

具現化された AI の変曲点：Figure 03 と グローバル人型ロボット時代の黎明

Gemini

序論：単なる機械を超えて - Figure 03 の戦略的意義

2025 年 10 月、Figure AI 社が発表した第 3 世代人型ロボット「Figure 03」は、単なる新製品の発表に留まらない。これは、人型ロボット産業が、長年にわたる投機的な研究開発の段階を終え、商業的実現可能性と地政学的な競争が交錯する、新たな覇権争いの時代へと本格的に移行したことを告げる市場定義的な出来事である。この発表は、これまで「もし実現すれば」という仮定の話であった汎用人型ロボットのマスマーケット展開が、「いつ実現するのか」という具体的なタイムライン上の課題へと移行したことを示す、決定的な変曲点として位置づけられる¹。

本レポートは、この歴史的な瞬間を、多面的なグローバル競争というレンズを通して分析する。特に、米国で生まれつつある多様な戦略と、中国が国家的な産業政策を背景に急激な台頭を見せている動向に焦点を当てる³。Figure 03 の登場は、技術的優位性、製造規模、AI ソフトウェアエコシステム、そして国家産業戦略といった、未来のロボット産業を規定する主要な戦場で、火蓋が切られたことを意味する。

今後の人型ロボット市場における勝者は、単一の技術的ブレークスルーによって決まるのではない。むしろ、洗練されたハードウェア、自己進化するソフトウェア、強靱なサプライチェーンの掌握、そして最も重要かつ困難な課題である社会的な受容性という、複雑に絡み合う要素を統合することに成功した者こそが、この新しい時代の覇者となるであろう。本レポートは、Figure 03 の発表が持つ戦略的な意味合いを深く掘り下げ、人型ロボットが我々の社会に浸透していく未来へのロードマップを提示することを目的とする。

第 1 章 Figure 03 の解剖：人間とロボットの新たなインタラクションパラダイム

Figure 03 の設計と機能は、単なる技術仕様の羅列としてではなく、商業的な成功と社会的な受容という、人型ロボットが直面する根源的な課題を解決するために練られた、意図的な戦略的選択の集合体として解釈されるべきである。そのデザイン哲学から技術アーキテクチャ、そして市場投入戦略に至るまで、Figure 03 はロボットと人間の関係性を再定義しようとする野心的な試みと言える。

デザイン哲学：受容性のためのエンジニアリング

Figure 03 の最も際立った特徴の一つは、その外観にある。従来の産業用ロボットが持つ無機質な金属のイメージを覆し、家庭や公共の空間に自然に溶け込むことを目指したデザインが採用されている。

この設計思想の中心にあるのは、「不気味の谷」現象の克服という、長年の課題への直接的な挑戦である⁶。「不気味の谷」とは、ロボットが人間に似てくるほど親近感が増すものの、ある一点を超えると急激に不気味さや嫌悪感を抱かせるようになる心理現象を指す。Figure 03 は、「ニットのようなスキン」または「ソフトグッズ」と呼ばれる布製の外装で覆われている⁸。この柔らかい質感は、人間とロボットとの間の心理的な距離を縮め、リビングルームのような生活空間に存在することへの抵抗感を軽減することを意図している。金属が剥き出しの機械が家庭内に存在する光景と比較して、柔らかなニットウェアを纏った人型ロボットの存在は、ユーザーの受容度を格段に高める可能性がある⁸。

さらに、このデザインは安全性にも深く配慮している。外装の下には、挟み込み事故を防ぐために戦略的に配置された多密度フォームが内蔵されており、硬い機械部品との直接的な接触を避ける設計となっている⁹。この外装は洗濯可能で、工具なしで簡単に取り外したり交換したりできるため、メンテナンス性も高い⁹。これらの特徴は、Figure AI が単に高性能な機械を開発しているのではなく、人間が日常的に共存する「製品」を設計していることを示している。このアプローチは、多くの競合他社がいまだ研究室の域を出ない中で、Figure AI が家庭市場という、より複雑で予測不可能な領域を明確に見据えていることの証左である¹。

技術アーキテクチャ：自律性と拡張性のための構築

Figure 03 の内部には、その野心的なビジョンを実現するための最先端技術が凝縮されてい

る。特に、完全な自律性と継続的な自己進化を可能にするためのアーキテクチャが際立っている。

ワイヤレス誘導充電：Figure 03 の足には充電コイルが内蔵されており、専用のワイヤレススタンドに乗るだけで2 kW の電力で充電が可能である⁹。これは、真にケーブルフリーな自律運用を実現するための画期的な機能と言える。商業施設での連続稼働や、家庭での「一日中必要に応じて自動的にドッキングして再充電する」というシナリオを実現するためには、物理的なケーブル接続の手間を排除することが不可欠である⁹。この機能は、ロボットの運用効率とユーザーの利便性を劇的に向上させる。

高度なセンサー群：ロボットの「目」となるビジョンシステムは、高周波数の視覚運動制御のために設計された次世代型である。旧世代の Figure 02 と比較して、フレームレートは2 倍、遅延は4 分の1 に短縮され、カメラあたりの視野は60 %拡大した⁹。これにより、AI である「Helix」は、より高密度で安定した知覚情報を得ることができ、家庭のような物が多く散らかった複雑な空間でのナビゲーションや精密な操作が可能になる。さらに、各手のひらには広視野・低遅延のカメラが統合されており、物を掴む際に主要カメラが遮られた場合でも視覚的なフィードバックを維持できる⁹。

触覚インテリジェンス：Figure AI は、市場の既存の触覚センサーでは実世界の過酷な使用に耐えられないと判断し、独自の高耐久性触覚センサーを内製した⁹。各指先に搭載されたこのセンサーは、わずか3 グラムの力、すなわち指の上に置かれたペーパークリップの重さを検知できるほどの感度を持つ⁹。この精密な触覚情報により、Helix は滑り落ちる前に確実なグリップを判断し、壊れやすい物体や不規則な形状の物体を巧みに扱うことが可能になる。これは、複雑な家事や産業タスクをこなす上で決定的に重要な能力である。

データオフロード：Figure 03 には、10 Gbps のミリ波データオフロード機能が搭載されている⁹。これは、フリート全体（配備された全ロボット群）が、現実世界でのインタラクションから得たテラバイト級のデータを高速でアップロードし、AI モデルの継続的な学習と改善に活用するためのものである。このデータ収集とフィードバックのループは、Figure AI の長期的な競争優位性の源泉となる。より多くのロボットが配備され、より多様なデータを収集するほど、Helix は賢くなり、ロボットの能力は向上する。この「データフライホイール」効果は、後発の競合他社が容易には追いつけない参入障壁を築く可能性がある。

デュアルユース戦略：工場を制して家庭へ

Figure AI の市場戦略は、産業用と家庭用という二つの領域を巧みに連携させる「デュアルユース」アプローチに基づいている。これは、技術の成熟度と市場投入の現実性を両立させるため

の、極めて合理的な戦略である。

同社はすでに、前世代機である Figure 02 を BMW の生産ラインで実証実験しており、産業用途での実績を積み重ねている⁸。工場のような構造化された環境は、ロボット技術を現実世界でテストし、耐久性や信頼性を証明するための理想的な場である。BMW の工場では Figure 02 が 5 ヶ月間、毎日 10 時間稼働しているという事実は、そのハードウェアが実用レベルに達していることを示唆している⁸。

この産業分野での展開は、単なる技術実証に留まらない。これは、収益を生み出し、量産体制を確立し、そして最も重要なこととして、AI モデル「Helix」を訓練するための膨大なデータを収集する機会となる。Figure AI の公式発表が「家庭の変動性や扱いにくさの問題を解決することで、職場での可能な限り広い範囲のタスクを実行できる真の汎用製品を開発している」と述べているように、同社はより困難な家庭環境への挑戦を最終目標としている¹⁰。工場での経験を通じて洗練された技術と AI は、最終的に家庭用ロボットの性能向上に直接的に貢献する。この戦略により、Figure AI は、多くの競合が直面する「鶏が先か、卵が先か」というジレンマ（高性能な AI がなければ普及せず、普及しなければ AI を訓練するデータが集まらない）を回避することができる。工場という比較的予測可能な環境で足場を固め、そこで得た技術的・経済的な力を、より広大で複雑な家庭市場へと展開していく。この二段構えのアプローチこそが、Figure AI の野心的なビジョンを現実のものとするための鍵なのである。

第 2 章 Figure AI の解剖：ロボット工学の巨人

Figure 03 という革新的な機械の背後には、現代のディープテック・スタートアップの成功法則を体現した企業、Figure AI が存在する。その急成長は、卓越したビジョンを持つ創業者、世界最高峰の頭脳の結集、巨額の資金調達、そして長期的な視点に立った明確な戦略の賜物である。

創業者とビジョン

Figure AI は 2022 年、連続起業家のブレット・アドコック（Brett Adcock）によって設立された¹⁴。彼は、電動垂直離着陸機（eVTOL）を開発する Archer Aviation や、人材マッチングプラットフォームの Vetterly を創業し、いずれも成功に導いた実績を持つ¹⁵。特に Archer Aviation のような、資本集約的で高度なハードウェア開発を伴う事業を成功させた経験は、人型ロボットという壮大な挑戦において極めて重要な資産となっている。

アドコックのビジョンは明確かつ壮大である。彼は、世界的な労働力不足を解消し、最終的には「すべての家庭に人型ロボットが存在する」未来を創造することを目指している¹。彼が公開した「マスタープラン」では、この事業を 30 年という長期的な視点で捉え、「成功の可能性は極めて低い」とリスクを認識しつつも、「地球上で最も大きく、最もインパクトのある企業の一つ」を築くという野心を隠さない¹⁶。この明確で力強いビジョンが、トップクラスの人材と巨額の資金を引き寄せる原動力となっている。

エリートチームの構築

アドコックは、そのビジョンを実現するために、業界の最高峰の才能を積極的に引き抜いてきた。Figure AI のチームには、Boston Dynamics、Tesla、Google DeepMind、Apple といった、ロボット工学と AI の分野をリードする企業出身の専門家が集結している¹⁵。その結果、チーム全体で 100 年以上の AI および人型ロボット開発経験を持つ、世界有数の頭脳集団が形成された²²。この卓越した専門知識の集中が、設立からわずか 1 年足らずで機能的なプロトタイプ（Figure 01）を完成させるという、驚異的な開発スピードを可能にしたのである²⁰。

攻撃的な資本戦略

Figure AI の成長を支えるもう一つの柱は、その驚異的な資金調達能力である。同社は設立から短期間で 17 億 5000 万ドル以上を調達している²⁴。特筆すべきは、2024 年 2 月のシリーズ B ラウンドで、評価額 26 億ドルで 6 億 7500 万ドルを調達し、さらに 2025 年 9 月のシリーズ C ラウンドでは、評価額 390 億ドルという驚異的な水準で 10 億ドル以上を調達したことである¹⁴。

この資金調達をさらに戦略的なものに行っているのは、その投資家の顔ぶれである。Microsoft、NVIDIA、Intel、Amazon（ジェフ・ベゾスを通じて）、そしてかつてのパートナーである OpenAI といった、テクノロジー業界の巨人が名を連ねている¹⁴。これは単なる資金提供に留まらない。Microsoft からは AI インフラ（Azure）、NVIDIA からはシミュレーションと計算資源、Amazon からは物流分野での巨大な潜在的需要といった、事業を加速させるための戦略的リソースへのアクセスを意味する²¹。これらの戦略的資本は、単なる資金力以上の強力な競争優位性となり、他のスタートアップに対する高い参入障壁を築いている。このエコシステム全体の価値こそが、390 億ドルという評価額に反映されているのである。

戦略的転換：OpenAI との決別と Helix の台頭

2025 年初頭、Figure AI は、投資家の一員でもあった OpenAI との提携を解消するという、業界を驚かせる決断を下した¹⁴。この動きは、Figure AI の最も重要な戦略的シグナルと解釈できる。

CEO のブレット・アドコックは、その理由を次のように説明している。「現実世界で大規模に具現化された AI（embodied AI）を解決するためには、ロボットの AI を垂直統合しなければならないことがわかった。ハードウェアをアウトソースできないのと同じ理由で、AI をアウトソースすることはできない」³²。この発言は、汎用的なクラウドベースの大規模言語モデル（LLM）は強力であるものの、真に自律的な人型ロボットが必要とする、低遅延で高頻度な、物理世界に根差した推論には不十分であるという結論に達したことを示唆している。

OpenAI のモデルは、主にインターネット上のテキストや画像という、身体性のないデータセットで訓練されている。しかし、ロボットは物理法則、因果関係、そして現実の物理的インタラクションの機微をリアルタイムで理解する必要がある。アドコックの決断は、ロボットのセンサー（視覚、触覚）、物理的な行動、そして AI の意思決定プロセスの間のフィードバックループが、極めて密接に統合されなければならないという思想に基づいている。「脳」をサードパーティに委託することは、遅延や目的の不一致、そして戦略的な依存関係を生み出す。

この戦略的転換は、同社が独自開発したエンドツーエンドの AI プラットフォーム「Helix」の本格的な始動を意味する。Helix は、Figure のハードウェアのために特別に設計された、視覚-言語-行動（VLA）モデルであり、ハードウェアとソフトウェアが共進化する垂直統合された「神経系」を構築する試みである⁸。Figure AI は、この独自の AI こそが、他社には模倣できない、防御可能な競争上の堀（moat）になると賭けているのである。この「AI 主権」とも呼べる思想は、同社の長期戦略の根幹をなしている。

垂直統合と製造：BotQ ファクトリー

Figure AI の垂直統合へのこだわりは、AI だけに留まらない。同社は製造プロセスにおいても、自社管理を徹底する道を選んだ。その象徴が、高効率な量産を目的とした専用製造施設「BotQ」の設立である⁹。

BotQ の初期目標は、年間最大 12,000 台の人型ロボットを生産し、今後 4 年間で合計 10 万台のロボットを生産することである⁹。この数字は、同社がプロトタイピングの段階を完全に脱し、大規模な商業展開を真剣に目指していることを明確に示している。

さらに、Figure 03 の開発においては、製造プロセスそのものが根本から見直された。コストが高く時間のかかる CNC（コンピュータ数値制御）機械加工から、ダイカストや射出成形といった量産に適した工法へと移行したのである⁹。ロボット工学の歴史は、技術的には優れていても商業的に成り立たなかったプロトタイプの実験場である。アクチュエータをはじめとする部品コストの高さが、常に普及の大きな障壁となってきた²。Figure AI が専用工場に多額の投資を行い、製造容易性（DFM）を考慮して Figure 03 を設計したことは、技術的な課題だけでなく、ユニットエコノミクスという商業的な課題にも正面から取り組んでいることの証である。この製造への強いコミットメントこそが、研究プロジェクトと真の商業的リーダーを分かつ重要な要素なのである。

第3章 アメリカの巨人たち：哲学の衝突

米国の人型ロボット市場は、単一の技術競争ではなく、未来のロボットのあり方を巡る、それぞれに異なる戦略的ビジョンを持つ巨人たちの衝突の場となっている。大量生産によるコストリーダーシップを目指す者、究極の運動性能を追求する者、そして特定分野での実用性を優先する者など、そのアプローチは多岐にわたる。

Tesla の Optimus ：大量生産というゲーム

Tesla が開発する Optimus は、同社が電気自動車で培った強みを最大限に活用する戦略をとっている。その哲学は、AI（完全自動運転、FSD のソフトウェアスタック）、バッテリー技術、そして大規模な量産能力を応用し、前例のないスケールで低コストの汎用ロボットを市場に投入することである¹⁸。

Optimus Gen 2 は、Tesla が自社設計したアクチュエータと 11 の自由度（DoF）を持つ手を特徴とし、同社の車両と同じ AI システムによって制御される³⁷。その主なターゲットは、まず自社の工場における労働力不足の解消であり、将来的には消費者向け製品としての展開を見据えている³⁶。イーロン・マスク CEO は、Optimus が Tesla を「25 兆ドル企業」にする可能性があるという、極めて野心的な見通しを示している³⁶。

Tesla の戦略を最も特徴づけているのは、3 万ドル以下という具体的な価格目標である³⁹。これは、圧倒的な生産規模を通じて、人型ロボットを一部のハイテク産業のツールから、広く普及するコモディティへと変貌させようとする明確な意図の表れである。

Boston Dynamics の Atlas : 究極の運動性能の頂点

Boston Dynamics の Atlas は、数十年にわたる研究開発の集大成であり、人型ロボットの動的な運動性能と敏捷性の限界を押し広げ続けてきた存在である。その開発は歴史的に米国防高等研究計画局（DARPA）の資金提供を受けており、技術的な極致を追求する哲学が根底にある

⁴⁰。

最近、長年活躍してきた油圧式の Atlas が引退し、完全に電動化された新しい商用バージョンが発表されたことは、同社が研究から製品化へと大きく舵を切ったことを示す重要な戦略的転換点である⁴⁰。新しい電動 Atlas は、腰や首の関節が 360 度回転するなど、人間の可動域を超える能力を持ち、人間らしい動きを模倣することよりも、タスクの効率を最大化することを優先している⁴²。

当面のターゲットは、その比類なき運動能力が独自の価値を提供するハイエンドな産業用途であり、親会社である現代自動車（Hyundai）との提携を足がかりに市場参入を図る⁴⁰。Atlas の最大の差別化要因は、二足歩行における最も困難な問題を解決してきた歴史と、他社の追随を許さない圧倒的な動的性能である⁴³。

Agility Robotics の Digit : 物流のスペシャリスト

Agility Robotics の Digit は、他の多くの企業とは一線を画す、極めて実践的で焦点の定まったアプローチをとっている。その戦略は、物流および倉庫オートメーションという、特定の高価値な垂直市場に特化することである⁴⁶。

Digit は、コンテナ（トート）の移動といったバルク品のハンドリングに特化して設計されている。人間中心に設計された施設、例えば階段や狭い通路を移動できる二足歩行の設計と、35 ポンド（約 16kg）という実用的な可搬重量を特徴とする⁴⁹。

主要なターゲットは大規模な物流事業者であり、特に Amazon の施設でのテスト運用に関するパートナーシップは、その商業的焦点を象徴している⁴⁷。Agility Robotics の差別化要因は、最初から「汎用」ロボットという複雑な課題に取り組むのではなく、単一で収益性の高い問題を解決することに集中している点にある。この「ウェッジ戦略」は、より安定した収益と規模拡大への道筋を提供する可能性がある。

Sanctuary AI の Phoenix : 器用さの virtuoso

Sanctuary AI の Phoenix は、人間のような知能と、特に「手」の器用さに重点を置いた開発哲学を持つ。その目標は、多種多様な微細な運動タスクを実行できる汎用ロボットの創造である⁵¹。

Phoenix の技術的な核心は、20 の自由度を持つ手と、触覚を模倣する独自のハプティックフィードバック技術、そして人間の認知サブシステムを再現することを目指す「Carbon」AI 制御システムにある⁵³。これにより、Phoenix は他のロボットが苦手とするような、繊細な操作が要求されるタスクを得意とする。

ターゲットは、精密なマニピュレーションが不可欠な、複数の産業にまたがる汎用的なタスクである。Sanctuary AI の差別化要因は、人型ロボット工学において最も困難な側面の一つである、手の器用さとそれを制御する AI に主要なリソースを集中させている点にある。

これらの米国企業間の競争は、市場がすでに多様なニーズに応じて分岐し始めていることを示している。Figure と Tesla は、「汎用」という究極の目標を追求するハイリスク・ハイリターンな道を歩んでいる。一方で、Agility Robotics は、まず一つの収益性の高い問題（物流）を解決するという、より焦点を絞った戦略をとっている。このアプローチは、汎用ロボットという壮大な技術的挑戦に比べ、よりリスクが低く、確実な収益化への道筋を描きやすい。物流という巨大市場を制覇できれば、そのキャッシュフローを元に、将来的により汎用的な野心へと繋げることも可能だろう。これは、Figure の「すべてを一度に解決する」アプローチとは根本的に異なる、市場参入戦略である。

各社の技術は、それぞれの商業化戦略を物理的に具現化したものと言える。Boston Dynamics の新しい Atlas が持つ、人間離れした動き⁴²は、家庭での利用を想定していないことを明確に示している。それは純粋な産業用ツールであり、親しみやすさよりも効率を優先している。Tesla がコスト削減に注力していること³⁹は、大衆市場、特に消費者向け製品という最終目標に不可欠な要素である。そして、Figure 03 の「ソフト」なデザイン⁸は、家庭への進出というビジョンを実現するための前提条件なのである。ハードウェアは、各社の事業計画そのものを映し出す鏡なのである。

第 4 章 東洋の龍の台頭：中国の協調的躍進

米国で多様な戦略が展開される一方、地球の反対側では、全く異なる競争力学が形成されている。中国の人型ロボット産業の台頭は、個々の企業の努力だけでなく、国家的な戦略と強力な政府支援に支えられた、協調的なエコシステムの結果である。これは、米国の競合企業にとって、無視できない強力な挑戦者となる。

国家戦略と政府の支援

中国政府は、「中国製造 2025 (Made in China 2025)」や「第 14 次五カ年ロボット産業発展計画」といった国家レベルの計画において、ロボット工学を最重要戦略分野の一つとして明確に位置づけている⁴。

これは単なるスローガンに留まらない。政府は補助金、産業パークの設立、研究開発への資金提供などを通じて、具体的な支援を行っている³。この政策の目的は、アクチュエータやセンサーといった基幹部品の国内サプライチェーンを強化し、外国技術への依存を減らし、最終的には人型ロボットの製造と配備において世界的なリーダーとなることである³。この国家主導のアプローチは、中国企業が成長し、規模を拡大するための肥沃な土壌を作り出している。これは、米国の企業が個々の企業として競争しているのに対し、中国の企業は国家的な産業政策という追い風を受けていることを意味し、本質的に地政学的な競争の様相を呈している。

中国の主要な人型ロボット企業

この強力な支援体制の下、中国では多数の有力な人型ロボット企業が急速に台頭している。

- **Unitree Robotics (宇樹科技)** : 四足歩行ロボットで名を馳せた Unitree は、人型ロボット分野にも積極的に進出している。高性能モデルの **H1** は、身長 1.8m、走行速度 3.3m/s というスペックを誇り、価格は約 9 万ドルから 15 万ドルとされている⁵⁷。一方で、小型の **G1** は、わずか 16,000 ドルという破壊的な価格設定を目標としており、同社が性能とコストの両面で競争する能力を持っていることを示している⁶⁰。
- **Fourier Intelligence (傅利葉智能)** : 医療・リハビリテーションロボット分野から参入した Fourier Intelligence の **GR-1** は、身長 1.65m、重量 55kg、可搬重量 50kg という高い能力を持つ汎用プラットフォームである⁶¹。同社はすでに **GR-1** の量産と、ヘルスケアや産業分野での商業応用を見据えている。
- **UBTECH Robotics (優必選科技)** : 中国の人型ロボットのパイオニアである UBTECH の **Walker S** は、身長 1.7m、41 の自由度を持つ大型の産業用人型ロボットである⁶⁴。すでに

電気自動車メーカーNIO の工場など、実際の生産現場に導入されており、商業的な実績を積み重ねている⁶⁶。

- **その他の新興企業**：Atribot (S1)、Robot Era (STAR 1)、Kepler Robotics (Forerunner K2) といったスタートアップが次々と登場しており、中国国内の競争環境が非常に深く、ダイナミックであることを示している⁶⁰。

競争上の優位性

中国企業は、いくつかの明確な競争上の優位性を持っている。

- **製造エコシステム**：中国が持つ比類なき電子機器製造およびサプライチェーンのエコシステムは、迅速なプロトタイピングとコスト効率の高い大量生産において、絶大なアドバンテージとなる⁵。
- **価格破壊**：Unitree のような企業は、このエコシステムを活用して、欧米の競合他社の価格を大幅に下回る可能性のあるロボットを提供している⁶⁰。これは、欧米企業のビジネスモデルに強烈な圧力をかけることになる。
- **イテレーションの速さ**：多数の企業が国内で激しく競争し、それが政府の支援によってさらに加速されることで、信じられないほどのスピードで開発とイノベーションが進んでいる³。

この状況は、人型ロボット市場における新たなパラダイムを生み出す可能性がある。**Boston Dynamics** のような米国企業が性能の頂点を目指す一方で、Unitree のような中国企業はコストを武器にする準備を整えている。Unitree G1 の目標価格である 16,000 ドル⁶⁰ は、欧米の同等品の数分の一である。たとえその性能がより高価なロボットの 80%であったとしても、その価格性能比は、広範なアプリケーションにおいて圧倒的に優位となる可能性がある。これは、市場を「グッドイナフ（十分な品質）」な製品で革命的な価格で席巻し、既存企業がコスト構造を調整する前に巨大な市場シェアを獲得するという、古典的な破壊的戦略である。この動きは、世界市場を、中国企業が支配する「マスマーケット/グッドイナフ」セグメントと、欧米企業が主導する「ハイエンド/ハイパフォーマンス」セグメントへと二極化させるかもしれない。

第5章 グローバル競争のランドスケープ：直接比較分析

人型ロボットを巡るグローバルな競争は、技術仕様の優劣だけでなく、各社が描く未来像、すなわちその根底にある哲学の違いによって特徴づけられる。このセクションでは、主要な競合

企業の戦略を比較し、詳細な仕様表を用いて、それぞれの技術的な賭けと市場でのポジショニングを明確にする。

哲学の比較分析

各社の戦略は、大きく四つの異なる方向性へと分岐している。

- **Figure AI**：AI と製造の垂直統合を志向し、産業用と家庭用の両市場を狙う「デュアルユース」戦略を掲げる。特に、社会的な受容性を重視したデザインが特徴である。
- **Tesla**：電気自動車事業で培った大量生産技術、コストリーダーシップ、そして AI とサプライチェーンの知見を武器に、市場のコモディティ化を目指す。
- **Boston Dynamics**：性能における絶対的なリーダーシップを追求し、その卓越した運動能力が不可欠となる、高価値で特殊な産業タスクに焦点を当てる。
- **中国勢（例：Unitree）**：国家的な製造エコシステムを背景に、迅速な製品開発サイクルと圧倒的なコスト競争力を武器に、市場の価格破壊を狙う。

主要比較表：人型ロボットの巨人たち

以下の表は、米国と中国の主要プレイヤーが開発するフラッグシップロボットの主要な仕様をまとめたものである。これにより、各社の設計思想と技術的なトレードオフが一目でわかる。

指標	Figure 03	Tesla Optimus Gen 2	Boston Dynamic s Atlas (Electric)	Unitree H1	Fourier GR- 1	UBTECH Walker S
身長	1.73m (5'8")	1.73m (5'8")	約 1.5m (5'0")	1.8m (5'11")	1.65m (5'5")	1.7m (5'7")
重量	61 kg	約 57 kg	89 kg	47 kg	55 kg	65 kg

可搬重量	約 20 kg	20 kg	非公開 (高)	30 kg	50 kg	非公開
速度	F02 の約 2 倍	8 km/h	2.5 m/s (9 km/h)	>3.3 m/s (>11.8 km/h)	5 km/h	非公開
自由度 (DoF)	35	28 (+手 22)	非公開 (高)	19 以上	最大 54	41
駆動方式	電動	電動 (Tesla 設 計)	電動 (カ スタム高 出力)	電動 (M107 モ ーター)	電動 (FSA)	電動
AI システ ム	Helix (自 社 VLA)	Tesla FSD AI	強化学習	ユーザー 開発 (ROS)	LLM 統合	マルチモ ーダル LLM
ターゲッ ト市場	デュアル ユース (産業、 家庭)	産業 (Tesla) 、その後 消費者	ハイエン ド産業	研究開 発、産業	産業、ヘ ルスケア	産業 (自 動車)
主要な特 徴	ソフトな デザイ ン、ワイ ヤレス充 電	コスト、 拡張性	究極の運 動性	速度、低 コスト	高い可搬 重量、器 用さ	工場統合
推定価格	非公開 (手頃な 価格を目 指す)	<\$30,00 0 目標	非公開 (ハイエ ンド)	約 \$90,000	非公開	非公開

出典	8	37	40	57	61	64
----	---	----	----	----	----	----

この比較表から、いくつかの重要な力学が浮かび上がる。まず、単一の「最高の」ロボットという概念は存在せず、市場はすでに特定の用途に合わせてセグメント化され始めている。

Boston Dynamics の **Atlas** は、特定の条件下で最高のパフォーマンスを発揮する「F1 マシン」に例えられる。**Tesla** の **Optimus** は、信頼性が高く手頃な価格で大量に供給される「トヨタ・カムリ」のような存在を目指している。**Agility** の **Digit** は、物流という特定の目的に特化した「フォード・トランジットバン」である。そして **Figure 03** は、都市（家庭）とオフロード（産業）の両方に対応できる「クロスオーバーSUV」のような、多用途性を追求している。顧客は、単一の勝者を選ぶのではなく、自らの特定のニーズ（運動性、コスト、器用さ、多用途性）に基づいて、最適な「ツール」を選択することになるだろう。

次に、ハードウェアの競争は物語の半分に過ぎないという点である。長期的な競争の主戦場は、**AI** とソフトウェアプラットフォームへと移行する。ハードウェアプラットフォーム（スマートフォンのようなもの）はある程度のコモディティ化が避けられない。真の価値は、ソフトウェアエコシステム（**App Store** のようなもの）に宿る。**Figure** の **Helix**、**Tesla** の **AI**、**Sanctuary** の **Carbon** はすべて、この独自の知的コアを構築しようとする試みである。新しいタスクを迅速に学習できる（新しいアプリをダウンロードするような感覚で）、最も適応性が高く、訓練しやすい **AI** プラットフォームを創造した企業が、ハードウェアのわずかな差にかかわらず市場を支配するだろう。この点で、一部の中国製プラットフォームが採用するオープンなアプローチ（**ROS** のサポートなど）⁷² と、**Figure** や **Tesla** がとるクローズドでプロプライエタリなアプローチは、注目すべき戦略的な分岐点である。

第6章 エンジンルーム：基盤技術と経済的現実

人型ロボット産業全体の進歩は、その根底にある基盤技術と経済的な制約によって規定される。このセクションでは、業界の発展ペースを左右する主要な技術的ボトルネックと、それを克服するための経済的な現実について掘り下げる。

アクチュエータの優位性

アクチュエータはロボットの「筋肉」であり、性能（速度、力、精度）とコストを直接決定づける、最も重要なコンポーネントである³⁴。人型ロボットは 30 から 50 個のアクチュエータ

の集合体であり、その部品表（BOM）において最大の割合を占め、しばしば総ハードウェアコストの 30%から 50%以上にも達する³⁴。

技術的な核心課題は、トルク密度（単位重量あたりのトルク、Nm/kg）を向上させつつ、重量、コスト、そして発熱をいかに削減するかにある¹⁰。アクチュエータ技術の進歩は、AI の華々しいニュースの影に隠れがちだが、市場の大量導入を左右する、より直接的で短期的な推進力となる。アクチュエータのコストパフォーマンスにおける 20%の改善は、LLM の会話能力における 20%の改善よりも、ロボットの商業的実現可能性に対して、より即時的かつ深遠な影響を与える。したがって、アクチュエータ供給業者と技術トレンドの動向は、業界の成熟度を測るための先行指標として注視すべきである。

手頃な価格への道：BOM コストの削減

現在の人型ロボットの価格帯（5 万ドルから 40 万ドル）は、従来の産業用ロボット（3 万ドル未満）と比較して非常に高く、普及の大きな障壁となっている²。コスト削減は、すべての主要プレイヤーにとって最優先の戦略目標である。

Figure AI は、製造方法を CNC 機械加工からダイカストのような量産プロセスに移行することで、この課題に取り組んでいる⁹。Goldman Sachs の分析によれば、高性能ロボットの BOM コストは、わずか 1 年で約 40%（約 25 万ドルから約 15 万ドルへ）低下しており、これは従来の予測を大幅に上回るペースである⁷³。この急激なコスト低下は、商業化へのタイムラインを加速させる重要な要因となっている。特に、Unitree に代表されるように、中国国内のサプライチェーンの発展が、世界的な価格低下に大きく貢献している³。

オペレーションの頭脳：具現化された AI と安全な強化学習（SRL）

具現化された AI（Embodied AI）とは、物理世界を認識し、推論し、行動する知能を創造するという壮大な挑戦である¹⁸。これらの AI システムを訓練するプロセスは、極めて複雑である。開発は、物理的なハードウェアに展開する前に、NVIDIA の Isaac Sim のようなシミュレーション環境を多用して、膨大な量の訓練データを生成することに大きく依存している。この「sim-to-real（シミュレーションから現実へ）」の転送プロセスは、開発効率を飛躍的に高める⁷⁴。

しかし、このプロセスには大きな課題が伴う。シミュレーションは常に現実世界の不完全な近似であり、摩擦、センサーノイズ、予期せぬ物体の特性などを完全にはモデル化できない。シ

ミュレーションで訓練された AI を物理的なロボットに転送した際に生じる性能の低下、いわゆる「sim-to-real ギャップ」は、具現化された AI における最後のフロンティアである。より優れたシミュレーションツールと、より頑健な転移学習技術を開発した企業が、物理的なテストに大きく依存する企業よりもはるかに速く AI を反復・改善できるようになるだろう。これが、NVIDIA がシミュレーションプロバイダーとして戦略的に重要な役割を担う理由である。

この文脈で、**安全な強化学習（Safe Reinforcement Learning, SRL）**は、不可欠な技術分野として浮上する。標準的な強化学習は試行錯誤を伴うが、数百万ドルのプロトタイプや人間の安全が危険に晒される状況では、それは許容できない。SRL は、ロボットが壊滅的な失敗につながる可能性のある行動をとることを防ぐため、安全上の制約を組み込んで訓練を行うことに焦点を当てている⁷⁵。これは、ロボットが研究室を離れ、現実世界で運用されるための、譲れない必須条件である。

第 7 章 市場の軌道と経済的インパクト

人型ロボットは、単なる技術的な好奇心の対象から、巨大な経済的機会へと変貌しつつある。このセクションでは、主要な市場予測を基に、その市場規模、採用のタイムライン、そして様々なセクターに与える変革的な影響を定量的に分析する。

市場規模と成長予測

金融大手 **Goldman Sachs** は、人型ロボット市場に関する重要な予測を発表している。それによると、市場規模は **2035 年までに 380 億ドル**に達し、これは以前の予測の **6 倍以上**にあたる。同期間の出荷台数は **140 万台**に達すると予測されている⁵。**Fortune Business Insights** のような他の調査機関はさらに積極的で、**2032 年までに市場規模が 660 億ドル**に達すると予測している⁸⁰。これらの予測は、業界が指数関数的な成長期に入りつつあることを示唆している。

段階的な採用タイムライン

人型ロボットの普及は、一夜にして起こるものではなく、段階的に進むと予想される。

- 第1 フェーズ（現在～5 年後）：産業と物流
最初の導入の波は、製造業、物流、倉庫といった構造化された環境で起こる。「危険、汚い、単調（dangerous, dirty, and dull）」な作業が主な対象となる。具体的なユースケースとしては、電気自動車の組み立て、部品の仕分け、コンテナのハンドリングなどが挙げられる²。Figure AI と BMW の提携や、Agility Robotics と Amazon のパートナーシップは、このフェーズがすでに始まっていることを示す好例である。
- 第2 フェーズ（5 年～10 年後）：商業とサービス
コストが低下し、能力が向上するにつれて、ロボットの導入はサービス産業へと拡大する。小売店での棚卸しや品出し、ヘルスケア分野での患者の移動支援、警備業務などが考えられる²。
- 第3 フェーズ（10 年後以降）：消費者と家庭
最終的なフロンティアは家庭であり、ロボットが日常の家事をこなすようになる。この段階に到達するには、最高レベルの安全性、汎用的な知能、そして社会的な受容性が不可欠となる。Figure AI は、この分野のリーダーとなることを明確に目標としており、早ければ2026 年には初期の家庭導入を目指している¹。

未来の高価値アプリケーション

工場や家庭を超えて、人型ロボットは人間が立ち入ることができない、あるいは立ち入るべきではない危険な環境での作業に不可欠な存在となる。これには、災害救助、原子炉のメンテナンス、鉱業、そして最終的には宇宙探査や他惑星でのコロニー建設といった、人類の活動領域を拡大するような高価値なアプリケーションが含まれる⁵。

この市場の拡大は、経済合理性の根拠が「労働力の代替」から「労働力の補完と実現」へとシフトしていることを示唆している。初期の議論はしばしば、ロボットが人間の仕事を奪うという点に集中しがちである。しかし、特に高齢化が進む先進国において、より強力な経済的推進力となるのは、人間だけではもはや埋めることのできない労働力不足の解消である。Figure AI のような企業は、自社のミッションを労働力不足への対応と明確に位置づけている¹⁸。多くの先進国が、労働人口の減少という人口動態の崖に直面している。この文脈において、ロボットは仕事を奪う存在ではなく、放置されれば経済停滞を招きかねない必要不可欠な労働を担う存在となる。この視点の転換は、公共政策や社会受容性の観点から極めて重要である。ロボットは雇用の脅威ではなく、経済成長と安定のためのツールとして認識されるべきなのである。

さらに、人型ロボット市場の台頭は、隣接する産業に巨大な二次的効果をもたらす。2035 年までに 140 万台のロボット需要が生まれるという予測⁵は、高性能アクチュエータ、特殊センサー、バッテリーメーカー、そして NVIDIA のような AI チップ設計者といった部品供給業者にとって、一大ブーム市場を創出することを意味する⁸⁰。また、ソフトウェア開発者、シミュレ

ーションプラットフォーム、データラベリングサービスへの需要も急増するだろう。人型ロボット産業は真空中に存在するのではなく、かつてスマートフォンがアプリ経済を生み出したように、新たな数兆ドル規模の技術エコシステムの中心的なハブとなる可能性を秘めている。

第8章 ヒューマン・エレメントの航海：安全性、倫理、そして社会的受容

技術的な実現可能性は、人型ロボットの大量導入に向けた必要条件ではあるが、十分条件ではない。最終的な成功は、人間の心理、安全規制、倫理規範といった、複雑でデリケートな非技術的障壁をいかに乗り越えるかにかかっている。

人間とロボットのインタラクション（HRI）における安全性

ロボットが、隔離された工場の檻の中から、人間と協働する環境や家庭へと活動の場を移すにつれて、安全性は最優先の懸念事項となる⁸³。これは、衝突の防止や衝撃を和らげる設計（Figure 03 のソフトな外装や内部フォームのように）といった物理的な安全性と、予測可能な行動や明確なコミュニケーションといった心理的安全性の両方を含む⁹。

倫理的・法的枠組み

自律型ロボットの台頭は、責任の所在、プライバシー、データセキュリティといった、重大な倫理的・法的な問題を提起する⁸⁷。もしロボットが損害を引き起こした場合、その責任は所有者、製造者、それとも AI 開発者の誰にあるのか。これは未解決の難問である。

ユネスコのような国際機関は、すでに AI に関する倫理ガイドラインの策定に着手しており、人間の監督、透明性、公平性、説明責任といった原則を強調している⁹¹。これらの原則は、将来の人型ロボットを規制する上で、極めて重要な基盤となるだろう。そして、この規制そのものが、新たな地政学的競争の舞台となる可能性がある。例えば、EU が GDPR のように、人型ロボットに関する厳格な安全性やデータプライバシーの基準を確立した場合、巨大な EU 市場で製品を販売したい企業はすべて、その基準に従わなければならない。もしこれらの規制

が、欧州やその同盟国の企業の能力を念頭に置いて設計されれば、異なる基準で製造された競合他社（例えば中国企業）に対する非関税障壁として機能する可能性がある。「安全」や「倫理」を定義する競争は、未来の市場の形を決定する競争でもあるのだ。

社会的受容性と不気味の谷

「不気味の谷」仮説は、人間に酷似したロボットが、親近感ではなく不気味さや嫌悪感を引き起こす可能性を指摘しており、社会的な受容性の大きな障害となりうる⁶。この現象を緩和するための設計戦略として、過度に写実的な外観を避ける「中程度の人間らしさ」や、滑らかで予測可能な動きを確保することが挙げられる⁷。Figure 03 のソフトで様式化されたデザインは、まさにこの原則を応用したものである⁸。

さらに、近年の研究では、LLM（大規模言語モデル）を搭載した高度な会話能力が、不気味さを大幅に軽減し、人間との信頼関係を築く上で有効であることが示唆されている⁹³。これは、ロボットの物理的な外観と同じくらい、AI が持つ「個性」が重要になることを意味する。

ハードウェアの性能がある程度コモディティ化していく中で、特に消費者市場においては、AI の会話能力や行動のニュアンスによって駆動されるインタラクション体験が、製品を差別化する主要な要因となるだろう。不気味の谷を乗り越える鍵は、より優れた会話能力にあるかもしれない。将来的には、複数の物理的に有能なロボットの中から、消費者は最も快適で、協力的で、信頼できると感じるインタラクションを提供するロボットを選ぶことになる。これにより、言語、トーン、インタラクションデザインに焦点を当てる AI 開発チームの重要性が高まる。企業は、単なるスペックだけでなく、今日の音声アシスタント（Siri、Alexa など）がそれぞれ異なるペルソナを持つように、自社の AI が持つ「個性」をマーケティングの前面に押し出すようになるだろう。

結論：戦略的展望と未来への主要指標

本レポートで詳述してきたように、Figure 03 の登場は、人型ロボット開発が新たな時代に突入したことを示す象徴的な出来事である。このグローバルな競争は、拡張可能なハードウェア、垂直統合された具現化 AI、そして社会的な信頼という三つの要素を制覇した者によって勝敗が決するだろう。

主要な分析結果の要約

分析の結果、人型ロボット市場は、それぞれ異なる哲学を持つプレイヤーによる多角的な競争の様相を呈していることが明らかになった。**Figure AI** は、技術、製品デザイン、そして規模拡大への明確な戦略をバランス良く組み合わせ、この変革的な産業において決定的な役割を果たすべく、極めて有利なポジションを築いている。米国の競合他社は、大量生産によるコストリーダーシップ（Tesla）、究極の運動性能（Boston Dynamics）、特定分野への特化（Agility Robotics）といった多様な戦略を追求している。一方で、中国は強力な国家戦略と製造エコシステムを背景に、コスト競争力と迅速な開発サイクルを武器に、長期的な視点で手強い挑戦者として台頭している。

今後注視すべき主要指標

この急速に進化する市場の動向を正確に把握するためには、以下の主要指標を継続的に監視することが不可欠である。

- **アクチュエータのコストパフォーマンス**：主要サプライヤーが提供するトルク密度あたりの価格（\$/Nm）の推移。特定の閾値を下回った時が、マスマーケットでの実現可能性が飛躍的に高まるシグナルとなる。
- **バッテリーのエネルギー密度**：バッテリー技術の進歩は、ロボットの稼働時間と運用効率に直結する。
- **AI の汎化性能ベンチマーク**：Helix のような AI モデルが、未知のタスクを最小限の追加データで学習する能力（ゼロショットまたはフューショット学習）。これこそが、真の汎用知能を測るための核心的な指標である。
- **規制のマイルストーン**：自律型人型ロボットに関する、最初の包括的な国内または国際的な安全性・責任基準の策定。
- **最初の大規模展開**：商業環境において、最初に 1,000 台以上のロボットの展開に成功した企業は、データと運用ノウハウにおいて計り知れないアドバンテージを得るだろう。

最終的な戦略的評価

今後 10 年間は、激しい競争と急速なイノベーションによって定義されるだろう。現在、米国は基盤となる AI 技術と最先端の研究開発でリードしているが、中国の製造能力と国家主導の戦

略は、長期的に見て強力な挑戦となる。このダイナミックな環境の中で、技術的な優位性だけでなく、市場のニーズを深く理解し、社会との共存を前提とした製品を設計し、そしてそれを経済的に持続可能な形で大規模に供給する能力が、最終的な勝者を決定づける。人型ロボットの時代は、もはやSFの世界の話ではない。それは、今まさに始まろうとしている経済と社会の次なる巨大な変革なのである。

引用文献

1. Figure 03 Is The Robot in Your Kitchen | TIME, 10月 13, 2025 にアクセス、
<https://time.com/7324233/figure-03-robot-humanoid-reveal/>
2. Humanoid Robots Gain Momentum, but Costs Limit Adoption - AI-Tech Park, 10月 13, 2025 にアクセス、
<https://ai-techpark.com/humanoid-robots-gain-momentum-but-costs-limit-adoption/>
3. China's service robots rollout gains pace, propelled by government policy support, 10月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.globaltimes.cn/page/202509/1344626.shtml>
4. The Industrial Robotics Industry in China: Demand and Domestic Innovation - United States International Trade Commission, 10月 13, 2025 にアクセス、
https://www.usitc.gov/publications/332/executive_briefings/chinese_industrial_robots.pdf
5. The global market for humanoid robots could reach \$38 billion by 2035 | Goldman Sachs, 10月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.goldmansachs.com/insights/articles/the-global-market-for-robots-could-reach-38-billion-by-2035>
6. Walking in the uncanny valley: importance of the attractiveness on the acceptance of a robot as a working partner - Frontiers, 10月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2015.00204/full>
7. The Uncanny Valley And Designing Trust in HumanRobot Interaction - iMotions, 10月 13, 2025 にアクセス、
<https://imotions.com/blog/insights/thought-leadership/the-uncanny-valley/>
8. Figure AI が「着せ替え」ロボット発表 | ニットウェアを纏った家庭 ..., 10月 13, 2025 にアクセス、
<https://innovatopia.jp/robot/robot-news/68520/>
9. 家庭で使える量産人型ロボ「Figure 03」 安全性に配慮、“足で ..., 10月 13, 2025 にアクセス、
https://www.itmedia.co.jp/aipplus/articles/2510/10/news096_3.html
10. Introducing Figure 03 - Figure AI, 10月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.figure.ai/news/introducing-figure-03>
11. Figure 03: The Best Inventions of 2025- Time Magazine, 10月 13, 2025 にアクセス、
<https://time.com/collections/best-inventions-2025/7318493/figure-03/>
12. Meet Figure 03: The Humanoid robot that can fold your laundry, tidy up room and wash dishes, 10月 13, 2025 にアクセス、

- <https://indianexpress.com/article/technology/tech-news-technology/figure-03-ai-powered-humanoid-robot-10300926/>
13. Humanoid robot-maker Figure partners with OpenAI and gets backing from tech giants, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://apnews.com/article/figure-humanoid-robot-openai-bezos-02ee0bf87ec46021c84646a882133c9a>
 14. Figure AI - Wikipedia, 10 月 13, 2025 にアクセス、https://en.wikipedia.org/wiki/Figure_AI
 15. en.wikipedia.org, 10 月 13, 2025 にアクセス、https://en.wikipedia.org/wiki/Brett_Adcock
 16. Bio — Brett_Adcock - Brett Adcock, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.brettadcock.com/bio>
 17. Figure AI - Bravo Victor Venture Capital, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://bv.vc/team/figure-ai/>
 18. Figure AI: What We Know About the Humanoid Robotics Company - Built In, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://builtin.com/articles/figure-ai>
 19. Master Plan - Figure AI, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.figure.ai/master-plan>
 20. Figure AI builds working humanoid within 1 year - The Robot Report, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.therobotreport.com/rbr50-company-2024/figure-ai-builds-working-humanoid-within-1-year/>
 21. Figure Raises \$675M, Announces OpenAI Partnership | Built In San Francisco, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.builtinsf.com/articles/figure-raises-675m-20240301>
 22. Figure AI, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.figure.ai/>
 23. Company - Figure AI, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.figure.ai/company>
 24. Figure - 2025 Company Profile, Team, Funding & Competitors - Tracxn, 10 月 13, 2025 にアクセス、https://tracxn.com/d/companies/figure/_mGB8ifRJofxLs0KlQhT-K0x9b67g4bQIEIT7bBN3B7c
 25. General-purpose humanoid developer Figure AI exceeds \$1 billion after Series C funding round - Robotics 24/7, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.robotics247.com/article/general-purpose-humanoid-developer-figure-ai-exceeds-1-billion-after-series-c-funding-round/>
 26. Figure Exceeds \$1B in Series C Funding at \$39B Post-Money Valuation - Figure AI, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.figure.ai/news/series-c>
 27. Figure Exceeds \$1B in Series C Funding at \$39B Post-Money Valuation - PR Newswire, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.prnewswire.com/news-releases/figure-exceeds-1b-in-series-c-funding-at-39b-post-money-valuation-302556936.html>
 28. Invest In Figure AI Stock | Buy Pre-IPO Shares - EquityZen, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://equityzen.com/company/figureb5dc/>

29. Invest in Figure AI: Private Investment Guide, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://tsginvest.com/figure-ai/>
30. Figure Raises \$675M at \$2.6B Valuation and Signs Collaboration Agreement with OpenAI, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.roboticstomorrow.com/story/2024/03/figure-raises-675m-at-26b-valuation-and-signs-collaboration-agreement-with-openai/22159/>
31. Figure AI breaks with OpenAI and promises an unprecedented advance in humanoid robots, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://inspenet.com/en/noticias/figure-ai-breaks-with-openai-and-promises-an-unprecedented-advance-in-humanoid-robots/>
32. Figure AI Ends OpenAI Partnership to Focus on In-House Robot Intelligence - Maginative, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.maginative.com/article/figure-ai-ends-openai-partnership-to-focus-on-in-house-robot-intelligence/>
33. 'Humanoid robots gain momentum, but hardware costs hold back mass adoption' - Rockingrobots, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.rockingrobots.com/humanoid-robots-gain-momentum-but-hardware-costs-hold-back-mass-adoption/>
34. Joint actuators: The fundamental component for humanoid robots's power and dexterity, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.roboticstomorrow.com/story/2025/06/joint-actuators-the-fundamental-component-for-humanoid-robots-power-and-dexterity/24924/>
35. AI & Robotics | Tesla, 10 月 13, 2025 にアクセス、 <https://www.tesla.com/AI>
36. Optimus Tesla Robot: Everything We Know So Far - Top Speed, 10 月 13, 2025 にアクセス、 <https://www.topspeed.com/tesla-robot-optimus/>
37. Tesla Optimus Gen 2 Review: Pros, Cons and How it Compares - Robozaps Blog, 10 月 13, 2025 にアクセス、 <https://blog.robozaps.com/b/tesla-optimus-gen-2-review>
38. Optimus (robot) - Wikipedia, 10 月 13, 2025 にアクセス、
[https://en.wikipedia.org/wiki/Optimus_\(robot\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Optimus_(robot))
39. Top 12 Humanoid Robots of 2025, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://humanoidroboticstechnology.com/articles/top-12-humanoid-robots-of-2025/>
40. Atlas (robot) - Wikipedia, 10 月 13, 2025 にアクセス、
[https://en.wikipedia.org/wiki/Atlas_\(robot\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Atlas_(robot))
41. Atlas | Boston Dynamics, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://bostondynamics.com/atlas/>
42. A Complete Review Of Boston Dynamics' Atlas Robot - Brian D. Colwell, 10 月 13, 2025 にアクセス、 <https://briandcolwell.com/a-complete-review-of-boston-dynamics-atlas-robot/>
43. Boston Dynamics Atlas Specifications - QVIRO, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://qviro.com/product/boston-dynamics/atlas/specifications>

44. Boston Dynamics' Atlas vs Tesla's Optimus: Comparing Modern Humanoid Robots, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://briandcolwell.com/boston-dynamics-atlas-vs-teslas-optimus-comparing-modern-humanoid-robots/>
45. Tesla Optimus vs Boston Dynamics Atlas - Robozaps Blog, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://blog.robozaps.com/b/tesla-optimus-vs-boston-dynamics-atlas>
46. Agility Robotics, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.agilityrobotics.com/>
47. Agility Robotics | GeekWire, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://cdn.geekwire.com/wp-content/uploads/2023/11/Company-Diligence-Agility-Robotics-1.pdf>
48. Agility Robotics' Digit: A Glimpse into the Future of Automated Labor - Unite.AI, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.unite.ai/agility-robotics-digit-a-glimpse-into-the-future-of-automated-labor/>
49. Agility Robotics Digit Reviews, Price, Use-cases, Compare... - QVIRO, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://qviro.com/product/agility-robotics/digit>
50. Our Solution - Agility Robotics, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.agilityrobotics.com/solution>
51. Sanctuary AI Phoenix Review: Worth The Hype? - Robozaps Blog, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://blog.robozaps.com/b/sanctuary-ai-phoenix-review>
52. Technology - Sanctuary AI, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.sanctuary.ai/technology>
53. Sanctuary AI Phoenix Specifications - QVIRO, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://qviro.com/product/sanctuary-ai/phoenix/specifications>
54. Phoenix - Humanoid.guide, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://humanoid.guide/product/phoenix/>
55. Understanding the new five-year development plan for the robotics industry in China, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://ifr.org/post/understanding-the-new-five-year-development-plan-for-the-robotics-industry-in-china>
56. How government policies will drive China's robotic surgery market - Clearstate, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://clearstate.com/china-robotic-surgery-market/>
57. Unitree H1 Humanoid Robot (w/ AI) - Top 3D Shop, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://top3dshop.com/product/unitree-robotics-h1>
58. Unitree H1 - Roboworks, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.roboworks.net/store/p/unitree-h1-humanoid-robot>
59. H1 - Humanoid Robots Wiki, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://humanoids.wiki/w/H1>
60. List of Biggest Manufacturers for Humanoid Robots - SentiSight.ai, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.sentisight.ai/biggest-manufacturers-of-humanoid-robots/>
61. Fourier GR-1 - Robot Details, Use Case and Specifications | Aparobot, 10 月 13, 2025 にアクセス、<https://www.aparobot.com/robots/fourier-gr-1>
62. Fourier_GeneralPurpose_Humanoid Robot_Assistant - FOURIER-Robotics, 10 月

- 13, 2025 にアクセス、 <https://www.fftai.com/products-gr1>
63. GR-1 - Humanoid.guide, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://humanoid.guide/product/gr-1/>
64. Walker S - UBTECH Robotics, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.ubtrobot.com/en/humanoid/products/WalkerS>
65. Top 10 Chinese Humanoid Robots of 2025, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://humanoidroboticstechnology.com/articles/top-10-chinese-humanoid-robots-of-2025/>
66. Walker S - Top Humanoid Robots, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.tophumanoidrobots.com/items/walker-s/>
67. The Humanoid Robotics Revolution: How Software is Unlocking the Future | Moonfire, 10 月 13, 2025 にアクセス、 <https://www.moonfire.com/stories/the-humanoid-robotics-revolution/>
68. Optimus Gen2 - Humanoid.guide, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://humanoid.guide/product/optimus-gen2/>
69. New Electric Atlas AI Humanoid Robot - Linkdood Technologies, 10 月 13, 2025 にアクセス、 <https://linkdood.com/new-electric-atlas-ai-humanoid-robot/>
70. Fourier GR-1, 10 月 13, 2025 にアクセス、 <https://static-gcs.edit.site/users-files/75329df683dc786c44cd1ae27c78c5f8/fourier-gr-1-humanoid-robot-introduction-3.pdf?dl=1>
71. UBTECH Robotics Walker S Reviews, Price, Use-cases, Compare...- QVIRO, 10 月 13, 2025 にアクセス、 <https://qviro.com/product/ubtech-robotics/walker-s>
72. Unitree H1-2 Robotic Humanoid - RoboStore, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://robostore.com/products/unitree-h1-s-robotic-humanoid>
73. Global Automation Humanoid Robot The AI accelerant - Goldman Sachs, 10 月 13, 2025 にアクセス、 <https://www.goldmansachs.com/pdfs/insights/pages/gs-research/global-automation-humanoid-robot-the-ai-accelerant/report.pdf>
74. Reinforcement Learning in Robotics : r/robotics - Reddit, 10 月 13, 2025 にアクセス、
https://www.reddit.com/r/robotics/comments/lafd4mf/reinforcement_learning_in_robotics/
75. Safe Reinforcement Learning 01: A Brief Introduction - People @EECS, 10 月 13, 2025 にアクセス、
https://people.eecs.berkeley.edu/~shangding.gu/courses/safe_rl/Course_Safe_RL_lecture_01.pdf
76. A human-centered safe robot reinforcement learning framework with interactive behaviors, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10665848/>
77. A Survey of Safe Reinforcement Learning Methods in Robotics - ITM Web of Conferences, 10 月 13, 2025 にアクセス、 https://www.itm-conferences.org/articles/itmconf/pdf/2025/09/itmconf_cseit2025_01014.pdf
78. Safe Reinforcement Learning for Arm Manipulation with Constrained Markov

- Decision Process - MDPI, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.mdpi.com/2218-6581/13/4/63>
79. Humanoids & Robotics - - Ventioneers, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.ventioneers.com/humanoids-robotics/>
80. Humanoid robots offer both disruption and promise. Here's why, 10 月 13, 2025
にアクセス、<https://www.weforum.org/stories/2025/06/humanoid-robots-offer-disruption-and-promise/>
81. Goldman Sachs: The Humanoid Robot Market Will Reach \$38 Billion By 2035, 10
月 13, 2025 にアクセス、<https://www.reemanrobot.com/news/goldman-sachs-the-humanoid-robot-market-will-83653296.html>
82. Humanoid Robots: Mass Adoption Hinges on Affordability and Scale | Jabil, 10 月
13, 2025 にアクセス、<https://jabil.com/blog/humanoid-robots-mass-adoption.html>
83. [PDF] Safety issues in human-robot interactions - Semantic Scholar, 10 月 13,
2025 にアクセス、<https://www.semanticscholar.org/paper/Safety-issues-in-human-robot-interactions-Vasic-Billard/c967d91abb76a2b908315dd8d0d4bdf86345a8f5>
84. Safety issues in human-robot interactions | Request PDF - ResearchGate, 10 月
13, 2025 にアクセス、
https://www.researchgate.net/publication/261415851_Safety_issues_in_human-robot_interactions
85. (PDF) Working Together: A Review on Safe Human-Robot Collaboration in
Industrial Environments - ResearchGate, 10 月 13, 2025 にアクセス、
https://www.researchgate.net/publication/321067127_Working_Together_A_Review_on_Safe_Human-Robot_Collaboration_in_Industrial_Environments
86. A Survey of Methods for Safe Human-Robot Interaction - Now Publishers, 10 月
13, 2025 にアクセス、
<https://www.nowpublishers.com/article/DownloadSummary/ROB-052>
87. HUMAN AND ROBOTS CODE OF CONDUCT: humanoid robots | Asamaka
Industries Ltd, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.automate.org/robotics/news/human-and-robots-code-of-conduct-what-do-we-need-to-know-about-working-with-humanoid-robots>
88. Robots and Human Rights: A Matter of Coherence? - EJIL: Talk!, 10 月 13, 2025 に
アクセス、<https://www.ejiltalk.org/robots-and-human-rights-a-matter-of-coherence/>
89. How Ethical Issues Raised by Human–Robot Interaction can Impact the Intention
to use the Robot? - PMC - PubMed Central, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8756753/>
90. Eight Recommendations for Ethical and Legal Assessments of Robotic Systems
Interacting with Humans (Chapter 25), 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.cambridge.org/core/books/cambridge-handbook-of-the-law-policy-and-regulation-for-humanrobot-interaction/eight-recommendations-for->

[ethical-and-legal-assessments-of-robotic-systems-interacting-with-humans/544ACAD08C58EA5DE2D67608DF400243/core-reader](#)

91. Ethics of Artificial Intelligence | UNESCO, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://www.unesco.org/en/artificial-intelligence/recommendation-ethics>
92. Neural Mechanisms for Accepting and Rejecting Artificial Social Partners in the
Uncanny Valley - PMC, 10 月 13, 2025 にアクセス、
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6697392/>
93. Mitigating the Uncanny Valley Effect in Hyper-Realistic Robots: A Student-
Centered Study on LLM-Driven Conversations - arXiv, 10 月 13, 2025 にアクセ
ス、 <https://arxiv.org/html/2503.16449v1>