York: Viking, 2005.

(11) 一般的に共進化 (co-evolution) とは、異なる生物同士が互いに影響しながら進化すること。例えば、花は蜂を引き寄せる形や色に進化し、蜂は蜜を得るために花に適応してきた。こうした相互依存的な進化の例が自然界に多数存在する。

(12) Clas Neumann, "Humanoid Robots Offer Both Disruption and Promise. Here's Why," Jun 16, 2025. World Economic Forum website <<https://www.weforum.org/stories/2025/06/humanoid-robots-offer-disruption-and-promise/>>

社会生活の面でも、ロボットと人間の関係は相互適応的に変わりゆく。高齢者の生活支援ロボットや家庭用サービスロボットが普及すれば、人々の生活スタイルや住環境の設計もロボット前提に変化していく可能性がある。日本では介護人材の不足に対応するため政府が2010年代から介護ロボットの開発・導入を推進し、補助金制度を通じて施設への導入が進められた。結果、2016年時点で全介護施設の約15%が何らかのロボットを活用していたとの報告もある⁽¹³⁾。このようにロボットが日常環境に組み込まれることで、人間側の行動様式や意識にも変化が生じる。例えば、住居設計がロボットの移動を考慮したバリアフリー構造に改良されたりするなど、人間側もロボットと暮らす前提で行動様式を変えていくと考えられる。一方、ロボット開発も人間側のニーズやフィードバックを受けて進化する。例えば介護ロボット開発者は現場の介護士から意見を収集し、「もっと扱いやすく安心感を与えるデザイン」に改良するなど、人間の要求に適応した形でロボットが進化している。こうした相互適応のサイクルこそが、人間とロボットの共進化を支える原動力である。

2 信頼と教育を通じた人間側の適応

共進化の視点で重要なのは、人間の心的要因とロボットの社会的役割の両立である。ロボットが社会に入り込むほど、人々の受容 (acceptance) や信頼 (trust) の問題が顕在化する。高度に知能化したロボットであっても、人間がそれを信頼しなければ協働は円滑に進まない。近年の人間とAIのインタラクション研究では、ロボットの透明性 (なぜその行動をとるかの説明) や共感的な応対が人間の信頼を高める鍵と指摘されている⁽¹⁴⁾。具体例として、研究ではロボットがタスク遂行前に人間に対して「これから〇〇をします」と約束を述べることで、人間側の信頼度が向上するという結果も報告されている。ただし人間に極めて近い外見・言動を持つロボットの場合、不気味の谷現象⁽¹⁵⁾による警戒心もあり得るためバランスが必要である。

そのためロボット設計者はハード面の安全対策と並行して、倫理的・心理的に好ましい振る舞いをロボットに組み込むことが求められる。また、教育現場や家庭でロボットと接する機会を通じ、小さい頃からロボットと触れ合い、使いこなす能力を育むことも、人材育成上重要になるだろう。将来的には「ロボットリテラシー」が読み書きと同様に基本素養になるとの見方もある⁽¹⁶⁾。

3 共進化に伴う倫理的・社会的課題

第2章で触れたように、内閣府のムーンショット型研究開発計画では「2050年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現」⁽¹⁷⁾するという目

(13) Karen Eggleston and others, *The Impact of Robots on Nursing Home Care in Japan* (2021). Stanford University website <<https://aparc.fsi.stanford.edu/research/impact-robots-nursing-home-care-japan>>

(14) Peter A. Hancock et al., "A Meta-Analysis of Factors Affecting Trust in Human-Robot Interaction," *Human Factors*, 53(5), 2011, pp.517-527.

(15) 不気味の谷現象 (uncanny valley) とは、ロボットやCGキャラクターなどの外見が人間に近づくほど親しみを感じるが、ある閾値を超えて「ほぼ人間」に見えると、逆に強い違和感や嫌悪感を抱くという心理的反応のこと。1970年にロボット工学者・森政弘が提唱した概念。

(16) 須藤秀紹・坂本牧葉「ロボットリテラシー～家庭用ロボットとの共生に備えて～」『Proceedings of HAI 2013: The First International Conference on Human-Agent Interaction』2013, pp.180-189.

(17) 「ムーンショット目標3 2050年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現」内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/sub3.html>>

標が掲げられており（図1）、その過程で人間とAIロボットが共進化し、人間と調和的に関係を築く未来像が示されている。そこでは主にAIとロボットの機能的進化と社会実装に重点が置かれているが、本章ではこの国家的ビジョンを踏まえつつ、より長期的な視野から、人間の在り方そのものが変容していく可能性を含む「人間とロボットの共進化」の未来像を検討している。

もっとも、人間とロボットの共進化には解決すべき多くの課題が存在する。まず倫理と法規範の問題である。人間とロボットが協働・共生する社会では、ロボットの行動に対する責任主体や法的地位をどう定義するかという難問が生じる。自動運転車が事故を起こした場合に責任は誰が負うのか、AIロボットが医療判断を誤ったら誰に法的責任があるのか、といった問いである⁽¹⁸⁾。第4章で述べたように、将来的にロボットに一定の法的人格を認めるか（電子人格の概念）についてもEU議会などで議論が始まっている。また、人間とロボットの関係性が深まるにつれ、人がロボットに依存し過ぎた場合の心理的影響（孤独感の緩和か悪化か等）や、人間同士の関係に与える影響も慎重に見極める必要がある。労働市場においては雇用の喪失と創出が同時に起こるため、社会全体としてその痛みをどう緩和し利益をどう分配するかという政策的課題も避けられない。極論すれば、人間より多数の高度AIロボットが存在する未来では、人類が全体としてマイノリティとなり得るとの指摘もある⁽¹⁹⁾。そうした潜在的リスクを防ぎ、人間とロボットの平和的共存を図るためには、民主的な手続による合意形成やガバナンス体制の整備が不可欠であろう。

図1 ムーンショット目標3が描く人とAIロボットの共進化ビジョン



（出典）「ムーンショット目標3 2050年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現」内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/sub3.html>>

(18) 「2025年に向けたロボット倫理と法規制：各国の最新動向と企業が今取り組むべき課題」2024.9.21. Reinforz Insight ウェブサイト <<https://reinforz.co.jp/bizmedia/58253/>>

(19) Nick Bostrom, *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*, Oxford: Oxford University Press, 2014.

Ⅲ AIロボットの発展による新たな価値創造

1 経済的価値の創出と新しい産業

AIとロボットの融合が本格化するにつれ、経済・社会において新たな価値創造の機会が飛躍的に拡大すると期待されている。本節では、AIロボットの発展がもたらす具体的な価値（経済的価値・社会的価値）の創出、及びそれらを実現するための条件と課題について論じる。

まず経済的側面では、AI搭載ロボット産業自体の巨大な市場成長が見込まれる。近年の分析によれば、人間の形態を持ち、汎用性の高いヒューマノイドは今後数十年で極めて大きな需要を喚起し得るといえる。モルガン・スタンレー社の予測では、2050年までに世界のヒューマノイド市場規模は5兆ドルを超える可能性がある⁽²⁰⁾。これはロボット本体の販売だけでなく、関連する部品供給・保守サービスなど周辺産業全体を含んだ試算であり、2050年には世界中で約10億体のヒューマノイドが稼働しているとの想定に基づく。現状は研究開発段階にあるヒューマノイドも、2030年代後半には技術成熟と規制整備に伴い普及が加速すると予測されている。さらにこの市場競争では、政府支援を背景に開発を急ぐ中国が現時点で先行しているとの指摘もある。実際、中国は国家戦略としてロボット産業振興を掲げており、多額の投資と政策的後押しによって関連特許数などで世界をリードしつつある。他方、米国・EU・日本企業も最新のAI技術を組み込んだヒューマノイド試作機（例：テスラ社「Optimus」、フィギュアAI社「Figure 01」、トヨタ自動車株式会社「T-HR3」など）を相次いで発表し、2030年代には各社から実用モデルが登場、2040年前後には世界各国で数十億体規模のロボットが人間社会で活動するとの見通しもある⁽²¹⁾。その用途は製造業や物流のみならず、医療介護、建設、農業、家庭内サービス、警備、防災対応など極めて多岐にわたり、現代の産業用ロボットでは対応できない“非定型的”な仕事にも広がると期待される。ゆえに、AIロボットの発展は単一産業の枠を超え、次の技術革命（第4次産業革命）の中核として世界経済全体に新たな成長エンジンを提供し得る。

2 暮らしや社会への貢献

次に、AIロボットは新たな価値創造を通じて社会的課題の解決にも大きく貢献し得る。こうした共進化の具体像が、高齢化社会への対応である。先進各国、とりわけ日本のように高齢化率の高い国では、介護や医療の担い手不足が深刻化している。AIロボットはこの分野で人間を支援・代替することで福祉の質を維持向上させることが期待される。例えば介護現場では、移乗（利用者をベッドや車椅子など異なる場所へ安全に移す介助のこと）を行うロボットスーツ⁽²²⁾や見守り対話機能を備えた介護ロボットが実用化されており⁽²³⁾、人手不足緩和や高齢者の自立支援に寄与している。また遠隔操作型のロボットを用いて、身体の不自由な人が自宅からロボットを介し接客業務を行う実証実験なども行われている（分身ロボット「OriHime」

(20) “Humanoids: A \$5 Trillion Market,” May 14, 2025. Morgan Stanley website <<https://www.morganstanley.com/insights/articles/humanoid-robot-market-5-trillion-by-2050>>

(21) Neumann, *op.cit.*(12)

(22) 「意思を読み取り自立動作をサポート 福祉の現場で期待を集めるロボットスーツ HAL®」新エネルギー・産業技術総合開発機構ウェブサイト <<https://www.nedo.go.jp/media/practical-realization/201012cyberdyne.html>>

(23) 「介護向け人型ロボット Pepper（ペッパー）」ソフトバンクロボティクス株式会社ウェブサイト <<https://www.softbankrobotics.com/jp/product/pepper/caregiver/>>

を用いたカフェの事例⁽²⁴⁾など)。こうした技術は、高齢者や障害者が社会参加する新たな機会を創出し、包摂的な社会づくりに貢献する。教育分野でもAIロボットは個別最適化学習の実現に資する。対話型AIロボットが児童・生徒一人ひとりのペースに合わせてティーチングアシスタント役を果たすことで、きめ細かな学習支援や教師の負担軽減が可能になると期待される⁽²⁵⁾。さらに、インフラ・環境分野では危険作業や災害対応での価値が大きい。災害現場のレスキューロボットや老朽インフラ点検の自律ドローン、原発事故等の高放射線環境で作業する遠隔ロボットなど、AIの判断力とロボットの機動力を組み合わせることで人命を守り社会の安全性を高める取組が進んでいる⁽²⁶⁾。農業ではAIロボットが省力・高精度のスマート農業を実現し、農作業の省力化や収量最大化に貢献する。例えば画像認識AIで果実の成熟度を判別して自動収穫するロボットや、無人トラクターの隊列走行などが既に実用段階に入っている⁽²⁷⁾。これらは食料生産の効率化と持続可能性向上という価値を生み出している。ほかにも、物流倉庫におけるピッキングロボットや自動配送ロボットの導入で流通効率が飛躍的に向上し、消費者にとっては低コスト・迅速なサービス享受という価値が提供される。総じて、AIロボットは人類が直面する課題（高齢化、労働力不足、環境問題、安全保障等）に対し新たなソリューションを提供し、社会的価値を創造するポテンシャルを持つ。

加えて、知の創造という観点でもAIロボットの寄与が期待される。AIとロボットを組み合わせることで、これまで人間だけでは成し得なかった新たな科学的発見やイノベーションが生み出される可能性がある。例えばイギリスのケンブリッジ大学では、「ロボット科学者 Adam」が自律的に科学実験の仮説立案から実験実施、結果解析までを自動で行い、酵母ゲノムに関する新しい知見を発見した⁽²⁸⁾。これは世界初の「機械が独力で新知識を発見した」事例として注目され、今後こうした自律的研究ロボットが化学・生物学など様々な分野で研究を加速させると期待されている。

また、こうしたAI・ロボットについては、科学研究のプロセスを仮説立案、実験・シミュレーション、データ分析、論文執筆、研究評価といった段階に分け、各段階におけるAI利用の可能性と課題を整理する見解が示されている⁽²⁹⁾。仮説立案では、人間の認知バイアスや探索能力の限界を補完し得る点が指摘されており、また、実験・シミュレーションやデータ分析の段階においても、AIロボットの活用が研究の高効率化や再現性向上に資する可能性があると考えられている。

これらの議論は、AIロボットの活用が個別事例にとどまらず、研究全体の進め方に影響を与え得ることを示している。AIロボットが24時間休みなく膨大な実験をこなすことで、人類がこれまで膨大な時間を要した探索プロセスが飛躍的に効率化され、新薬候補の発見や材料開発などでイノベーションのスピードが劇的に上がる可能性がある。また、宇宙・深海といった

(24) 「分身ロボットカフェ DAWN ver.β」オリエント研究所ウェブサイト <<https://orylab.com/product/dawn2021/>>

(25) 「DXハイスクール採択校向け Pepper for Education、今年度8校で導入」2025.7.3. ソフトバンクロボティクス株式会社ウェブサイト <<https://www.softbankrobotics.com/jp/news/press/20250703a/>>

(26) 「国土交通省のドローン活用事例」（第4回行政ニーズに対応した汎用性の高いドローンの利活用等に係る技術検討会 資料3）2022.8.30. 国土交通省ウェブサイト <<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/gijyutu/content/001510876.pdf>>

(27) 「2025 AI搭載自動収穫ロボットQ」2025.10.30. AGRIST株式会社ウェブサイト <<https://agrist.com/archives/12411>>

(28) “Robot Scientist Becomes First Machine to Discover New Scientific Knowledge,” 02 Apr 2009. University of Cambridge website <<https://www.cam.ac.uk/research/news/robot-scientist-becomes-first-machine-to-discover-new-scientific-knowledge>>

(29) 中村真也「科学研究とAI—サイエンスはどう変わるのか—」『レファレンス』898号, 2025.10, pp.82-86. <<https://doi.org/10.11501/14494126>>

人間に過酷なフロンティアでも、AIロボット探査機が自律的にミッションを遂行し新発見をもたらすだろう。これらは直接的な経済価値というより人類の知的財産としての価値だが、長期的には新産業の種となり得る重要な創造である。

3 安心して使うための制度的・倫理的課題

もっとも、AIロボットによる価値創造の恩恵を社会全体にもたらすには超えるべきハードルも多い。まず、技術格差・適用格差の問題がある。高度なAIロボットを利用できるのは当初は先進企業や一部富裕層に限られ、普及には時間がかかる。結果として、生産性向上の恩恵が一部に偏在し経済格差が拡大する懸念がある。特に労働代替により恩恵を受ける資本家層と、職を失う労働者層との間で所得分配の不均衡が生じれば社会不安要因となる。このため、ロボット導入による利益の一部を再分配し社会保障に充てる仕組み（いわゆる「ロボット税」やベーシックインカム財源など）の検討も行われている。実際、AIやロボットによる自動化が進む将来に備え、一部の経済学者や政策立案者はロボット税の導入を提案している⁽³⁰⁾。それは「自律型ロボットを活用する企業に課税し、その税収を労働者の再教育や社会福祉に充てる」というもので、技術進歩の恩恵を広く共有し不平等を是正する狙いがある。また、ロボット税の有効な実施にはロボットに対する法的定義付けや国際協調が必要とも議論されている⁽³¹⁾。このように、テクノロジー起因の価値創造が社会全体の福祉向上につながるよう制度設計を整えることが不可欠である。

次に倫理・安全性・法規制の整備も、新規価値を安心して享受する前提条件となる。本章で述べたようなロボットの意思決定に関する責任問題や、安全な運用ガイドライン策定は急務である。第4章で述べたように、EUは2024年6月に包括的なAI規制法「AI Act」⁽³²⁾を正式に採択し、同法は同年8月1日に発効した。施行は段階的に行われ、禁止事項、高リスクAIシステムに関する規制が順次施行され、2027年8月までに全面施行される予定である⁽³³⁾。この中では人間の価値観や基本的人権を侵害し得るAI（社会的スコアリングや差別的アルゴリズム等）を「許容できないリスク（禁止事項）」として全面禁止し、労働・教育・法執行など人々の生活に重大な影響を与える用途のAIを「高リスク」として厳格な要求事項（透明性・説明責任・人間の介在など）の下でのみ許可する方針が示されている。このような規制はロボットにも適用され、特に人間と関わるサービスロボットや自律走行車などには高水準の安全基準が課される見通しである。他方、米国では連邦レベルの包括AI法は未整備だが、州法や政府機関ガイドラインによる断片的対応が進んでいる。例えばカリフォルニア州の消費者プライバシー法（CCPA）⁽³⁴⁾はAIによる個人データ利用にも規制を及ぼし、連邦取引委員会（FTC）はAIの不正

(30) 鎌倉治子「AI・ロボットへの課税をめぐる議論」『レファレンス』879号, 2024.3, pp.31-58. <<https://doi.org/10.11501/13380287>>

(31) Committee on Legal Affairs, “Report with Recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics (2015 2103(INL)),” 2017.1.27. <https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0005_EN.pdf>

(32) “AI Act.” European Commission website <<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>>

(33) “Timeline for the Implementation of the EU AI Act.” European Commission website <<https://ai-act-service-desk.ec.europa.eu/en/ai-act/timeline/timeline-implementation-eu-ai-act>>

(34) “California Consumer Privacy Act (CCPA).” State of California Department of Justice Office of the Attorney General website <<https://oag.ca.gov/privacy/ccpa>>

な利用に対する監視を強化している⁽³⁵⁾。日本でも2023年に生成AIのガバナンスに関する有識者会議が発足し、AI開発指針や法制度の在り方を検討し始めている。さらに、2025年には「人工知能関連技術の研究開発及び活用の推進に関する法律」（令和7年法律第53号。通称「AI法」）⁽³⁶⁾が成立し（9月全面施行）、政府主導でAIの研究・開発・活用を総合的に推進する枠組みが整備されつつある。また国際協調も重要で、主要国が競うようにAIロボットを開発する中で共通の倫理基準を設ける努力が求められる。国際電気通信連合（ITU）やOECDではAI倫理原則を提示し、国連を舞台としたAI規制の議論も始まりつつある。最終的には、こうしたルール整備と安全文化の醸成が利用者の信頼を支え、新たな価値創造の恩恵を社会が安心して享受するための土台となる。

さらに長期的視点では、人間自体の拡張や変容も視野に入る。AI技術を人間に移植・付加する人間拡張（Human Augmentation）やブレイン・マシン・インターフェース（BMI）の進歩により、人間がロボットの能力を取り込む場面や、逆にロボットが人間の生体機能を担う場面も出てくるかもしれない。既に義手や義足にAI制御を組み込み人間の意思で自然に動くサイボーグ技術が実用化され始めている。将来、視覚や記憶をAIが補助し人間の認知能力を高めたり、AIが判断を支援する拡張知能が普及したりする可能性がある。

このような人間と技術の一体化は、スポーツの世界では、身体機能を補う義肢の利用が競技の公平性にどう影響するかといった議論が既に始まっている⁽³⁷⁾。これと同様に、人間と技術の接続が当たり前となる社会では、個人の尊厳や自己同一性の在り方を丁寧に問い直す姿勢が求められるだろう。こうした未来像は、技術そのものだけでなく、人間側の価値観や社会制度の在り方とも深く関係しており、今後の議論の深化が期待される。

IV 直近の政策課題と将来の政策オプション

IVでは、ここまでで明らかになった課題を踏まえ、AIロボット分野において直近の未来に優先的に対応すべき課題と今後の政策オプションを整理する。

1 直近に顕在化している政策上の課題

まず技術的及び制度的課題の観点では、AIロボットの急速な進化に対し、既存の制度との関係整理や運用上の対応が課題として指摘されている。例えば自動運転車両やドローン等の自律移動ロボットを安全に運用するには、走行基準の策定や事故時責任の所在明確化がある。EUはAIリスクに基づく厳格な規制を整備しており、米国でも自動運転車・産業用ロボットの安全基準強化が進んでいる。日本ではAI法の施行が始まったことを受け、同法を踏まえつつ具体的実装に対応する規制・ガイドラインの充実が課題となる。さらに、AIロボットに対

(35) “In Comment Submitted to U.S. Copyright Office, FTC Raises AI-Related Competition and Consumer Protection Issues, Stressing That It Will Use Its Authority to Protect Competition and Consumers in AI Markets,” 2023.11.7. Federal Trade Commission website <<https://www.ftc.gov/news-events/news/press-releases/2023/11/comment-submitted-us-copyright-office-ftc-raises-ai-related-competition-consumer-protection-issues>>

(36) 「人工知能関連技術の研究開発及び活用の推進に関する法律（AI法）」内閣府ウェブサイト <https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/ai_act/ai_act.html>

(37) 佐藤次郎「マルクス・レーム 義足の大ジャンプが問いかけるもの」2020.2.26. 笹川スポーツ財団ウェブサイト <https://www.ssf.or.jp/knowledge/history/olympic_athlete/23.html>

する国民の理解・信頼を高めるため、透明性確保や倫理指針の策定も課題となるであろう。

同時に、本節までで述べたように、国際競争の観点では中国・米国を始め先進諸国の取組が急速に進展していることを踏まえる必要がある。日本は産業用ロボットで世界トップクラスの地位を占めてきたものの、近年は技術開発や市場形成をめぐる環境が変化しており、研究開発投資や実用化支援の在り方が課題となる。

また、近年のロボットはセンサ情報や学習データを前提とするデータ駆動型システムへと移行していることから、5G・6Gに代表される高速・低遅延通信基盤や、オープンデータの整備といった基盤的インフラの構築が、社会実装を進める上で重要な課題として位置付けられている。

2 課題に対し検討される取組

以上の課題を受けて、AIロボット分野に関しては、研究開発、人材育成、社会実装、制度整備等の観点から、以下の具体策が考えられる。

- 産学官連携による研究開発体制と人材育成プログラムの強化。
内閣府のムーンショット型研究開発計画や大型R&Dプログラムを活用してAI搭載ロボット技術の基礎・応用研究を加速するとともに、大学・研究機関と企業が協力する人材育成枠組（CHERSI⁽³⁸⁾など）を拡充する。大規模なAIロボット研究やヒューマノイド研究については、学術的意義や人材育成の観点から評価される一方で、産業競争力や国際的な市場獲得との関係をどのように位置付けるかについては、慎重な議論が求められているとの指摘も見られる。
- 農業・介護・インフラ等の公共分野におけるAIロボットの実証実験支援。
現実課題の解決に向けてロボット導入を促すため、規制緩和の継続と実証実験への補助金・優遇措置により社会実装を加速する。
- 安全規格・法制度の整備。
自動運転車やサービスロボットに対応した安全認証制度及び責任体系を整備し、AI判断の透明性確保（説明責任）やデータ利用ルールを明文化することで、信頼性とリスク管理を両立させる。安全性、信頼性、運用面を重視した国際標準の形成や、部品・要素技術、特定用途における実装力といった分野では、我が国の関与の在り方が検討されている領域である。
- 産業振興と国際協力の推進。
税制優遇や研究補助金による企業支援でベンチャー・中小企業の競争力を強化し、海外市場開拓・標準化活動を支援する。ただし、AIロボット分野における国際競争が激化する中で、必ずしも我が国が優位な立場にあるとは限らない点について整理しておく必要がある。特に、大規模投資や市場創出を背景とする米国・中国企業との競争においては、資本力やスケールの面で不利な状況が指摘されている。
一方で、要素技術や特定用途における高い技術力、産業用ロボット分野での蓄積、品質・安全性に対する国際的評価といった点は、我が国の相対的な強みとして位置付けられる。

(38) 「未来ロボティクスエンジニア育成協議会 CHERSI」ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会(RRI)ウェブサイト <https://www.jmfrii.gr.jp/active_chersi>

- 国民の受容性向上に向けた取組。

学校教育での AI リテラシー教育や、メディア・広報を通じて、ロボット技術への理解・期待を高める。

以上の政策オプションを通じて、AI ロボット分野の研究者・企業が国際競争力を高めつつ、国民からの信頼を得て社会実装を進めることが考えられる。

おわりに

以上のように、AIロボットの発展は経済成長と社会課題解決の双方に資する巨大な可能性を有するが、その果実を最大化するためには、技術・制度・意識の面で多角的な対応が求められる。適切なガバナンスの下で技術革新を促進しつつ、人間中心の価値創造へと導くことが、今まさに政策立案者、産業界、学术界に共通して求められている。

第2章及び第3章で述べたように、AI技術の進化はロボティクスの知能化を急速に進め、社会全体に大きな変化をもたらしている。本章ではその未来像を概観したが、今後の展望として以下の3点が特に重要であると考えられる。

第1に、多様な AI アプローチの統合による知能の高度化である。深層学習のみならず、記号推論や進化的アルゴリズム、ニューロモーフィック・コンピューティングなど、異分野的手法を組み合わせる「ハイブリッド AI」研究が今後の鍵を握る。これにより、論理的推論力や創発的問題解決能力を兼ね備えた、より汎用的な知能体系が構築される可能性がある。

第2に、人間との協働・共生の設計である。第4章でも触れたように、AIロボットの社会進出が進む中で、人間の労働・生活・倫理との関係をいかに再構築するかが焦点となる。単なる労働代替ではなく、人間の創造性や判断力を補完する「協働的知能インフラ」としてAIロボットを活用する視点が重要である。

第3に、技術・制度・倫理の三位一体的ガバナンスである。汎用人工知能（AGI）のような高次知能の出現は技術的リスクと社会的リスクを伴うため、透明性、説明可能性、安全性を担保する制度設計が不可欠である。国際的な協調体制の下で、AIとロボティクスを持続可能かつ人間中心的に発展させる枠組みの整備が急務である。

以上を総合すると、AI時代のロボティクスは、技術革新と社会設計の両輪によって発展すべき段階にある。今後は、技術的特異点の到来を見据えつつも、人間の価値観や倫理を中核に据えた研究開発と社会実装を進めることが、AIロボットと人間の共進化を持続的に実現する鍵となるであろう。

(早川 智彦)