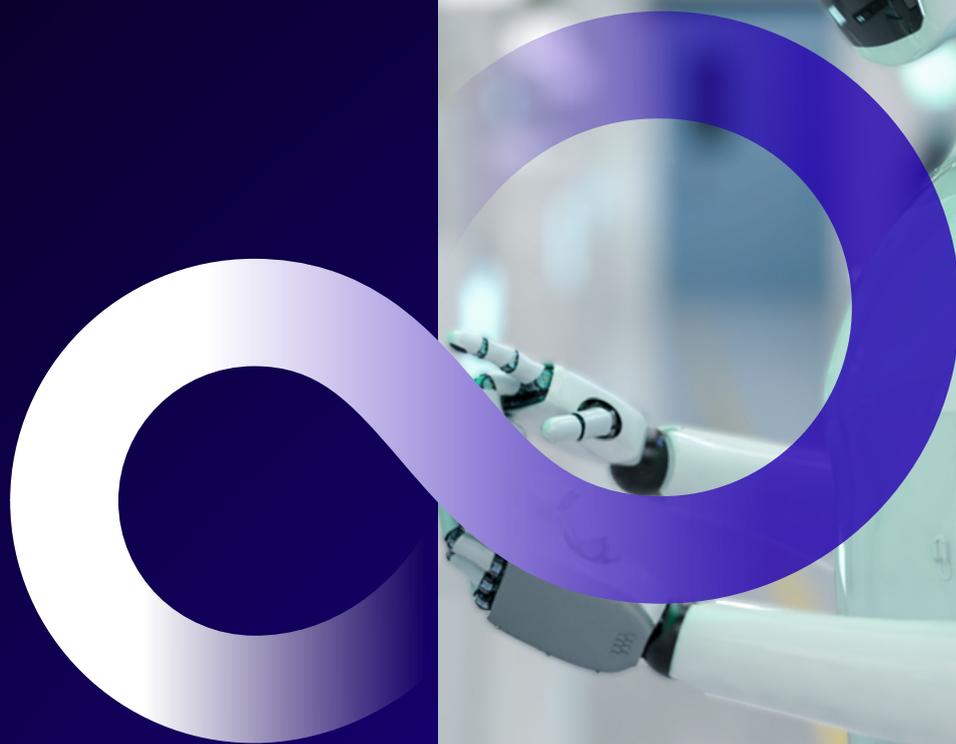


FUJITSU

フィジカルAIの台頭  
ヒューマノイド  
ロボットから  
産業の現実へ



# Contents

フィジカルAIの台頭：ヒューマノイドロボットから産業の現実へ

1. イントロダクション： なぜ今、ヒューマノイドロボットなのか	3
2. フィジカルAIの台頭： 産業変革の新たな駆動エンジン	4
3. グローバル・リーディングプレイヤーの実践： ハード×ソフト統合戦略のケーススタディ (米国トップ4)	5
4. 米中リーディングプレイヤー比較： 競争構造と戦略的示唆	7
5. 身体知能(エンボディドAI)の現在地と次の競争軸： VLA・ポリシー階層・制御スタックが切り拓く知能の実装論	11
6. 産業界への示唆とビジョン： ヒューマノイドが再構成する未来の事業モデル	14



# 1. イントロダクション： なぜ今、ヒューマノイドロボットなのか

近年、ロボット技術は飛躍的な進化を遂げています。高度化したセンサー、AIチップ、バッテリーなどのハードウェアに加え、AIモデルや制御ソフトウェアの性能向上が相まって、ロボットはもはや単一作業を繰り返す装置にとどまりません。動的な環境に適応し、状況判断から計画、実行までを自律的に担う“学習するロボット”が実用段階へと移行しつつあります。その背景には、生産性向上の限界、慢性的な労働力不足、そしてデジタル化の加速による新たな産業基盤の需要があります。

こうした潮流の中で、移動性と操作性を兼ね備え、人間に近い形態を持つヒューマノイドロボットへの関心が急速に高まっています。いわゆる「エンボディドAI」\*1として位置づけられる次世代ロボットは、従来の産業用ロボットを超え、汎用的な業務代替を可能にする潜在力を持ちます。将来的には、産業インフラそのものを支える基盤技術として期待されています。

技術的観点から見ると、フィジカルAIとは、AIが物理世界をモデル化し、因果関係を学習しながら行動を計画・実行する技術パラダイムです。ヒューマノイドロボットは、中でも世界モデル(World Model)と行動生成を最も高度に統合した、Physical AIの最先端に位置づけられる応用形態といえます。

この新産業をめぐるのは、AI技術で先行する米国と、政策支援と強固なサプライチェーンを武器とする中国が主導し、開発競争が一気に加速しています。加えて、従来型ロボットで強みを持つ日本や欧州勢も参入することで、技術革新とユースケース開拓が多層的に進む状況にあります。現時点では、AIモデル・AIチップに強みを持つ米国、そして量産・市場形成で優位に立つ中国が、製品化と実証の両面で一歩先行していると言えます。

本稿では、こうした国際的な競争環境を踏まえ、とりわけ米中のリーディング新興企業に焦点を当て、ヒューマノイドロボット産業の最新動向と特徴を整理します。特に先行企業のハード×ソフト統合戦略をケーススタディとして取り上げ、エンボディドAIの現在地と次の競争軸を検討します。最後に、産業界にとっての示唆と将来ビジョンを簡潔に提示します。

\*1 **フィジカルAI (Physical AI)**：センサーなどを通じて現実世界(フィジカル空間)の状況を認識・判断し、ロボットなどのアクチュエータ(駆動装置)を動かして自律的に現実世界のタスクを実行するAI

**エンボディドAI (Embodied AI)**：身体を持つ機械が、環境との相互作用を通じて学習し、知能を獲得するAI

**ヒューマノイドロボット (Humanoid Robot)**：人間の形状と動作を模したロボットで、AIにより自律的にタスクを遂行する機械

## 2. フィジカルAIの台頭： 産業変革の新たな駆動エンジン

世界のロボット市場は、従来の産業用ロボットから、協働ロボット(コボット)、AMR・移動ロボット、ドローン、車輪型ヒューマノイド、さらには手足を備えた本格的なヒューマノイドへと進化してきました(表1参照)。こうした次世代ロボットの発展は、精密部品・材料などのハードウェア、AIモデルや制御ソフト、そして人材・政策といったロボット基盤の高度化に支えられています。

表1 知能化・汎用化するロボットの進化

期間	観点	主要技術特徴	主要製品
2010年以前	固定機能・タスク自動化	固定タスク自動化、センサーなし	スカラロボット、産業用ロボット、AGV(無人搬送車)
2010 - 2025	知能強化ロボット	SLAM* ナビゲーション、モーションコントロール	6軸以上の協働ロボット、AMR**
2025 - 2030	高度なインテリジェンス	大規模マルチモーダルモデル、VLA***、強化学習	移動マニピュレーター、車輪付きヒューマノイドロボット、ToB(産業向け)ヒューマノイドロボット
2030年以降	汎用化知能	AGI(汎用人工知能)、汎用化、高い自律性	ToB(産業向け)/ToC(消費者向け)ヒューマノイドロボット

注：\*SLAM : Simultaneous Localization and Mapping, 自己位置推定と環境地図作成の同時実行

\*\*AMR : Autonomous Mobile Robot, 自律走行搬送ロボット

\*\*\*VLA : Vision-Language-Action, 画像(視覚)、テキスト(言語)、行動(アクション)を統合して、ロボットが自然な指示を理解し、自律的にタスクを実行できるようにするAIモデル

出所 : Morgan Stanley (June 16, 2025) "China's Emerging Frontiers: Robotics Unleashed, A New Era"を参考に著者作成

モルガン・スタンレーは、AIと実体経済の交差点における構造変化を分析し、モバイルデバイス(自動車・ドローン等)とロボットの境界は急速に曖昧化しつつあり、AIは身体能力を獲得して「フィジカルAI」へと進化していると指摘しています。ヒューマノイドに代表されるエンボディドAIが牽引する市場規模は年間4,300億ドルに達し、Agentic AI(4,900億ドル)に匹敵する水準が見込まれます。<sup>2</sup>

両者を比較すると、Agentic AIは高付加価値職種へのシフトなど幅広い職業影響をもたらす一方、Embodied AIは職種転換への影響は相対的に限定的であるものの、自動化および人的置換のインパクトはより大きくなると見られます。

市場面では、2025年がヒューマノイドロボットの量産元年となり、グローバル売上は30億ドル規模に到達する見通しであります。2030年には240億ドル、2035年には2,110億ドル、さらに2050年には約4.7兆ドルへ拡大すると予測されています。中国市場単独でも、出荷台数は2025年7,000台、2030年11.4万台、2035年約211万台に達するとされ、先進国を中心に2050年時点の累積稼働台数(ストック)は12億台規模に及ぶと見込まれます。<sup>3</sup>

技術面では、AIによる協調制御能力の高度化と自律性の向上に伴い、ロボットの適用領域は急速に拡大しています。短期的には、AI、センサー、モビリティ技術の融合により、工場、物流倉庫、商業サービス、さらには家庭領域へと用途が広がります。中長期的には、ヒューマノイドがロボット市場における最大のカテゴリへ成長する可能性が高いです。

\*2 Morgan Stanley (Jun 2, 2025) "[The Robots Are Coming](#)"

\*3 Humanoid Robot Summit (June 16, 2025) "[Morgan Stanley: China's Emerging Frontiers: Robotics Unleashed, the Arrival of a New Era](#)"

こうした巨大な潜在市場を背景に、現在、米中を中心として、テック大手、スタートアップ、既存ロボティクス企業、製造業大手など多様なプレイヤーが参入を加速させています。国際ロボット連盟(IFR)の調査によれば、世界15か国でヒューマノイド関連企業は計65社に達しており(四肢または車輪走行型ロボットを対象、上半身のみのロボットは除外)、産業エコシステムは急速に形成されつつあります。<sup>\*4</sup>

もっとも、McKinseyによると、現時点において各社の多くは依然として研究開発(R&D)段階にあり、パイロット導入段階の企業は41社、商用化初期(販売開始済み)はわずか7社に留まります。<sup>\*5</sup> この7社の内訳は、米国企業4社、中国企業3社であり、ヒューマノイドという新興産業領域において、米中が明確な先行ポジションを占め、開発競争はすでに本格化しています。

### 3. グローバル・リーディングプレイヤーの実践： ハード×ソフト統合戦略のケーススタディ (米国トップ4)

ヒューマノイド分野を先導する米中トップ7社を対象に、ハードウェアとソフトウェアを統合した開発戦略を検証します。まず米国企業の動向を整理します。

米国では、DARPA や国防総省による軍事・研究資金の投入によりロボット技術の基盤が形成されてきたが、民生分野の商業化は民間主導で進展しています。<sup>\*6</sup> 米国の自動化推進協会は「米国国家ロボット戦略のビジョン」を発表しました。主要政策や組織設置などを盛り込んだ提言書を米議会に提出しています。<sup>\*7</sup> 実際、NVIDIA、Tesla、Amazon、VCなどの積極投資が牽引役となり、ヒューマノイド領域はスタートアップ中心の競争構造を形成しています。

McKinseyは、米国企業の特徴として、アクチュエータ、制御、AIスタックを自社開発する垂直統合型アーキテクチャを重視している点を指摘します。<sup>\*8</sup> 性能最適化と安全性確保、IPの内製化を通じた競争優位の確立を狙い、段階的な商業化を進めている点が特徴であります。

#### Boston Dynamics

高度な運動制御技術を基盤に、Atlasなどで世界の研究開発を牽引。近年は学習ベースAIとの融合を進め、Toyota Research Instituteとの「Large Behavior Models」共同開発<sup>\*9</sup>など、従来制御と強化学習を組み合わせた次世代手法に注力しています。<sup>\*10</sup> 現代自動車グループ傘下で量産設計・信頼性規格への適合が進み、研究先行型から産業実装型への転換を試みています。運動性能と耐久性は依然、優れたレベルにあります。量産・本格商用化に関してははまだ発展途上です。一方で、Boston Dynamics は CES 2026 においてヒューマノイド「Atlas」の量産モデルを発表し、研究開発段階から本格的な量産フェーズへの移行を示すロードマップを明らかにした。<sup>\*11</sup>

\*4 IFR (July 2025) “[Humanoid Robots: Vision and Reality](#)”

\*5 McKinsey (October 15, 2025) “[Humanoid robots: Crossing the chasm from concept to commercial reality](#)”

\*6 IFR (July 2025) を参照; Nathaniel Stone (Sep 5, 2025) “[Why Chinese Robotics Firms Like UBtech Are Outpacing Western Competitors in the Humanoid Robotics Race](#)”

\*7 A3 (March 26, 2025) “[A3 Releases Vision for a U.S. National Robotics Strategy](#)”

\*8 McKinsey (October 15, 2025) を参照

\*9 Boston Dynamics Press Release (October 16, 2024) “[https://bostondynamics.com/news/boston-dynamics-toyota-research-institute-announce-partnership-to-advance-robotics-research/?utm\\_source=chatgpt.com](https://bostondynamics.com/news/boston-dynamics-toyota-research-institute-announce-partnership-to-advance-robotics-research/?utm_source=chatgpt.com)”

\*10 Brian Heater (February 5, 2025) “[Boston Dynamics joins forces with its former CEO to speed the learning of its Atlas humanoid robot](#)”

\*11 Boston Dynamics (January 5, 2026) “[Boston Dynamics Unveils New Atlas Robot to Revolutionize Industry](#)”

## Tesla

EVで培ったAI・制御・製造の垂直統合モデルをロボットに展開。汎用ヒューマノイド「Optimus」をDojoによる大規模学習と独自アクチュエータで進化させ、車両向け視覚認識・自動運転AIをロボット用に転用し、データ取得から学習・量産までを一社完結で回すスケール戦略を志向しています。<sup>\*12</sup> 一方、実運用に求められる成熟度や安全検証には課題が残ります。<sup>\*13</sup>

## Figure AI

VLAを軸とした学習ベース汎用制御の開発<sup>\*14</sup>と量産体制の同時構築<sup>\*15</sup>で急成長。BMW工場での実証運用により、ヒューマノイドを実産業へ初めて本格投入した先行企業となりました。<sup>\*16</sup> OpenAIなど大手テックとの連携により高水準の認知AIを統合し、「工場で即使える汎用ロボット」の商用モデル確立を最短距離で狙っています。開発速度と量産志向が強みですが、長期信頼性の実証はなお今後の課題であります。

## Agility Robotics

二足歩行ロボット「Digit」で物流・倉庫用途に特化し、産業実装を先行。自社開発の制御・統合プラットフォームによりAmazonなどとの実運用を実現しています。<sup>\*17</sup> 人間作業の補完を主眼としたシンプル設計を徹底し、作業動線・可搬重量・安全規格を倉庫業務に最適化している点が独自性です。<sup>\*18</sup> 即戦力としての実用性は高いが、汎用性の拡張は今後のテーマとなります。

## 米国トップ4 総括

米国勢はいずれもAI・制御・機構を内製で統合する垂直統合モデルを基盤に、安全性・信頼性を担保しつつ段階的に商業化する戦略を共有しています。

**Boston Dynamics**：運動性能と耐久性で研究・基盤技術を牽引、量産・商業化フェーズへの転換も見据えた動き

**Tesla**：EV流の量産スケール戦略で低コスト普及を志向

**Figure AI**：VLA + 量産同時展開で最速の社会実装を狙う

**Agility**：用途特化・即戦力型で実用化を先行

この「慎重な垂直統合×高信頼性路線」は、次章で述べる中国勢の高速展開・社会投入重視モデルと明確な対照軸を形成しています。

\*12 McKinsey (October 15, 2025) を参照

\*13 Nathaniel Stone (September 5, 2025) を参照

\*14 Figure (February 20, 2025) "[Helix: A Vision-Language-Action Model for Generalist Humanoid Control](#)"

\*15 Figure (March 15, 2025) "[BotQ: A High-Volume Manufacturing Facility for Humanoid Robots](#)"

\*16 BMW (November 9, 2024) "[Humanoid Robots for BMW Group Plant Spartanburg](#)"

\*17 Marcus Law (April 03, 2025) "[Advances in AI: Enhancements to Agility's Digit](#)";

The Robot Report (September 14, 2025) "[Agility Robotics explains how to train a whole-body control foundation model](#)"

\*18 McKinsey (October 15, 2025) を参照

## 4. 米中リーディングプレイヤー比較： 競争構造と戦略的示唆

### 中国ヒューマノイド新興トップ3：ケーススタディ

第3章で米国企業を見たのに続き、本章ではすでに量産と初期商用化に進んでいる中国の主要3社 (UBTECH、UNITREE、AGIBOT) を取り上げ、その戦略と競争力を整理します。中国勢の最大の特徴は、技術統合と量産を同時並行で進め、市場投入を最優先するスピード戦略にあります。

#### UBTECH (優必選)

UBTECH<sup>\*19</sup>は、AI、制御ソフト、ハードウェアを自社で一体開発するフルスタック型ヒューマノイド企業です。独自フレームワーク ROSA を軸に、マルチモーダル認識、自律移動 (SLAM)、LLM 連携によるタスク計画・実行を統合。意思理解から行動までの高度な自律化を目指しています。

ハード面では、アクチュエータの内製、高剛性・軽量構造設計、50自由度超の関節構成、バッテリー自動交換システムなど、量産性と実用性を両立する設計思想を確立。2,400件超の特許ポートフォリオと垂直統合体制を背景に、産業用途への展開で先行しています。

実際に EV 工場への導入実績を持ち、大口の受注も獲得しており、中国勢の中でもっとも産業実装に近い位置にあります。一方で、構造の複雑さによるコスト上昇や長期信頼性・安全性の実証不足など、スケール展開に向けた課題は残ります。

#### UNITREE (宇樹科技)

2016年設立の UNITREE<sup>\*20</sup>は、四足歩行ロボットで市場を切り開き、現在はヒューマノイドおよびマニピュレーターを含む幅広い製品群を展開しています。産業向けの H1、教育・研究向けの G1、低価格モデル R1 に加え、車輪型 G1-D も投入し、2024年のヒューマノイド販売は約1,500台に達しました。

最大の強みは、部品内製化率90%超という圧倒的な垂直統合とコスト競争力です。駆動系から制御基板、センサーまで自社開発し、迅速な量産と低価格展開を可能にしています。AI 基盤 UnifoLM による強化学習と、UniTracker による全身モーショントレーニングにより、人間らしい歩行・動作も実現しています。<sup>\*21</sup>

一方、安全基準への適合、耐久性、ペイロードなどは限定的で、用途は研究・教育・展示・エンターテインメントが中心。認知 AI (LLM)<sup>\*22</sup>の統合は発展途上で、知能面のフルスタック化は今後の課題です。

#### AGIBOT (智元ロボット)

2023年設立の AGIBOT<sup>\*23</sup>は、人との相互作用と意思決定能力を重視した AI 主導型ロボット開発を特徴とする新興企業です。自社開発の Embodied Intelligent Brain アーキテクチャと、マルチモーダル LLM WorkGPT を統合し、ユーザーの意図理解、環境認識、タスク適応を可能にしています。

製品には、接客・案内業務向けサービスロボット A2、汎用モデル RAISE A1 があり、教育・研究・商業用途に対応。2025年には製造業向け車輪型ヒューマノイド G2 を発表し、年間約3,000台の生産能力を確保。すでに累計1,000台超を生産しており、もっとも急速に商用フェーズへ移行している企業の1つです。

\*19 UBTECH <https://www.ubtrobot.com/en/about/company-profile>

Arendse Huld (April 7, 2025) "Investing in the Future: Opportunities in China's Humanoid Robotics and Embodied AI Industry"

\*20 Unitree Robotics <https://www.unitree.com/about>

\*21 百态老人 (2025年5月28日) "UnifoLM (Unitree Robot Unified Large Model) 技術架构解析" (中国語)

\*22 Reuters (July 25, 2025) "China's Unitree prices new humanoid robot at deep discount to 2024 model!"

\*23 Arendse Huld (April 7, 2025) を参照

## 中国トップ3の戦略的特徴(まとめ)

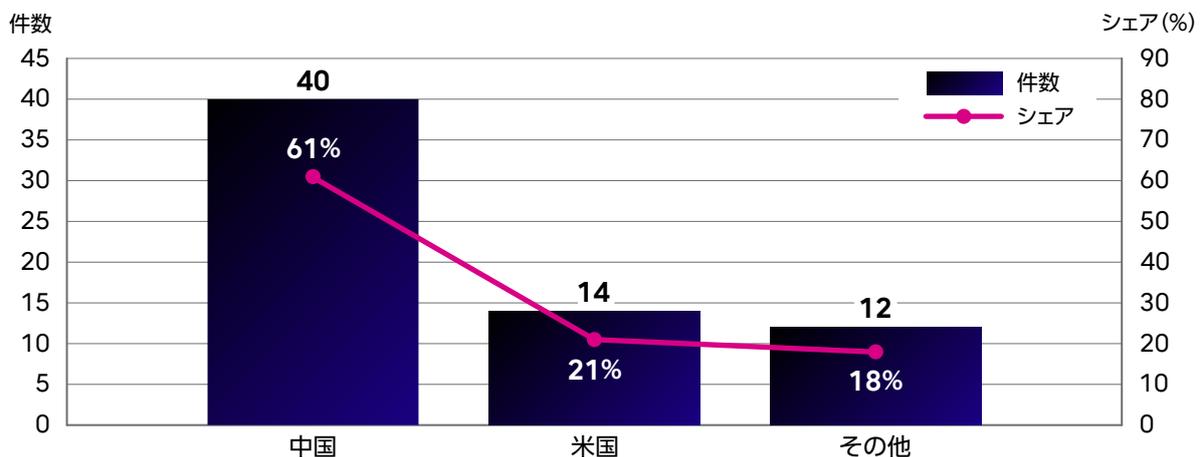
中国の主要3社は、それぞれ異なるフォーカスを持ちながら、共通して「スピード重視×量産先行」型戦略を採用しています。

- **UBTECH**：フルスタック開発による産業用途の早期実装を推進
- **UNITREE**：徹底したコスト競争力と量産スピードで市場浸透を加速
- **AGIBOT**：AI主導の知能化と対話性能で、人間との協働領域を開拓

## 米中トップ7社の特徴・戦略・商業化アプローチの整理

短期間で複数モデルを投入し、先行的に商業ポジションを確立している点は、中国勢の最大の強みです(図1を参照)。UBTECH、UNITREE、AGIBOTはいずれもサプライチェーンと緊密に連携し、ハード・ソフトの両面でオープンイノベーションを活用しながら、スピード重視の社会実装を進めています。一方で、安全検証、長期耐久性、自律性能の安定性、ROIの実証など、実運用フェーズで克服すべき課題も残されており、中国企業は「実装先行型モデル」の途上にあると言えます。

図1 国別に発表されたヒューマノイドロボット(2022~2024年)



出所：Morgan Stanley (February 6, 2025) “[The Humanoid 100: Mapping the Humanoid Robot Value Chain](#)”のデータを参考に著者作成

これに対し米国勢は、資本力と技術蓄積を背景に、アクチュエータ、制御系、AIスタックを内製化する垂直統合モデルを志向しています。サプライヤー依存を最小化し、システム全体の設計主導権を握ることで、性能最適化、安全性の高度化、IP防衛を同時に追求する戦略です。中国を中心とした特許出願の急増<sup>\*24</sup>を意識しつつ、独自スタックによる差別化と、防御可能な知的財産の構築を重視している点も特徴です。また、実証と検証を積み重ねながら商業化を進める「段階的成長モデル」を採っています。

この「中国の高速実装・量的拡大路線」と「米国の垂直統合・高信頼性路線」という対照的アプローチ(表2参照)こそが、今後のヒューマノイド産業における競争構造と主戦軸を規定していく構図となります。

\*24 Rieko Tsuji (March 27, 2025) “[Humanoid Robots –Technological Advancements Driven by Generative AI and the Launch of Pilot Programs–](#)”; Morgan Stanley (February 6, 2025) “[The Humanoid 100: Mapping the Humanoid Robot Value Chain](#)”

表2 米中主要ヒューマノイド企業の競争構造比較

企業名	特徴・優位性	戦略・商業化アプローチ
<b>Boston Dynamics</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高い運動能力・耐久性・信頼性を誇るモビリティ技術</li> <li>強化学習・大規模行動モデル導入で「知能身体+汎用行动」研究中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>垂直統合による制御・AI・ハード設計で性能最適化</li> <li>段階的商業化、実用性重視の産業用途テスト中心</li> <li>研究主導に加え、量産・商業化フェーズへの転換</li> </ul>
<b>Tesla (Optimus)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>量産志向とAI統合、車両AI資産を転用しスケール効率最大化</li> <li>自社垂直統合による制御・アクチュエータ開発、将来の汎用作業視野</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>量産前提のスケール戦略、大規模データ活用で学習最適化</li> <li>将来の工場・日常作業向け汎用化を視野に段階的実証</li> </ul>
<b>Figure AI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>俊敏な技術革新と量産体制、大規模生産施設BotQを運用</li> <li>汎用ロボットの实用化を推進、幅広い用途への柔軟適応性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>量産重視と商業契約による早期市場実装</li> <li>学習をベースとする制御を組み込み、幅広い用途適応を狙う</li> </ul>
<b>Agility Robotics</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実運用実績と産業用途への適応力</li> <li>脚付きフォーマットと安定運用プラットフォームが強み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定用途向けに最適化し、社内ソフト統合+外部委託でスケール</li> <li>倉庫・物流現場で段階的導入、汎用化は限定的</li> </ul>
<b>UBTECH (優必選)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フルスタック型:AI/制御・ハード垂直統合、50自由度超関節、長時間稼働</li> <li>特許・開発力・量産対応力が強く、産業用途導入実績あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発から量産まで垂直統合、産業設備適応力高い</li> <li>政府・地方支援を活用し早期導入・スケール拡大</li> </ul>
<b>UNITREE (宇樹科技)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コアコンポーネント自社開発率90%以上、低価格量産推進</li> <li>AI学習基盤UnifoLMにより柔軟な動作制御、多用途向けモデル展開</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低価格量産で市場浸透、複数モデル投入による学習速度加速</li> <li>研究・教育・サービス向け市場に集中、早期導入を推進</li> </ul>
<b>AGIBOT (智元ロボット)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>マルチモーダルLLM統合「Embodied Intelligent Brain」搭載、自律タスク実行</li> <li>対話・商業サービス向けデザイン、短期間で生産能力確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部生産能力活用で短期スケールアップ</li> <li>商業サービス向け導入と海外向け輸出も展開</li> </ul>

出所：著者まとめ・作成

## グローバル・ヒューマノイド市場における主要インサイト (米中比較からの示唆)

### 1. 開発哲学の違いが競争優位の形を決めます

中国企業は、幅広いサプライチェーンと短期開発サイクルを活かし、「多モデル同時投入×低価格量産×実装スピード」を武器に市場を広げています。UBTECH・UNITREEなどはオープンなエコシステムを活かし、スケールメリットを早期に獲得しようとしています。ただし、安全性・耐久性・動作安定性の確立には依然不確実性が残ります。

米国企業は、AI・制御・アクチュエータを含む垂直統合と独自スタックに軸足を置き、性能・安全性・知財保護を中核に据えています。TeslaやBoston Dynamicsが採る段階的商業化は、長期視点での信頼性確保には有効ですが、スケールメリットの出るタイミングが遅れやすくなります。

## 2. 次世代ヒューマノイドの競争軸は「AI統合力」

中米ともに、学習をベースとする制御とマルチモーダルAIの統合が競争の中心になりつつあります。

- **中国**：AGIBOTのマルチモーダルLLM、UBTECH/UNITREEの強化学習基盤など、AIを活用した汎用動作・自律性の拡張が加速。
- **米国**：Figure AIの学習制御、Helixに代表されるVLA、Boston Dynamicsの強化学習や外部研究機関との協働など、「大規模行動モデルによる汎用性獲得」を重視。

結論として、グローバル共通の競争軸は「AI統合力×制御スタック」です。

## 3. 市場投入スピードと安全・信頼性のトレードオフ

- **中国**：「早期投入×高頻度アップデート」によるリーン型アプローチで、実運用のフィードバックを高速に取り込み。
- **米国**：「段階的投入×垂直統合」によって、高信頼性・高安全性・IP保護を優先。

両者が成立させているのは、「高速実装・量的拡大」vs.「信頼性・安全性・長期価値」という構造的トレードオフです。

今後求められるのは、スピードと安全性を両立するハイブリッド戦略（迅速な反復×重要コアの内製化）であり、これが次世代ヒューマノイド産業のスタンダードになっていきます。

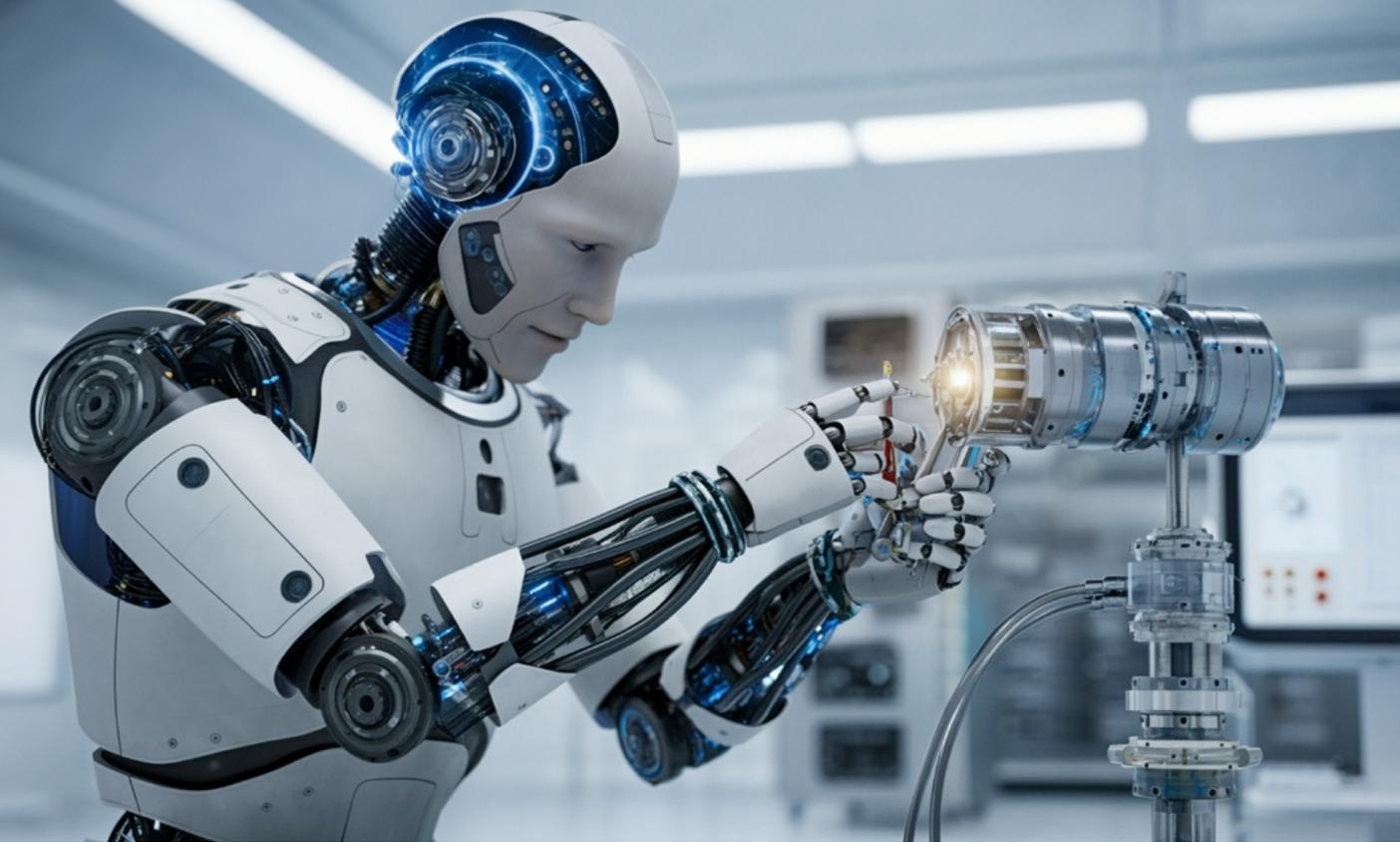
## ヒューマノイドロボット開発・導入のグローバル展開

2022年以降に公開されたヒューマノイドロボットを俯瞰すると、欧州・日本・カナダ・韓国など、米中以外の地域における開発件数も米国と同程度に増加しています。ノルウェーの1X Technologies、ドイツのNeura Robotics、日本のToyota Research Institute (TRI) など、世界的に注目される有力プレイヤーも登場しています。

導入側では、BMWやメルセデス・ベンツがヒューマノイド導入に向けたPoCを積極的に進めています。日本では、政府がロボティクス向け生成AI基盤やデータプラットフォーム整備に投資し、AISTやNEDOが基盤モデルとデータセット構築を主導しています。企業側でも、富士通はエンボディドAIに関連するWorld Model（空間理解、マルチロボット協調）技術の開発<sup>\*25</sup>を進めるとともに、NVIDIAとの戦略的協業を拡大しています。<sup>\*26</sup> さらに、産業ロボット大手の安川電機が有するAIロボティクス技術を融合したフィジカルAIの社会実装に向け、三社間での協業検討を開始するなど、大企業を軸とした取り組みが着実に広がりつつあります。

\*25 富士通 (2025年12月2日)「人とロボットが共存・協働する未来を拓く 空間World Model技術を開発」

\*26 富士通 (2025年10月3日)「富士通とNVIDIA、戦略的協業を拡大し、AIエージェントを統合したフルスタックAIインフラで産業変革を加速」  
その成果の1つとして「Fujitsu Kozuchi Physical AI 1.0」の開発・提供を開始



## 5. 身体知能(エンボディド AI)の現在地と次の競争軸： VLA・ポリシー階層・制御スタックが切り拓く 知能の実装論

エンボディドAIの競争軸は、高レベル制御(ワールドモデルや因果推論をどの深さで統合し、環境変化を予測しながら頑健に行動を計画・実行できるかというAI統合能力)と、ミドルレベル制御に急速に集約されつつあります。LLMはすでに成熟し外部統合が容易で、低レベル制御も産業ロボットの蓄積技術が横展開可能なため、差別化は生まれにくいです。したがって、ヒューノイドの汎用性と差異化を本質的に規定するのは、VLAモデルを中心とした身体知能であり、将来的には環境予測と自己更新を可能にするワールドモデルが鍵となります(表3を参照)。複雑な環境理解、操作スキルの汎用化、状況適応性をどこまで統合できるかが、企業の競争優位だけでなく、ヒューノイドロボットの早期実用化を左右します。これは産業・社会の変革基盤としてのロボット導入を加速させ、今後の投資・戦略判断の中心テーマとなります。

表3 身体知能(エンボディド AI)の知能階層マップ

階層(観点)	ヒューノイドの知能・制御	実際の企業例	人間の知能・制御(イメージ)
高レベル制御 (意思決定・目標達成)	VLAがLLM並の機能を持つ場合のモジュール:タスク理解・計画生成・状況に応じた推論	Figure(OpenAI系)、Tesla Optimus未来構想、など	大脳:意味理解・計画・意思決定
ミドルレベル制御 (運動計画・協調)	VLAの「Latent」または「Action」ポリシー:空間認識・物体操作プラン・一連動作の最適化(スキルレベルの行動)	Agility Robotics(Digit skill policy)、Tesla(motion planning stack)、など	大脳の運動関連領域:空間把握・動作プラン生成・協調動作
低レベル制御 (モータ制御・安定化)	サーボトルク制御・歩行安定化・リアルタイム制御ループ(制御スタックの最下層)	Boston Dynamics(高度バランス制御)、など	小脳・脊髄:微調整・姿勢制御・反射的反応

出所:著者まとめ・作成

表4は、米中リーディング7社におけるヒューマノイドの制御ソフトウェア・スタックを俯瞰したものです。各社のソフトウェア戦略は、以下のように整理できます。

## **Boston Dynamics**

拡散モデルによる汎用動作生成と、Toyota Research Institute (TRI) との Large Behavior Models (LBM) 共同開発を通じ、高度な VLA の構築を進めています。超高精度 MPC とトルク制御を中核とする身体知能において、依然として業界のリファレンスの存在です。また、Google DeepMind と戦略提携、「Gemini Robotics」基盤モデルを新型 Atlas に統合します。

## **Tesla**

自社開発のマルチモーダル LLM および VLA を、車両由来の大規模データで継続的に学習。模倣学習と強化学習を組み合わせ、視覚主導の量産型・汎用身体知能の確立を目指しています。

## **Figure AI**

OpenAI の最先端 LLM を高レベル認知・計画層に採用し、自社開発の Helix VLA により言語から行動への直接接続を実現。身体知能に特化した統合設計により、産業実装のスピードを最優先するアプローチを取ります。

## **Agility Robotics**

全身制御ファウンデーションモデルと MPC に注力し、歩行安定性と作業信頼性を最重要視する実務重視型戦略を採用。物流・倉庫といった明確な用途に最適化された堅実路線が特徴です。

## **UBTECH**

ROSA を中核とする独自基盤のもと、マルチモーダル認識、LLM 連携、VLA 制御を統合。知能スタックの標準化と産業展開を同時に狙う、中国勢の中でも総合力の高いプレイヤーです。

## **Unitree**

UnifoLM (VLA 相当) を軸に、強化学習と UniTracker による模倣学習で全身運動の汎用化を推進。高い身体性能と量産力を背景に、「動ける知能」を高速に市場展開する点に強みを持ちます。

## **AGIBOT**

WorkGPT、世界モデル、多層 VLA を統合した「Embodied Intelligent Brain」を構築。7社の中でももっとも AGI 志向が強く、認知・推論・行動を一体化した統合型知能アーキテクチャを志向しています。

表4 米中リーディング7社にみるヒューマノイド制御ソフトスタックの全体像

企業	高レベル (認知・計画/LLM・VLM)	中レベル (行動生成/VLA・ポリシー)	低レベル (運動制御/小脳相当)
<b>Boston Dynamics</b> <sup>*27</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ルールベース+限定的VLM</li> <li>• LLMではなく、Diffusion Modelsによる新しい思考方法</li> <li>• Google DeepMindとの戦略提携、AIモデル統合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 行動プリミティブ+学習ポリシー</li> <li>• TRIとLBMの共同開発など</li> </ul>	MPC(モデル予測制御)、など
<b>Tesla</b> <sup>*28</sup>	自社マルチモーダルLLM(計画・理解)	車用モデルDojoの横展開、視覚主導VLA+大規模模倣学習・RL	BWC(全身制御)・リアルタイム制御
<b>Figure AI</b> <sup>*29</sup>	OpenAI提携LLMによる認知・タスク計画	Helix VLA:言語→視覚→行動のend-to-end生成	内製全身制御・把持安定化
<b>Agility Robotics</b> <sup>*30</sup>	ルールベース計画+限定的VLM+LLM	全身制御ファウンデーションモデル+MPC	安定歩行制御・バランス制御
<b>UBTECH</b> <sup>*31</sup>	ROSA基盤+BrainNet+LLM連携	マルチモーダルVLA・タスク分解制御	全身協調制御・把持力制御
<b>Unitree</b> <sup>*32</sup>	一部製品でマルチモーダルLLM統合	UnifolM(VLA相当)+RL・UniTracker模倣学習	超高速全身トルク制御・歩容最適化
<b>AGIBOT</b> <sup>*33</sup>	WorkGPTマルチモーダルLLM+世界モデル	Embodied Intelligent Brain(多層VLA)	全身安定制御・力覚統合

出所: 様々な資料を参考に著者作成

全体として、**米国勢**はLLMや拡散モデルなど次世代AIとの高度な統合を通じ、ヒューマノイドの汎用性と知能水準の引き上げを重視しています。超高性能VLAの実装を軸に、研究開発から産業実装への移行を加速している点が特徴です。加えて、NVIDIA(先端半導体・VLA基盤)、OpenAI(最先端LLM)、Google DeepMind<sup>\*34</sup>(Gemini Robotics VLA、Gemini Robotics-ER)といった大手テック企業との戦略的連携は、ヒューマノイド企業にとって、高度なEmbodied Reasoning(ER)モデルと実行系VLAを同時に進化させる強力な後方支援となっています。

一方、**中国勢**はヒューマノイドのOS化や身体知能のスケールを重視し、知能スタックの標準化と横展開を志向しています。米国ほど巨大テック企業との連携は目立たないものの、有力大学・公的研究機関(例: UBTECH)や、Embodied Intelligence(米系有力ベンチャー企業)やVLA開発に特化したスタートアップ(例: AGIBOT<sup>\*35</sup>、Unitree<sup>\*36</sup>)との協業を積極的に進めています。ソフトウェア領域においても、オープンイノベーションを軸とした独自の発展モデルを形成しつつある点が重要な示唆です。

\*27 Boston Dynamics “[Large Behavior Models and Atlas Find New Footing](#)”;

Vlad Larichev “[Boston Dynamics just revealed how their new humanoids think – not with LLMs, but with Diffusion Models](#)”

\*28 Tesla “[AI & Robotics](#)”; Humanoid Robotics Technology “[Tesla Unveils Ambitious Optimus Humanoid Roadmap](#)”;

Lauren Edmonds and Lakshmi Varanasi(Sep 8, 2025) “[The story of Optimus, the humanoid robot at the heart of Elon Musk’s growth plans for Tesla](#)”

\*29 注13を参照

\*30 Agility “[Meet DIGIT](#)”, “Agility is using large language models to communicate with its humanoid robots Brian Heater”,

“[Training a Whole-Body Control Foundation Model](#)”; Marcus Law (April 03, 2025) “[Advances in AI: Enhancements to Agility’s Digit](#)”

\*31 UBTECH “[Core Technology](#)”; Aaron Saunders “[2026 Humanoid Robot Market Report: UBTECH’ Walker S2](#)”

\*32 注19、注20、注21を参照

\*33 Arendse Huld(April 7, 2025)を参照

\*34 Humanoids Daily(September 26, 2025) “[Google DeepMind Gives Robots a ‘Thinking’ Brain with Agentic Gemini 1.5 Models](#)”

\*35 AGIBOT “[Agibot x Physical Intelligence: Co-Advancing the Frontier of Embodied Intelligence](#)”

\*36 A-Bots.com “[A-Bots.com is Your Unitree R1 Software Partner - Unitree R1 Programming](#)”

## 6. 産業界への示唆とビジョン： ヒューマノイドが再構成する未来の事業モデル

これまで米中のリーディングヒューマノイド企業を中心に分析してきましたが、近年は欧州、日本、カナダ、韓国などでも有力なヒューマノイド開発が進み、地域的な広がりを見せています。日本や欧州は、FA 機器、モーター、減速機、制御といった世界有数の産業基盤と、高い安全設計・実装力を長年にわたり蓄積してきました。ドイツの自動車メーカーによる導入実証や、日本における政府主導の生成AI・ロボティクス基盤整備は、その潜在力を示しています。

一方で現状は、政府・大企業主導の動きが中心で、スタートアップ主導の高速な技術実証や商業化では米中に後れを取っています。米中トップ7社の比較から明らかのように、ヒューマノイド分野では「学習をベースとする制御×スタートアップ主導×商業化スピード」が進化の原動力となっています。日本・欧州が強みとする精密工学や信頼性と、AI時代に不可欠なスピードと柔軟性を融合させることが、競争力回復の鍵となります。

ヒューマノイドは、単なる労働代替ではなく、産業構造そのものを再設計する戦略的プラットフォームです。製造、物流、保守、医療、介護、教育、社会インフラに実装が進む国や地域は、生産性向上にとどまらず、産業主権と技術主導権を獲得するでしょう。その未来は自動的に訪れるものではありません。いま下される政策判断と産業戦略の積み重ねこそが、次世代産業文明の成否を決定づける。ヒューマノイドは、その選択を映し出す試金石となります。



## 著者紹介



### 金 堅敏(Jianmin Jin)博士

2020年～ 富士通株式会社 チーフデジタルエコノミスト

1998年～2020年 富士通総研 主席研究員

理工系と社会科学系の知見を融合する金 堅敏博士は、グローバルかつビジネスの視点からソートリーダーシップ活動を展開しています。グローバル経済、デジタルエコノミー、デジタルイノベーション、そしてAI時代の企業トランスフォーメーションを主なテーマに、リサーチと深いインサイトをもとに、インサイトペーパーの執筆、メディア寄稿、講演、コンサルティングなどを通じて、ビジネスリーダーに新たな視点と実践的な示唆を発信しています。

直近の著作物：以下の富士通ホワイトペーパー、ほか。

- ・ [海事産業の次の航路：AIエージェントが拓く自律化と競争優位](#) (2025年11月)
- ・ [Generative AI to Agentic AI: The Next Leap in Business Transformation](#) (October 2025)
- ・ [生成AI時代の企業基盤再構築～ITモダナイゼーションを超えて価値創造へ～](#) (2025年10月)
- ・ [生成AIで再構築されるファッションリテールの未来：AIネイティブ統合型プラットフォーム戦略への道筋](#) (2025年9月)
- ・ [金融業DX2.0：AIエージェントと共創する未来戦略～DX1.0を超えて、価値創造の新ステージへ](#) (2025年8月)
- ・ [AIエージェントと共に描く、インテリジェント製造進化の道筋](#) (2025年6月)
- ・ [変革と信頼の好循環を生む経営：AIと持続可能な未来戦略](#) (2025年6月)

著者は、このインサイトペーパーの作成中に貴重な助言や日頃の揺るぎないご支援をしてくださった伊藤 彰高、山田 茂史、森平 一生、鈴木 大祐、大橋 竜馬、新田 隆司、目黒 紘子、佐藤 由起子、月原 光夫に感謝申し上げます。

記載されている企業名・製品名などの固有名詞は、各社の商標または登録商標です。  
本資料は発行日現在のものであり、富士通によって予告なく変更されることがあります。  
本資料は情報提供のみを目的として提供されたものであり、富士通はその使用に関する責任を負いません。  
本資料の一部または全部を許可なく複写、複製、転載することを禁じます。  
富士通および富士通ロゴは、富士通株式会社の商標です。