

生成AIがもたらすロボット技術の進化

- フィジカルAIの動向 -

2025年9月3日

株式会社日本総合研究所

<本資料に関するお問い合わせ>

執筆者：先端技術ラボ [近藤浩史](#)、[伊藤蓮](#)

本レポートに関するお問い合わせにつきましては、当社ホームページの [お問い合わせフォーム](#) よりご連絡ください。

本資料は、作成日時点で弊社が一般に信頼できると思われる資料に基づいて作成されたものですが、情報の正確性・完全性を弊社で保証するものではありません。また、本資料の情報の内容は、経済情勢等の変化により変更されることがありますので、ご了承ください。本資料の情報に起因して閲覧者及び第三者に損害が発生した場合でも、執筆者、執筆取材先及び弊社は一切責任を負わないものとします。本資料の著作権は株式会社日本総合研究所に帰属します。本資料の一部または全部を、電子的または機械的な手段を問わず、無断での複製または転送等することを禁じております。

はじめに

人手不足などの社会課題が深刻化する中、ロボットがその解決策として注目を集めている。現状、ロボット領域ではロボットの汎用性を向上させる技術として生成AIの活用が進む。現在、生成AIはAIエージェントへの活用が進み、デジタル領域（例：コンピュータの操作など）での作業効率化・高度化をもたらすと期待される。さらにその先として、生成AIはロボットなどの物理領域にもブレイクスルーをもたらす可能性がある。

本レポートでは、生成AIを軸に置き、生成AIがもたらすロボット技術の進化について動向を解説する。まず、ロボットにおける生成AIの活用の概要を記載した。次に、ロボットにおける生成AIの活用動向として、ヒューマノイドロボットなどの開発動向やその他のAIを活用するロボットの事例を解説する。最後に、研究動向や今後のロボットの発展の方向性について整理した。

なお、本レポートではロボットの性能向上を生成AIの観点で記載しているが、現在のロボットの性能向上はAI技術のみで実現しているのではなく、構成する部品（モーター、センサーなど）やアーキテクチャの改善によって実現されている点を強調しておきたい。また、技術的な内容は厳密性よりも分かりやすさを重視した説明としている点が多々あるが、ご容赦いただきたい。

目次	項目	ページ
1. ロボットにおける生成AIの活用概要	・ 高まるロボットへの期待 ・ 生成AI（基盤モデル）の進展 ・ 生成AIにより汎用性の向上が期待されるロボット ・ ロボットにおける生成AIの使われ方 ・ ロボット基盤モデルの登場 ・ 注目が高まるフィジカルAI	pp.4-9
2. 活用動向、研究開発動向	・ ロボットのさまざまな実装形態 ・ ヒューマノイドロボットの動向 ・ 生成AIが搭載されたロボットの事例 ・ その他のAIを搭載したロボットの事例 ・ 研究動向（研究・開発コミュニティの力を活用、シミュレーションの活用）	pp.10-17
3. 今後の展望	・ フィジカルAIの進展によって実現すること ・ 今後の見通し	pp.18-19

エクゼクティブサマリ

1	ロボットにおける生成AIの活用概要	ロボットへの生成AIの活用	- 生成AIの持つ汎用性を活かし、従来のロボットが抱える課題（適応性の低さなど）を解決するための研究が進展する。生成AIを活用することで、ロボットを訓練した環境・タスクのみならず、ロボットが未知の環境・タスクにも対応できることが期待される。 - ロボットに特化したロボット基盤モデル（Robotics Foundation Model）が登場している。一つのモデルでさまざまなロボットのタスクに適応できる点が特徴である。
		フィジカルAIとは	- 生成AIおよびロボット基盤モデルの進展に伴い注目される技術である。AIをロボットなどの物理的なハードウェアに実装することで、現実世界の物理的な法則など、実世界を認識および理解し、周囲の環境変化に対応して柔軟かつ適応的にタスクを実行する能力を保有したAIである。 - フィジカルAIは現在のAIEージェントのさらに先に訪れる概念として注目される。
2	活用動向および研究開発動向	活用事例	- フィジカルAIの象徴的な実装形態としてヒューマノイドロボットがある。AI技術の進化をうけて投資も集まる状況であり、研究開発が進む。従来の産業ロボットが活躍する領域（工場・倉庫など）に限らず、幅広い領域での自動化・コスト削減・人手不足の解消のニーズに応えると期待される。 - 生成AIを搭載したロボット製品が登場している。現状はLLMの対話生成能力を活かしたコミュニケーションを目的としたロボットの事例が多い。 - その他、AI技術を活用し、特定の用途に特化したロボットを開発し、成功する事例がみられる。倉庫内での物の搬送、施設の巡回・警備などである。
		研究動向	- 生成AIを活用したとしても、少量データでの能力の獲得や、能力の転移など、ロボットの適応性／汎用性を向上させるための課題は依然として残る。 - これらの課題をロボット基盤モデルにより解決を目指す動きがある。ロボット基盤モデルの開発には、学習データの確保が必要であり、学習データの量・質を確保するための取り組みが進む。具体的には研究・開発コミュニティの力でデータを収集する事例や、シミュレーションの活用などがある。
3	今後の展望		- フィジカルAIの進展によって実現が期待されるロボットは、従来のロボットが多用されていた産業用途での利用のみならず、医療・介護、家庭など多様なユースケースでの活用が想定される。 - 技術課題のみならず、安全性の確保などの社会に普及させるための課題も残される。これらを踏まえ、多様な環境・タスクに対応する汎用型ロボットの実現および普及は短期的には困難と想定され、まずは特定環境(特に工場・倉庫などの産業用途)で多様なタスクに対応するロボットの実現が見込まれる。

1. ロボットにおける生成AIの活用概要

高まるロボットへの期待

- これまでロボットは主に産業用として工場・倉庫等における作業の自動化・効率化を目的に普及してきた。近年は人々の生活（家事、介護など）を補助するためのサービス提供を目的としたサービスロボットの利用も進む。
- ロボットの活用により、日本においては労働人口の減少による人手不足の解消などが期待される。
- 生成AIの登場以降、生成AIの能力をロボットに活かすことで、ロボットの能力向上および活用領域の拡大が期待されている。

ロボットの種類

ロボットの種類			用途	具体例
産業用ロボット			搬送	無人搬送車
			供給	ハンドリング、ピッキング
			加工・組み立て	溶接、塗装、ねじ締め
サービスロボット	屋内	家庭用	コミュニケーション・エンタメ	ペット、ダンス
			家事	掃除、調理
		業務用	医療用	手術支援、リハビリ支援
			福祉・介護	移動支援
			受付・案内	対話
	屋外	地上	農業・建設	収穫、選果、運搬
			災害・探査	レスキュー、調査
			運搬・警備	自動走行タクシー、巡視
			移動支援	ロボスーツ
		飛行	ドローン	撮影、運搬、農薬散布

[出所] 西田麻美, 産業ロボット The ビジネス, 初版, 日刊工業新聞社, 2022 を参考に日本総研作成

ロボットの利用目的

1. 作業効率および生産性の向上

- ロボットは24時間稼働も可能であり、継続的に作業できる。単純な繰り返し作業は、人間よりも高速かつ正確に作業できる。
- 自動化による大量生産、データ活用による生産の最適化によりコスト削減に活用できる。
- 労働人口の減少による人手不足を補うと期待される。

2. 安全性の向上

- 危険な環境（放射線や有毒ガスのある環境、極端な温度の場所）での作業をロボットに任せ、人間の安全性を確保できる。
- 作業時のヒューマンエラーの削減できる。

3. 新しいサービスや市場の創出

- エンタメでの活用や、ロボットを活用したクリエイティブな新しい市場の創出。
- ロボットと人の共生により、人間生活や社会がより豊かに（例：スマートシティの実現など）。

4. 未知の探索

- 人間には厳しい環境（宇宙・海洋・深海などの探索）においてロボットを活用し、人間の活動領域を広げる。

1. ロボットにおける生成AIの活用概要

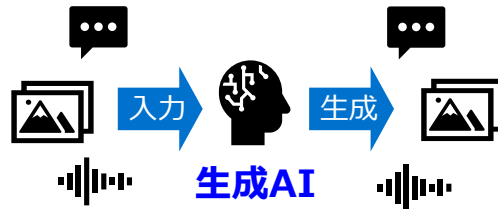
生成AI（基盤モデル）の進展

- 生成AIは画像・音声・動画などのさまざまな形式のデータを入出力できるマルチモーダル化が進む。また、複雑な推論を要するタスクへの対応能力も向上する。これらの生成AIの能力を活かし、ロボットはカメラ・センサーなどのさまざまなデータを処理しながら、複雑なタスクに対応可能になると期待される。
- 生成AIのコア技術は基盤モデルである。基盤モデルは主にインターネット上の大量データを用いて事前学習され、多様なタスクに対応可能な汎用性を持つ。

能力向上が著しい生成AI

マルチモーダル化

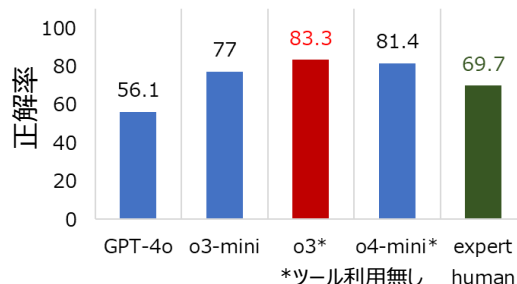
- 現在の生成AIは入出力がテキスト単体ではなく、複数のデータ形式（画像、動画、音声など）に対応する生成AIが主流になる。
- さまざまなデータを組み合わせる能力があるため、ロボットで必要となる、センサーデータとカメラ画像を組み合わせた処理なども可能となる。



複雑な推論が可能に

- 数学の回答などの複雑な推論を要するタスクに対応する「推論モデル」の研究開発が進む。
- OpenAIが公開した推論モデル「o3」「o4」*は複雑な科学系のQAタスク(GPQA)において人間の博士レベルを上回る回答性能を発揮する。

科学系のQAタスク(GPQA)の正解率



[出所] 以下2サイトを元に日本総研作成。

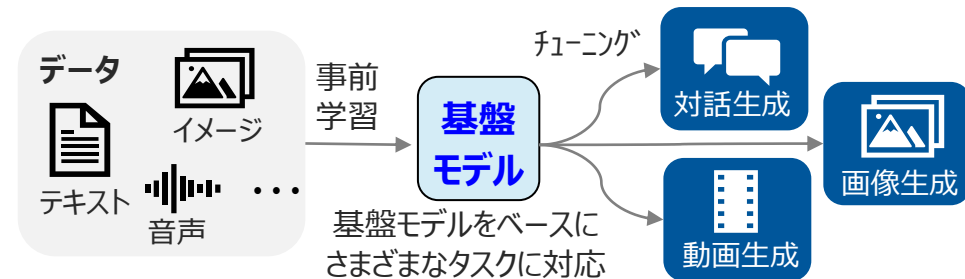
・OpenAI, Learning to Reason with LLMs, 2024/9/12, <https://openai.com/index/learning-to-reason-with-llms/>

・OpenAI, OpenAI o3 と o4-mini が登場, 2025/4/16, <https://openai.com/ja-JP/index/introducing-o3-and-o4-mini/>

*最新モデルGPT-5の前身となる推論モデル

基盤モデル(Foundation Model)

- 基盤モデルは大量かつ多様なデータを用いて訓練されており、さまざまなタスクに適応できる汎用性を持つ大規模モデルのこと。
- 基盤モデルは、モデルごとに適する用途がある。ロボットの領域では、例えば、カメラ画像の処理を目的に物体検知に強い基盤モデルが利用される。



[参考] 主な基盤モデル

用途	代表的なモデル
さまざまな自然言語処理タスクに対応	BERT / Llama
テキストと画像の類似関係を判断	CLIP
テキストから画像を生成	Stable Diffusion
音声をテキストとして認識	Whisper/DeepSpeech
画像の物体検知・画像のセグメンテーション*	YOLO/SAM/SegFormer

*画像の一部を検出するのではなく、画像の各ピクセルに対して示す意味をラベル付けする

1. ロボットにおける生成AIの活用概要

生成AIにより汎用性の向上が期待されるロボット

- 足元では生成AIや基盤モデルが持つ汎用性を活かし、従来のロボットが抱える課題を解決するための研究が進展する。
- 特にロボットの構成要素のうち、ソフトウェアとして実現されることの多い「認識」「計画」「行動」の処理にてAIが活用される。

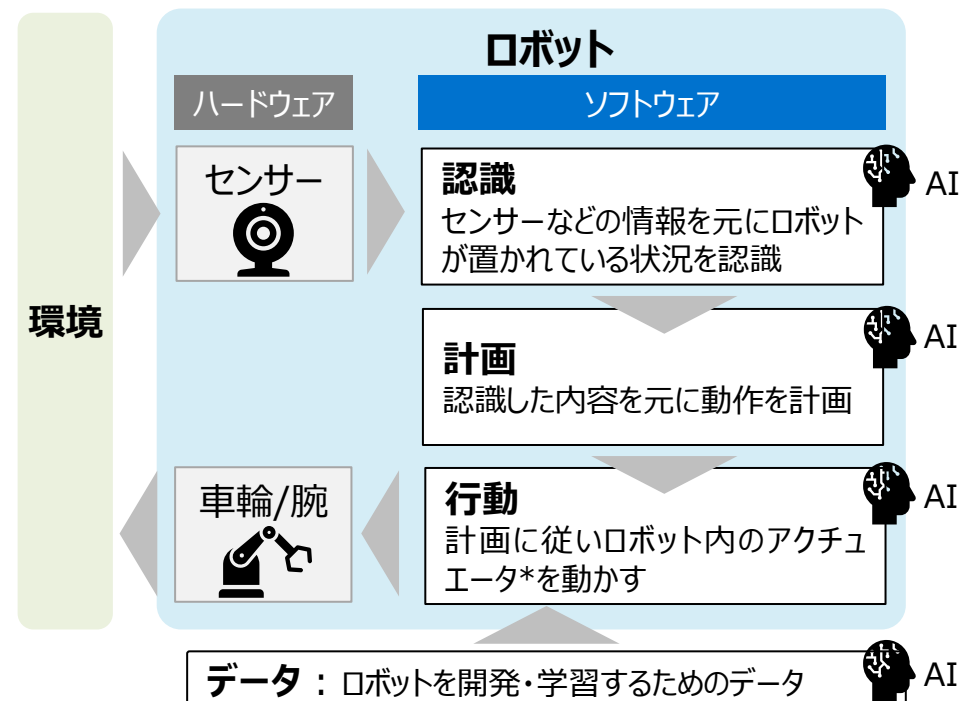
従来のロボットの課題

ロボットの課題	内容
適応性*に改善の余地あり	● ロボットは自らが置かれた環境やタスクの正確な認識・理解が重要。 ● 従来のロボットは、人間が丁寧に設計したアルゴリズム・設定等（環境情報、操作対象の物体の状態、ロボット動作など）に依存していることがあり、未知の環境・タスクへの適応が困難。
指示されたタスクの理解が困難	● 指示されたタスクの仕様の正確な理解が困難なことや、タスクの曖昧さを十分に解消できないことがある。 ● タスク仕様はユーザーによって提供されるが、ユーザーもロボットが保有する能力や制約を十分に理解していないこともありえる。
ロボットのモデルを開発する際のデータが不足	● 信頼性の高いロボットモデルを開発するには、大規模で高品質なデータが不可欠。 ● さまざまなタスク・環境において、ロボットデータを収集するにはコストがかかる。また、現実世界でのデータ収集は、安全性の問題から制約を受けるケースもある。

*特定の環境・タスクに開発したロボットを、他の環境やタスクへ転用することが困難

ロボットを構成するソフトウェア領域で活用されるAI

- ロボットは自らが置かれた環境をセンサーで認識しつつ、動作を計画し、最終的にロボットを構成する車輪や腕などを動作させ、環境と相互作用する。
- AIは、ロボット向けのソフトウェアで実現されることが多い「認識」「計画」「行動」の性能向上に用いられる。またロボットを学習するためのデータ生成にAIが使われる事例もある。



* エネルギーから機械的な動作を生み出す装置のこと。代表例はモーター。 6/19

1. ロボットにおける生成AIの活用概要

ロボットにおける生成AIの使われ方

- ロボット内部の「認識」「計画」「行動」および「データ」における、生成AIの代表的な利用例を以下に整理した。
- 生成AIが事前学習で獲得済みの知識をロボットが活かすことで、未知のタスクや環境にも対応可能となることが期待される。

生成AIの活用方法

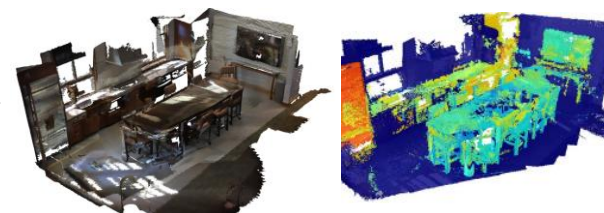
カテゴリ	使い方	説明
認識	人間との インターフェース	・ 自然言語により、柔軟・流暢に人間とコミュニケーションするために生成AIを使用。 ・ 人間の曖昧な指示から実行すべきタスクとゴールを把握するために生成AIを使用。
	状況把握	・ カメラ・センサー等の情報を元に、物体や状況を認識する。事前の定義がなくても、未知の環境も理解できる点が特徴。 ・ ロボットが自身の位置を特定したり、進むべき方向を理解することなどに役立つ。
計画	タスクの計画	・ 生成AIの推論能力を活用し、1つのタスクをロボットが行動できるサブタスクに分割。予め定義されたタスクに限らず、LLMが保持する一般知識を活用し、未知の状況に対応。
行動	行動の生成	・ ロボット自体を動かすための情報を直接生成する（例：腕を動かす角度やスピードなど、低レベルな情報を生成）
データ	データ生成	・ 生成AIのデータ生成能力を活かして既存のデータセットを拡張する。例えば、訓練データセットの動作環境を変える、天候・時間を変えるなどがある。

具体例

認識

- ・ カメラ・センサーから取得した画像・深度情報と、VLMを組み合わせることで、3D空間の各ポイントがどのような物体なのか意味付けができる。

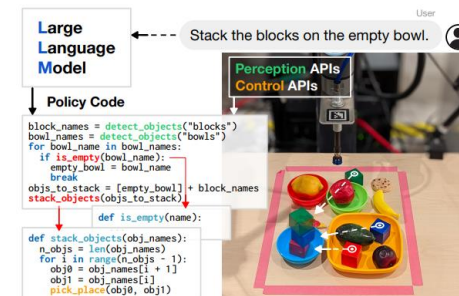
例：キッチンで冷蔵庫の位置を特定できる



[出所] Krishna Murthy Jatavallabhula et al, ConceptFusion: Open-set Multimodal 3D Mapping, Robotics: Science and Systems (RSS), 2023

計画

- ・ 人間から与えられた指示を完了するための行動手順を、LLMがロボットを制御するためのプログラムのコードの形で生成する。



[出所] Jacky Liang et al, Code as Policies: Language Model Programs for Embodied Control, arXiv:2209.07753, 2022

データ生成

- ・ 既存のロボットの動作データを元に、生成AIを用いてその背景や条件を変更する。変更したデータも加えてロボットを学習すると、よりさまざまな状況に対応できるようになる。



"Robot pick up a coke from a dish rack"

[出所] Tianhe Yu et al, Scaling Robot Learning with Semantically Imagined Experience, Robotics: Science and Systems (RSS), 2023

1. ロボットにおける生成AIの活用概要

ロボット基盤モデルの登場

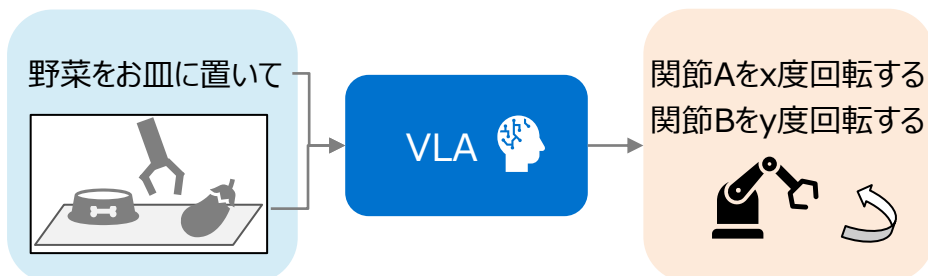
- 近年では基盤モデルの中でも、ロボットに特化したロボット基盤モデル（Robotics Foundation Model）が開発される。一つのモデルでさまざまなロボットのタスクに適応できる点が特徴となる。
- LLMやVLMなどの基盤モデルがブレイクスルーを起こしているように、ロボット基盤モデルがロボットの世界にブレイクスルーを起こすことが期待される。

ロボット基盤モデルとは

- 幅広いロボットのタスクに対応できる汎用的な基盤モデルとして機能するように設計されたモデル。
- 従来のロボット用モデルは、小規模なタスク固有のデータで学習される。そのため、適応性が制限され、新しいタスクには再学習が必要となる。
- ロボット基盤モデルでは、大規模かつ多様なデータで事前学習され、さまざまなタスクや環境に必要な知識やスキルを一般化できると期待される。

VLA (Vision-Language Action Model)

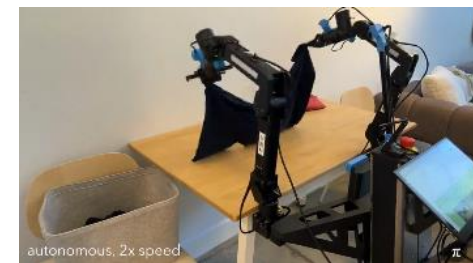
- ロボット基盤モデルのうち、近年研究が進むVLAと呼ばれるモデルがある。データを入力すると、ロボットが次を取るべき行動を出力するモデルである。
- 具体例としては、カメラ画像と、自然言語による指示を入力すると、ロボットのどの部位をどのくらい動作させるかを出力する（下図）。



研究事例

π_0 (パイゼロ)

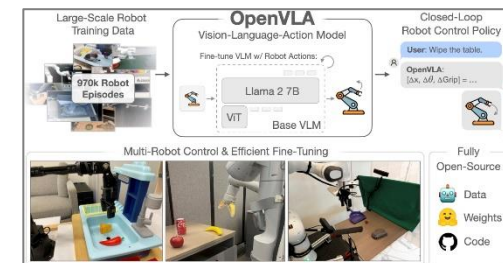
- 2024年にPhysical Intelligence社が π_0 (パイゼロ) と呼ばれるロボット基盤モデル(VLA)を公開した。衣服を洗濯機から取り出して置くなど、従来のロボットでは困難なタスクに対応したことで話題になった。



[出所] Physical Intelligence (n), n0: Our First Generalist Policy, 2024/10/31,
<https://www.physicalintelligence.company/blog/pi0> (2025/8/13アクセス)

OpenVLA

- OpenVLAは7BパラメータのVLAであり、ロボットの操作軌跡97万件を含む大規模なデータセットで訓練されている。
- オープンソースであることが特徴であり、モデルを研究者や開発者が利用・カスタマイズできる。



[出所] OpenVLA: An Open-Source Vision-Language-Action Model,
<https://openvla.github.io/> (2025/8/1アクセス)

1. ロボットにおける生成AIの活用概要

注目が高まるフィジカルAI

- フィジカルAI（Physical AI）は、AIをロボットなどの物理的なハードウェアに実装することで、現実世界の物理的な法則など、実世界を認識および理解し、周囲の環境変化に対応して柔軟かつ適応的にタスクを実行する能力を保有したAIのこと。
- 生成AIおよびロボット基盤モデルなどの進展に伴いフィジカルAIという概念への注目が高まる。

フィジカルAIの特徴

- ロボット等に搭載されたセンサーで周辺データを収集し、AIが処理する。処理結果を元に、アクチュエータを通してロボットを動作させ、リアルタイムで対応する。
- フィジカルAIは不確実性や動的な変化が存在する現実世界で動作するため、ロバスト性^{*1}や適応性^{*2}が求められる。

従来のAIとフィジカルAIの比較^{*3}

	従来のAI	フィジカルAI
能力	- 主にインターネット上やデジタル空間上で動作する - 一定のパターンやルールを持つタスクが得意 - 特定のタスクに置いて高い性能、信頼性、スケーラビリティを発揮	- 物理的なハードウェアに実装され、現実世界と相互作用 - 複雑かつ変化する環境に対応するため、リアルタイム処理・適応性・自律性を持つ - 安全性などの観点で人間とAIがコラボレーションする
応用先	(さまざまな業界で)商品推薦、不正検知、予測・分類など	ロボット、自動運転、工場、農業など
学習方法	(半)教師あり学習	強化学習、模倣学習

*1 ノイズ等に強く誤動作を防ぐ性質。変化があっても性能が維持される

*2 環境の変化に対応する性質。変化に合わせて学習・調整し、適応する。

*3 厳密な対比は困難だが、分かりやすさのため特徴的な点を対比

AIエージェントの次はフィジカルAIか

- 2024年後半からAIエージェントと呼ばれる技術に注目が集まる。AIが主にデジタル空間上で対応可能なタスク（例：PC操作等のオフィスワーク）を自動的・自律的に実行しつつある。
- AIエージェントのさらに先に訪れる概念としてフィジカルAIが注目される。特にNVIDIA CEOのJensen Huang氏は、イベントでそのスタンスを明確に示す。他の企業もフィジカルAIへの投資を進めている。

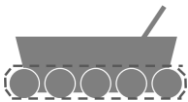
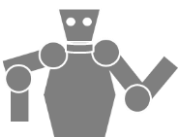
AIの分類	機能	用途
Perception AI	情報を認識・分類するAI	- 物体検知 - 音声処理
Generative AI	データを生成するAI	- イラストの生成 - コード生成
Agentic AI	目標に向けて自律的に行動するAI	- AIアシスタント - 業務の自動化
Physical AI	物理空間と相互作用して動作するAI	- 自動運転 - ヒューマノイドロボット

* CES 2025におけるNVIDIA CEO Jensen Huang氏が実施したKeynoteで示したステップを参考に日本総研が作成。

2. 活用動向、研究開発動向

ロボットのさまざまな実装形態

● ロボットの実装形態は多種多様であり、その代表例を下表に示す。それぞれの用途に合った形でAIの活用が進む。

	主な用途(想定含む)	一般的な特徴	現状の主な課題
固定式 ロボット 	- 実験の自動化 - 工場における製造 - 教育訓練	- 高い精度で安定して動作する。反復動作が得意。 - 高性能なセンサーを付ければ誤差も少ない。 - プログラムも可能でさまざまなタスクに対応できる。	- 動作範囲が限られ、柔軟性に欠ける。 - 移動したり位置の調整範囲が限られる。
車輪型 ロボット 	- 物流 - 倉庫 - セキュリティ検査	- 構造がシンプルで比較的低コストかつエネルギー効率が良い。フラットな表面で迅速に動作する。 - 高性能なセンサーにより自動走行、環境認識ができ、自動での倉庫管理などで使用される。	- 複雑な地形、でこぼこの地形での動作が限られる。 - 荷重や操作性などが制約になることがある。
クローラ型 ロボット 	- 農業 - 建設 - 災害復旧	- オフロード性能や操作性が良い。 - 泥や砂などの柔らかい地形で沈むリスクが低い。 - 複雑な地形での安定性がある。	- エネルギー効率が低いことがある。 - 平坦な地形において、車輪型ロボットと比較して動作スピードが遅く、柔軟性や操作性が低いことがある。
四足歩行 ロボット 	- 複雑な地形での探索 - レスキュータスク - 警備・巡回	- でこぼこな地形でもバランスを取り、安定する。 - 高性能なセンサーなどと組み合わせ、自動走行や他のロボットと衝突回避も可能。	- 複雑な構造に起因して製造コストが高く、初期投資が必要。 - 特に複雑な地形においてバッテリー消費が激しく、稼働時間が短い。
ヒューマノイド ロボット 	- サービス提供 - 医療 - 日常生活の支援	- 人間の体形・動きを模倣した構造と動作が特徴。 - 構造が人間と似ているため、人間と同じ環境で同じタスクに対応できる。	- 複雑な環境での安定性と信頼性を維持することが困難。 - 設計・製造プロセスが複雑でコストが高い。

2. 活用動向、研究開発動向

ヒューマノイドロボットの動向

- AI技術の進展を機にヒューマノイドロボットの研究開発は活発化している。人間を模したロボットであるため、従来の産業ロボットが活躍する領域（工場・倉庫など）に限らず、さまざまな領域での自動化・コスト削減・人手不足の解消のニーズに応えると期待される。
- 足元では安定性、安全性、コストなど、乗り越えるべき課題は多い。現時点でテストが開始されている工場などのユースケースを中心に普及は早くても2030年以降と予測する。

開発状況

- ・ヒューマノイドロボットは研究開発段階（実験室で稼働）または一部の実環境での実証実験が実施されている段階。
- ・単純な動作（歩く、手を振るなど）に限らず、複雑な動作（階段を上る、荷物を持つ）が可能であり、主に工場・倉庫などでのテスト事例がある。

BMW工場の生産環境でのテスト

米Figure AIが開発するFigure02を実際の生産ラインでテストし、組み立ての一部が実行できることを確認。



[出所] YouTube, Humanoid Figure 02 robots tested at BMW Group Plant Spartanburg, 2024/8/6, <https://www.youtube.com/watch?v=xLVm-QKEZSI> (2025/8/21アクセス)

Amazonにおけるテスト

米Agility Roboticsが開発するDigitを用いて、倉庫内のトートボックス(荷物を入れる箱)の回収等のユースケースでテスト。

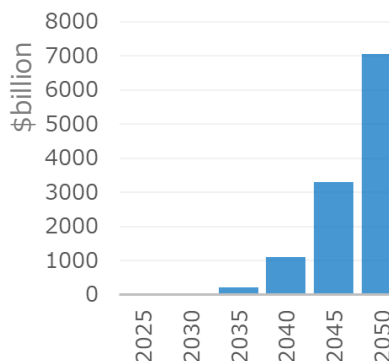


[出所] Amazon announces 2 new ways it's using robots to assist employees and deliver for customers, 2023/10/18, <https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-introduces-new-robotics-solutions> (2025/8/21アクセス)

市場動向

- ・Citiの調査レポート*1によると、ヒューマノイドロボットの市場規模は2030年時点で140億ドル、2035年では2090億ドルとなる予測がある。
- ・ヒューマノイドロボットを開発するスタートアップなどへの投資も拡大している。代表的な事例としては米Figure AIに対しては、OpenAIやNVIDIAなどが投資した事例がある。

市場規模の長期予測*1



[出所] 下記の参考文献*1を元に日本総研作成

スタートアップに対する投資事例

スタートアップ	調達額	出資者
Figure AI (アメリカ)	\$675M シリーズB (2024/2)*2	- OpenAI - NVIDIA - Microsoft 他
Apptronik (アメリカ)	\$350M シリーズA (2025/2)*3	Google 他
1X Technologies (ノルウェー)	\$100M シリーズB (2024/1)*4	EQT Ventures 他

[参考文献]

- *1 Citi Global Insights, The Rise of AI Robots - Humanoids are Coming for You, 2024/10/17, <https://www.citivelocity.com/rendition/epublic/public/documentService/dXNlc9pZD1qNzhtc2xQZkt0dz0/ZG9jX2lkPTMwMjg1MzQwJnBsYXRmb3JtSWQ9NzgmblVudU0ZW1JZD1BTExFSU5TSUdIVFM> (2025/8/4アクセス)
- *2 Reuters, Robotics startup Figure raises \$675 mln from Microsoft, Nvidia, OpenAI, 2024/3/1, <https://www.reuters.com/technology/robotics-startup-figure-raises-675-mln-microsoft-nvidia-other-big-techs-2024-02-29/> (2025/8/4アクセス)
- *3 Apptronik Press Release, Apptronik Raises \$350 Million in Series A Funding, 2025/2/13, <https://apptronik.com/news-collection/apptronik-raises-350-million-in-series-a-funding> (2025/8/4アクセス)
- *4 1X Technologies Announcements, Series B: 1X Secures \$100M Funding, 2024/1/11 <https://www.1x.tech/discover/1x-secures-100m-in-series-b-funding> (2025/8/4アクセス)

2. 活用動向、研究開発動向

[参考] ヒューマノイドロボットの実例

- 開発されているヒューマノイドロボットの実例を以下に示す。生成AIの研究開発と同様、ヒューマノイドロボットも米中の開発競争が激化している。

モデル	Figure 02	NEO Gamma	Optimus Gen2	AgiBot A2	Unitree G1
写真	 *1	 *2	 *3	 *4	 *5
ベンダー	Figure AI	1X Technologies	Tesla	AgiBot	Unitree Robotics
国	アメリカ	ノルウェー	アメリカ	中国	中国
主な用途	工場、物流、家庭	家庭	工場、物流、家庭	工場、物流、家庭	工場、研究、エンタメ
特徴	- LLM/VLMを搭載し流暢な会話や安定した動作が可能。 - 前頁の通り、テックジャイアント等が大規模に投資。 - 実際に販売が開始しており、顧客に出荷されている。4年間で10万台のヒューマノイドロボットを出荷する計画*6	- 洗濯、掃除、片付けなどのタスクを手伝う、パーソナルホームアシスタントとして設計される。 - 筋肉のような構造を持ち、柔らかいメカニズムが取り入れられており、人間とロボットが安全に相互作用できるように設計される。	- 産業・家庭環境の両方で、人間にとって危険または反復・退屈な作業を遂行する多用途のロボット。 2025年中に数千台のヒューマノイドロボットを自社工場内で使用。将来的に2万-3万ドルの価格で販売する計画*7	- 汎用型のヒューマノイドロボットの量産体制に入っている。 - LLMを用いた人との流暢な会話や、高度なセンシング・AI技術を用いて、安定した運動機能を持つ。	- ヒューマノイドロボットの中では小型かつ軽量であり、価格も\$16Kからと手ごろ - 同機のEDUバージョンでは二次開発も可能。

[出所] *1 Figure社 YouTubeチャンネル, Introducing Figure 02, <https://www.youtube.com/watch?v=0SRVJaOg9Co> (2025/8/1 アクセス)

*2 1X Technologies, Introducing NEO Gamma, 2025/2/22, <https://www.1x.tech/discover/introducing-neo-gamma> (2025/8/1 アクセス)

*3 Wikipedia, Tesla Optimus Gen-2 Humanoid robot, [https://ja.wikipedia.org/wiki/Tesla_Bot#/media/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Tesla-optimus-bot-gen-2-scaled_\(cropped\).jpg](https://ja.wikipedia.org/wiki/Tesla_Bot#/media/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Tesla-optimus-bot-gen-2-scaled_(cropped).jpg) (2025/8/1 アクセス)

*4 AgiBot A2-AGIBOT, <https://www.agibot.com/products/A2> (2025/8/1アクセス)

*5 Humanoid robot G1_Humanoid Robot Functions_Humanoid Robot Price | Unitree Robotics, <https://www.unitree.com/g1> (2025/8/1 アクセス)

*6 Firbes, Figure Plans To Ship 100,000 Humanoid Robots Over Next 4 Years, 2025/1/30, <https://www.forbes.com/sites/johnkoetsier/2025/01/30/figure-plans-to-ship-100000-humanoid-robots-over-next-4-years/> (2025/8/1 アクセス)

*7 BUSINESS INSIDER Elon Musk said this could be Tesla's 'most important year.' A lower-cost vehicle and a refreshed Model S are on the agenda., 2025/2/26,

<https://www.businessinsider.com/tesla-expected-launches-this-year-cheaper-car-optimus-robotaxi-fsd-2025-2> (2025/8/1 アクセス)

2. 活用動向、研究開発動向

生成AIが搭載されたロボットの事例

- 生成AI(LLMやVLM)の搭載を明示するロボット製品が登場する。LLMの対話生成能力を活かしたコミュニケーションを目的としたロボットがメインである。

家庭向けロボット : Romi

- MIXIが開発したコミュニケーションロボット。MIXI独自の大規模日本語会話データを学習させた独自開発のAI(LLM)を搭載する。「ペットのように癒やし、家族のように理解する存在」を目指して開発される。
- 最新モデル(Lacatan)では、見ているものについて話をしたり、自然な声質・テンポ感で会話をするなどの機能が追加される。



[出所]
* Romiについて | 会話AIロボットRomi(ロミ), <https://romi.ai/about-romi/> (2025/8/21アクセス)
* 会話AIロボットRomi (Lacatanモデル) 予約受付中! | 会話AIロボットRomi (ロミ), <https://romi.ai/lp/lacatan/> (2025/8/21アクセス)

商品のプロモーションロボット

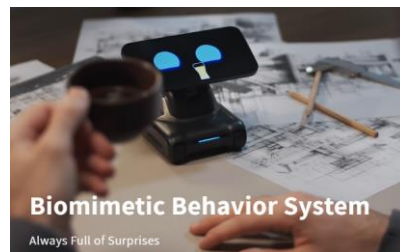
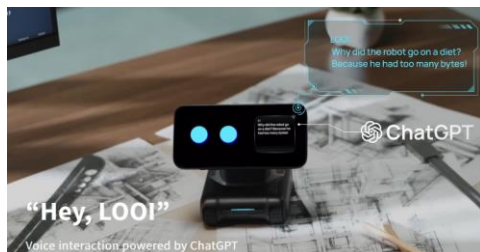
- OrionStarの「プロモーションロボット」は、スーパーで自発的に顧客を呼び込み、音声およびディスプレイを駆使して製品を効果的に販売。
- LLMを搭載し、顧客の多様な質問に対して迅速かつ正確に回答する。店舗内をスムーズに移動し、従来の対面販売に伴う抵抗感を軽減。



[出所] PRTIMES, Orion Star Robotics US Inc, OrionStarのLLM搭載ロボット、スーパーでの売上増加の秘密に迫る! , 2025/1/24, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000101.000110665.html> (2025/8/21アクセス)

家庭向けロボット : LOOI

- Tangible Future社が開発したコミュニケーションロボット。LLM(ChatGPT)を搭載した自然なコミュニケーションと、生体模倣システムを用いた感情表現を特徴に持つ。
- 販売しているロボットは胴体のみであり、ユーザのスマホと接続してロボットとなる。障害物検出や崖感知の能力も備えており、机の上を自由に移動できる。



[出所] Tangible Future, LOOI Robot: Turn Your Smartphone into a Desktop Robot!, <https://looirobot.com/products/looi-robot> (2025/8/21アクセス)

駅での案内ロボット : ugo

- 関西万博の最寄り駅である大阪メトロ 夢洲駅内に案内ロボットugoを配置。NTTが開発する生成AI「tsuzumi」などを活用し、さまざまな言語でさまざまなお客さまと対話し、案内ロボットとして適切な役割を果たせるかを検証。



[出所] Osaka Metro ニュースリリース, 多言語対応の対話・案内ロボット「ugo」が夢洲駅へ! 生成AI「tsuzumi」等を使用した社会実験を夢洲駅で継続します, 2025/4/2, https://subway.osakametro.co.jp/news/news_release/20250402_ugo_yumeshima.php (2025/8/4アクセス)

2. 活用動向、研究開発動向

その他のAIを搭載したロボットの事例

- 生成AIに限らず、AI技術を用いることで、特定の用途に特化したロボットを開発し、成功している事例が多くみられる。

倉庫内ロボット (Robust.AI)

- Robust.AI社はCarter Proと呼ばれる倉庫内で荷物を自動で運搬する車輪型ロボットを開発。
- 人間との安全な協働を重視している点が特徴。ロボットが自律的に勝手に動き出すのではなく、人を起点に動き出す（人がロボットに加えた力を感知し、それに応じて調整して動く）ように設計されている。



[出所] YouTube, Carter™ Pro Overview,
<https://www.youtube.com/watch?v=LUJMdD9ASh8> (2025/8/21アクセス)

調理ロボット (Chef Robotics)

- Chef Robotics社は食品工場において食材を配置するロボットを開発。さまざまな物性（固さ、油分など）を持つ食材を上手く扱うためにAIを活用。
- 自社ロボットの稼働データを元に、食材を持ち上げて配膳するためのロボット基盤モデルChefOSを開発している。



[出所] ChefRobotics, Chef works with a variety of different segments within food,
<https://www.chefrobotics.ai/industries> (2025/8/21アクセス)

病院内ロボット (Diligent Robotics)

- Diligent Robotics社は病院スタッフが抱える患者ケア以外の作業(薬の運搬、検体の運搬)を代替するロボットmoxiを開発。物体・環境の認識・操作にAIを活用。
- 米国の病院における実証実験では1万時間を超える業務時間の削減が報告されている。



[出所] Diligent Robotics Moxi Caes Study Mary Washington Healthcare, https://diligent-robots.squarespace.com/s/CaseStudy_MaryWashington_AONL_V5.pdf (2025/8/21アクセス)

[出所] YouTube, Introduction to Diligent Robotics and Moxi,
<https://www.youtube.com/watch?v=nIXzvBPX2g> (2025/8/21アクセス)

警備・巡回ロボット (Boston Dynamics)

- Boston Dynamics社はSpotと呼ばれる四足歩行ロボットを開発。センサー等を取り付けることでさまざまな用途に利用可能。
- 四足歩行ロボットは工場などの施設の定期巡回・警備などの用途で良く用いられる。
- 日本でもSpotを用いて中部国際空港の空港警備を行う実証実験が行われる。



[出所] 読売新聞オンライン動画, A I の四足歩行ロボット、空港警備の実証実験…中部空港, 2024/1/24,
<https://www.youtube.com/watch?v=Nv92COOS7EY> (2025/8/21アクセス)

2. 活用動向、研究開発動向

研究動向

- 生成AIの活用によりロボットの能力向上が見られるが、解決すべき課題は多くある。生成AIに関連した主な課題は下表のとおり。
- 特に項番1～項番3の課題については、ロボット基盤モデルの研究開発により解決を目指す動きがある。ロボット基盤モデルの開発には学習データの確保が必要であり、学習データの量・質を確保するための取り組みが進む。

項番	課題	概要
1	少量データでの能力獲得	ロボットをタスクに対応させるには多数のデータが必要となる。適応性をより向上させるため、少量データでタスクに対応可能とする必要がある。
2	他ロボットへの能力の転移	あるロボットで学習した能力の異なる種別のロボットへの転移が難しく、都度データの取得やチューニングを要する。
3	データ収集の効率化	物理環境における高品質かつ大量データを収集し、また、それらのデータにラベル付けするには、時間とコストを要する。
4	継続的な学習	ロボットは変化する環境に順応するために、必要に応じてAIモデルを継続して更新する必要がある。継続的な学習方法の確立が必要。
5	実用的な設定での研究	現状、研究室内の実験環境やシミュレーション環境での研究が多い。実践的かつ実用的な環境（実際の工場、家庭内）での研究の増加が期待される。
6	制御周期の短縮	生成AIは高性能な一方で、計算負荷が高く、制御周期（認識から行動を起こすまでの周期）が長くなる。環境変化に対し、精度が高い動作を実現するには、制御周期の短縮が必要。

研究の方向性

ロボット基盤モデルの研究開発

- 少量データでの能力獲得や、他ロボットへの能力の転移を実現するための有望なアプローチがロボット基盤モデルを使用することである。
- 一方、ロボット基盤モデルの学習データは、現在のLLM/VLMの学習データ(Webスケールデータ)と比較すると少量にとどまる。
- ロボット基盤モデルも学習データ量を十分に確保できれば、ブレイクスルーが期待できるため、多様かつ大量データを取得するための取り組みが進展する。

① 研究・開発コミュニティの力を活用

- 複数の研究機関等が連携したデータ収集
- ロボットに関するハードウェア・ソフトウェアのオープン化

② シミュレーションの活用

- 仮想環境でのデータを取得・活用
- 世界モデルの開発

2. 活用動向、研究開発動向

研究・開発コミュニティの力を活用

- ロボット基盤モデルの開発に必要となるデータを複数の研究機関が協働で補い合う取り組みがある。世界的な取り組みに加えて、日本国内でもAIロボット協会での事例が見られる。
- Hugging Face社のように、ロボットのハードウェア・ソフトウェアの両面でオープンな戦略を取ってロボット開発を主導する動きもある。研究者・開発者の参入障壁を下げ、コミュニティの力を使ってロボット開発を推進するものであり、今後の成果が期待される。

協働でのデータ収集

Open X-Embodiment

- Googleが主導した取り組みであり、世界中の21の研究機関、22種類のロボット、527のスキル（16万超のタスク）からなる模倣学習に必要なデータをレポジトリ(Open X-Embodiment)として整理。



[出所] O'Neill, Abby, et al. "Open x-embodiment: Robotic learning datasets and rt-x models: Open x-embodiment collaboration 0." 2024 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, 2024.

AIロボット協会 (AIRoA)

- 大規模なロボットデータエコシステム構築を目指し、日本の企業や研究機関が連携する取り組み。2025年度より本格的に始動。
- 産業の垣根を超えたオープンかつ大規模なデータ収集や、基盤モデルの開発・オープンソース化等の活動を行うと発表。



[出所] 一般社団法人AIロボット協会、メディア向けAIRoA設立発表会の実施、2025/4/7, <https://www.airoa.org/ja/updates/20250407> (2025/8/5アクセス)

Hugging Face社の取り組み

ソフトウェアのオープン化

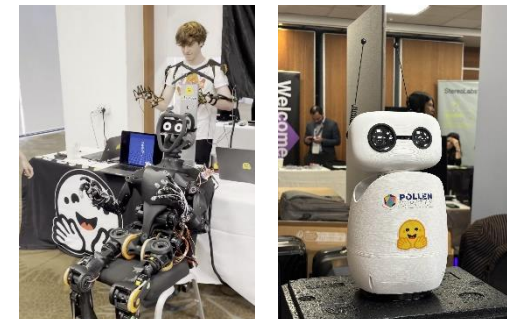
- Hugging Face社は2024年に「LeRobot」と呼ばれる、ロボット工学のための最先端の機械学習ライブラリを公開
- PyTorchで実世界のロボットのためのモデル、データセット、ツールを提供している。参入障壁を下げ、誰もがデータセットや学習済みモデルを共有し、メリットを享受できるようにすることが目標とされる。



[出所] Hugging Face, lerobot (LeRobot), <https://huggingface.co/lerobot> (2025/8/5アクセス)

安価かつオープンなロボットの提供

- Hugging Face社は2025年にヒューマノイドロボット「HopeJR」と卓上ロボット「Reachy Mini」を公開し、ロボットの“民主化”に取り組む。
- HopeJRはソフトウェアおよびハードウェアがオープンソースであり、価格は3,000ドルからとされる。公開された設計情報から、研究者が自由に組み立て・改造できる。
- Reachy Miniは教育やAIの検証などを目的としたロボットで、価格は約300ドルからとなっている。



[出所] Hugging Face社CEOのClem Delangue氏のX上 (@ClementDelangue) の2025年5月30日の投稿より <https://x.com/ClementDelangue/status/1928125034154901937> (2025/8/5アクセス)

2. 活用動向、研究開発動向

シミュレーションの活用

- シミュレータを活用し、デジタル上の仮想環境でロボットを動作させて、データを収集する取り組みが進む。仮想環境上での物理現象の再現にも一定の限界がある状況ながら、実環境で取得が難しいデータの取得方法として期待される。
- また、ロボットに世界モデルを活用する研究も進む。世界モデルを用いることで、現時点の観測情報を元に、周囲の環境の物理的な構造を理解し、未来や未知の事象を予測できるようになると期待される。

仮想環境でのロボット

- ・ 計算資源の確保が容易になったこと、生成AI技術の進展により、仮想空間上で従来よりも高精度に物理現象を再現可能となった。仮想空間で訓練したロボットのモデルを、実環境のロボットに転用できると期待される。
- ・ 実環境では取得が難しいシーンのデータを取得できる点、仮想環境を複数用意して並列でロボットを動作させて大量のデータを取得できる点などがメリットである。
- ・ 一方、仮想環境上での物理的な特性の再現に限界がある状況でもあり、仮想環境と物理環境のギャップを埋めるための研究も続く。

NVIDIA Isaac Sim

- ・ NVIDIAが提供する仮想環境上でAI搭載のロボットを開発・シミュレートすることができるプラットフォーム。
- ・ 最新のロボットはカメラや深度センサーなどの視覚情報を元に動作することが多いため、これらをシミュレーションするためにフォトリアリスティックな環境を提供することが特徴。



[出所] YouTube, Narrowing the Sim2Real Gap with NVIDIA Isaac Sim, 2022/03/24, <https://www.youtube.com/watch?v=VW-dOMBf7o&t=52s> (2025/2/27アクセス)

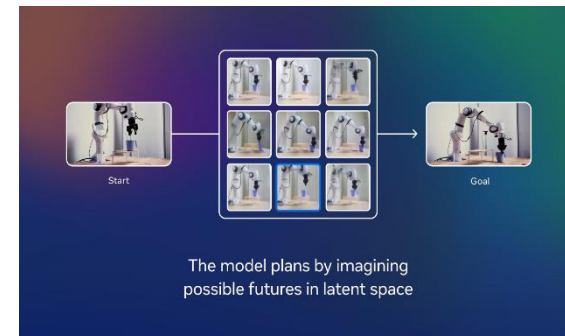
世界モデルの活用

- ・ 世界モデルとは『外界（世界）から得られる観測情報に基づき外界の構造を学習によって獲得するモデル』*である。世界モデルを用いると、現時点で観測した限られた情報を元に、周囲の環境の構造を理解し、未来や未知の事象を予測できる。
- ・ ロボットが世界モデルを活用すると、行動後に何が起きるかをシミュレーションし、現在の適切な行動選択が可能となる。これにより、①賢く・柔軟な行動の実現、②安全かつ信頼性の高い行動の実現、③少量データでのロボットモデルの学習の3点が期待されている。

*松尾・岩澤研究所, 「世界モデル」とは何か? 知能の実現に向けて、松尾研が研究を推進する理由。、2022/11/30, <https://weblab.t.u-tokyo.ac.jp/news/20221130/> (2025/8/5アクセス) より引用

V-JEPA 2 (Meta)

- ・ Metaが開発した世界モデルで、100万時間以上のインターネット上の動画データおよび画像データから学習されている。
- ・ 世界モデルをロボットデータでファインチューニングすると、ロボットタスクに対応可能となる。
- ・ 実際に、物体の把持・操作タスクにおいて、初期画像とタスク完了時の画像を与えると、ロボットの動作を計画して実行できる。



3. 今後の展望

フィジカルAIの進展によって実現すること

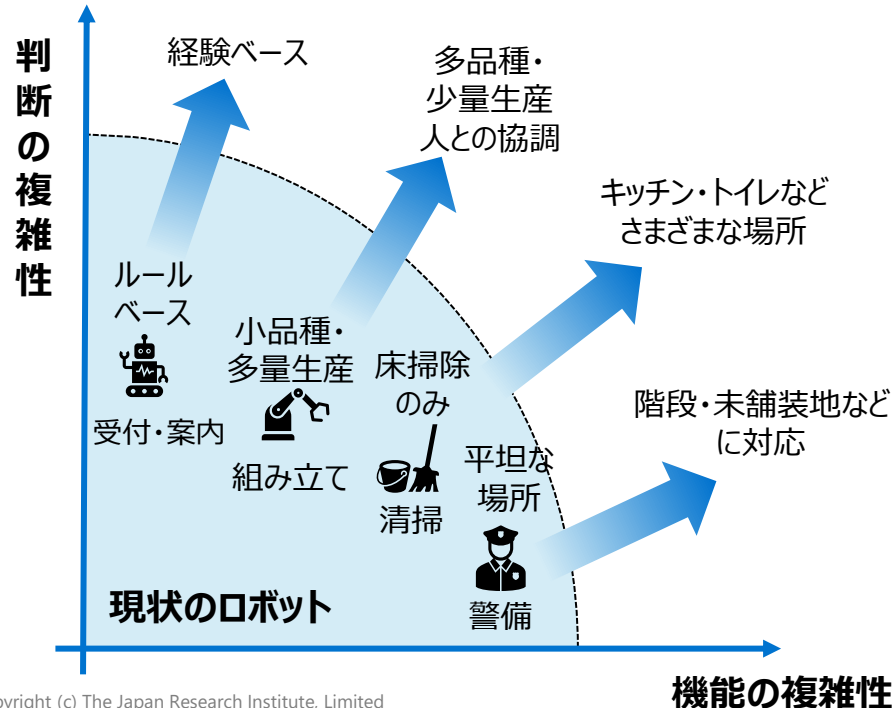
- フィジカルAIの進展によって実現が期待されるロボットは、複雑な判断を下すことが可能となり、また複雑な機能を実現可能となると想定される。これにより、従来のロボットが多用されていた産業用途での利用のみならず、医療・介護、家庭など多様なユースケースでの活用が想定される。

フィジカルAIによるロボットの進化イメージ

- フィジカルAIの進展に伴い、判断や機能といった観点でロボットの対応範囲が拡大すると想定される。

判断	AIが自ら考えることで、教示*や人手による指示の削減
機能	扱える環境・物の種類の増加 (例：凹凸地形での稼働、柔軟・不定形な物体の取り扱い)

*ティーチングのこと。動作させたい一連の動作をロボットに記憶・学習させる作業



想定ユースケース

分野	ユースケース
工場	・ 移動可能な組み立てロボットが動作し、リアルタイムに生産ラインで扱う製品等を柔軟に変化・最適化する ・ 人間の横で協調しながら組み立てを行う
医療・介護	・ 手術支援ロボットを用いて、人間の手術をサポートする ・ リハビリや移動支援などをロボットが柔軟にサポートする
家庭	・ 人が暮らす空間で協調して動作し、掃除・洗濯などの家事をロボットが行う
農業	・ 農業補助ロボットがデータを収集しながら作物を育て（土壌管理、温度管理など）、収穫する
店舗	・ 店舗での受付や案内など、顧客からの多様な問い合わせ・要求に対して柔軟に対応する
スポーツ・トレーニング	・ スポーツやトレーニングの相手としてロボットを利用する。特定の戦術をシミュレーションした環境で練習することなどが可能。VR技術などとの組み合わせもあり得る

3. 今後の展望

今後の見通し

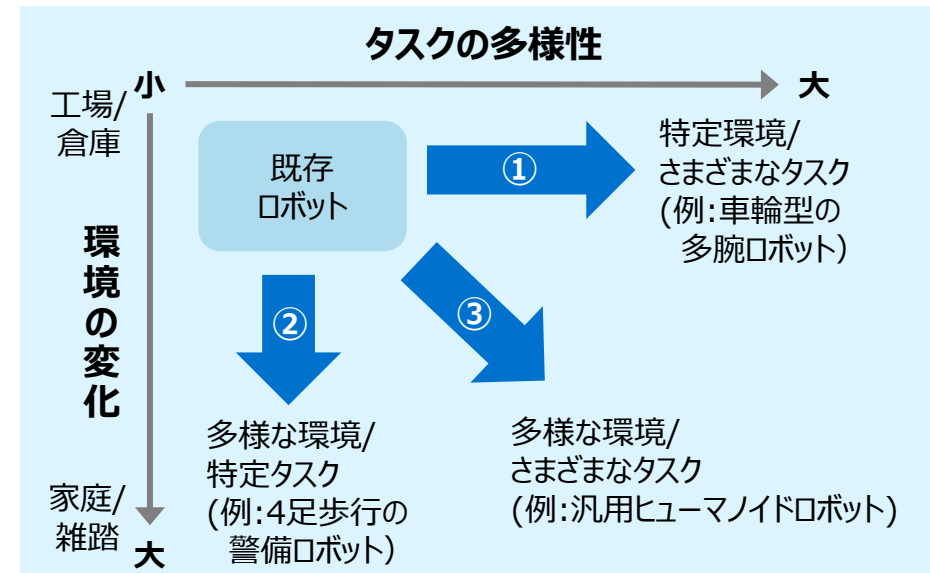
- ロボットの実活用には、技術課題(p.15)のみならず、安全性の確保などの社会に普及させるための課題も残される。これらを踏まえ、多様な環境・タスクに対応する汎用型ロボットの実現および普及は短期的には困難と想定する。まずは特定環境(特に工場・倉庫などの産業用途)で多様なタスクに対応するロボットの実現が期待される
- 従来から産業用途でロボットを用いてきた業界は当然のこと、それ以外の業界においてもロボットの利活用が始まる可能性がある点を考慮し、利用用途や実証実験の企画など、中長期的な目線で検討が必要である。その際、まずは実機を見る機会を作ることが推奨したい。ロボットが今できること、これから出来そうなことを体感し、自組織での活用検討を進めることが望ましい。

社会で実装する際の課題

課題	内容
導入時のハードル	- 新しいロボットの導入には、既存設備の更新・入れ替え・再配置などが必要なケースもある。 - 特に、ロボットを動作させるための追加の設備投資（高品質な通信環境の整備等）がハードルとなりうる。
ロボットが高価	- 高性能なロボットは依然として高価であり、工場等のユースケースには適合しても、家庭内のユースケースでは市場が限られる可能性がある。 - 汎用的なロボットができたとしても、ユースケースを選ぶ可能性がある。
倫理的な問題	- AIが抱える公平性・バイアスなどを軽減する措置が必要。サイバーセキュリティ・プライバシーについても懸念がある。 - また「ロボットに仕事を奪われるのではないか」といった漠然とした拒否感を持つ人もいる。
安全性の確保	- 家庭向けロボットでは、例えば幼児が触れても良いレベルでの安全性確保が必須となる。 - まずは、工場等の一定の統制された環境でロボットを動作させることが現実的と思料。

ロボットの発展の3つの方向性

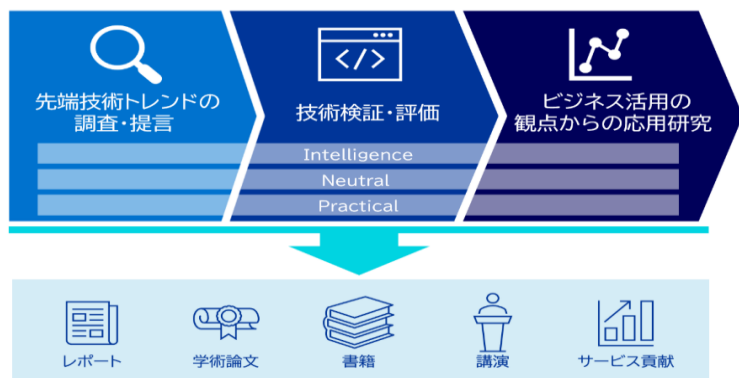
- ・ 発展の方向性を3つに整理した（下図）。
- ・ 現時点の技術／社会実装のハードルを考慮すると、まずはタスクまたは環境のどちらか一方に特化した、「①特定環境でさまざまなタスクをこなすロボット」および「②多様な環境で特定タスクをこなすロボット」が進展すると想定される。



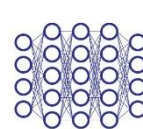


先端技術ラボ

先端技術を活用したITサービスの創出に向けた技術の目利き役として、「先端技術トレンドの調査・提言」、「技術検証・評価」、「ビジネス活用の観点からの応用研究」に取り組んでいます。



主な研究・取り組み領域



人工知能(AI)



ブレインテック



量子技術



xR
メタバース



ブロックチェーン
Web3.0

当社ホームページの [特集サイト](#) では、I T 分野における先端技術の調査レポート、及び所属する部員のプロフィール詳細がご覧いただけますので、ぜひご参照ください。

本レポート執筆者へのメディア取材や講演などに関するご相談につきましては、当社ホームページの [問い合わせフォーム](#) よりご連絡ください。

株式会社日本総合研究所

日本総研は、シンクタンク・コンサルティング・ITソリューションの3つの機能を有するSMBCグループの総合情報サービス企業です。

東京本社 〒141-0022 東京都品川区東五反田2丁目18番1号 大崎フォレストビルディング

大阪本社 〒550-0001 大阪市西区土佐堀2丁目2番4号



日本総研

The Japan Research Institute, Limited