

2026年4月24日 全7頁

フィジカル AI の社会実装に向けた課題

安全・品質・責任分界といった非技術的な点がボトルネックに

経済調査部 主任研究員 田邊 美穂

[要約]

- 近年、新たな実装領域として「フィジカル AI」への関心が高まっている。フィジカル AI は、ロボット等を通じて現実世界での行動や作業まで担う AI であり、従来の業務自動化とは異なる新たな AI 活用の形といえる。ただし、現実世界で動く以上、AI 技術の進展だけで自然に普及が進む分野ではない。
- 国際的には、米国は大規模な計算資源を背景に基盤モデルの高度化を起点とした展開で先行し、中国は政策主導のもと導入と標準化を同時に進めている。これに対し日本は、安全性や品質、現場適合を重視する分野で強みを有するものの、基盤モデルや計算資源への投資規模では米国や中国に見劣りする面もあり、米中型の規模競争は現実的とは言い難い。
- こうした中、日本政府は産業データを活かしつつ、国産の基盤モデルや評価・実証環境の整備を進め、製造業等の競争力強化につなげる構想を示している。このような戦略は、日本の強みが発揮されやすい領域に資源を集中するという点で、妥当と評価できる。
- しかし、フィジカル AI の社会実装に向けては、日本は開発・検証段階と導入段階で異なるボトルネックがある。前者では、安全性や業務影響への配慮から実地試行に制約があるため、シミュレーション基盤や計算資源の確保が重要となる。後者では、現場ごとの個別最適が実装負荷として顕在化しやすく、横展開や継続的な改善がしづらい。
- したがって、フィジカル AI の社会実装の成否は、技術性能の高さだけでなく、安全性や品質、責任分界といった非技術的条件をどう設計するかにも左右される。日本は、これらの条件を現場に即して丁寧に整理してきたことが強みである一方、今後はその強みを横展開可能な形へ転換できるかが焦点となるだろう。

1. はじめに

生成 AI や AI エージェントの実装が進む中で、近年、新たな実装領域として「フィジカル AI」への関心が高まりつつある。フィジカル AI とは、画像認識や言語理解といった情報処理にとどまらず、ロボット等を通じて現実世界での行動や作業まで担う AI を指す。これまで主にデジタル空間で価値を発揮してきた AI が、物理空間でも機能しはじめるという意味で、生成 AI や AI エージェントに続く新たな段階として期待されている。

こうした中、日本でも、産業用ロボットや製造現場の自動化に関する蓄積を背景に、フィジカル AI を今後の産業実装の在り方を左右する重要分野の一つとして位置づける動きもみられる。2025 年 12 月に閣議決定された「人工知能基本計画」では、信頼性や安全性を重視した AI の社会実装の具体的な施策としてフィジカル AI が明示的に取り上げられ¹、研究開発および実証を戦略的かつ統合的に促進する旨が明記されている。

もともと、フィジカル AI は現実世界での動作を前提とするため、AI 技術の進展のみで自然に普及が進む分野ではない。今後、社会実装の段階へと進む過程では、モデルの性能に加えて、安全性の確保や現場への適用、責任の所在の明確化といった技術以外の要素も重要となる。本レポートでは、フィジカル AI を簡潔に説明したうえで、国際動向との比較や社会実装に向けたボトルネックに関する議論を通じて、日本における位置づけと今後の課題を考察する。

2. フィジカル AI とは何か

フィジカル AI は、従来のロボットや自動化システムとは性格を異にする。従来型のロボットは、作業手順や動作を事前に詳細に定義し、想定された環境下で高い精度と再現性を発揮することを前提としてきた。一方、フィジカル AI では、環境や対象物のばらつき、予期せぬ状況に応じて判断や動作を調整する能力が重視される。この点で、フィジカル AI は単なる自動化の延長ではなく、「実行主体としての AI」への移行と捉えることができる。

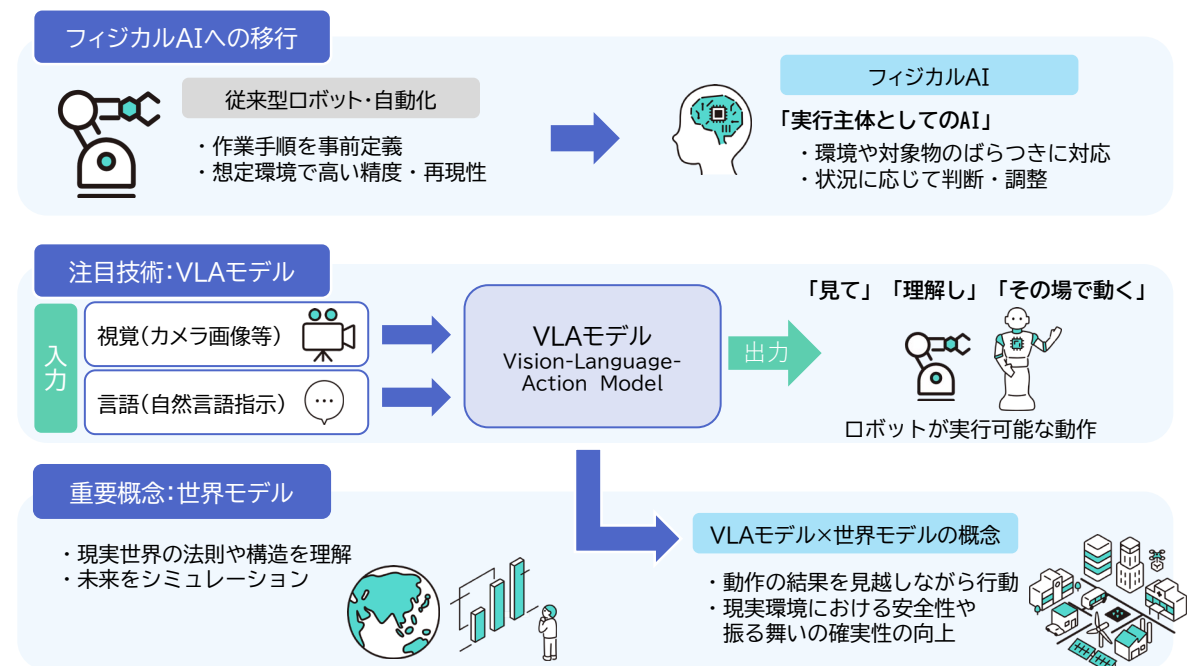
このような特性を支える技術として、ロボット基盤モデルの一つである Vision-Language-Action モデル（以下、VLA モデル）が注目されている。VLA モデルは、視覚（カメラ画像等）と言語（自然言語の指示）を入力として受け取り、ロボットが実行可能な動作（アクション）を直接出力するモデル群を指す。言い換えれば、ロボットが「見て」「理解し」「その場で動く」ための枠組みである。従来は、認識・状態推定・計画・制御といった工程を分けて設計することが一般的だった。VLA モデルでは、これらをまとめて扱い、指示と状況から行動までを一続きの処理として扱う点に特徴がある。

さらに、フィジカル AI を成立させるうえで重要な概念が世界モデルである。世界モデルとは、AI が現実世界の法則や構造を理解し、未来をシミュレーションするモデルを指す。フィジカル AI の文脈でみると、ロボットが行動したときに環境がどのように変化するか、すなわち

¹ 内閣府「[人工知能基本計画～『信頼できる AI』による『日本再起』～](#)」（令和 7 年 12 月 23 日閣議決定）

「動いた結果」を予測することを意味する。近年では、VLA モデルに、この世界モデル的な予測や推論の考え方を組み合わせた構成が登場している。これにより、目の前の状況に反応して動くだけでなく、動作の結果を見越しながら行動を選べるようになり、現実環境における安全性や振る舞いの確実性を高めることが期待される（図表 1）。

図表 1 フィジカル AI を支える主要技術



(出所) 各種資料より大和総研作成 (イラストはソコスト (<https://soco-st.com/>))

3. 国際動向と日本の立ち位置・戦略整理

米国・中国では、実装を前提とした開発・標準化が先行

フィジカル AI を巡る国際動向を見ると、米国と中国が主導的な立場にあるが、そのアプローチには明確な違いがみられる。

米国では、NVIDIA や Tesla、Figure AI などの民間企業を中心に、基盤モデルの高度化を起点に、民間主導で応用と実装を広げる動きが進んでいる。大規模な計算資源やシミュレーション環境、合成データの活用を背景に、個別現場ごとの差異や運用上の負荷を、モデル性能やデータ量、試行回数の積み重ねによって吸収し、技術側のスケールによって横展開を図る戦略が取られている。

一方、中国では、ヒューマノイドロボットやフィジカル AI を対象とした国家標準体系を整備する方針を打ち出す等²、政策面の強い後押しのもと、製造業やロボット分野での導入と標準

² The State Council Information Office of the People's Republic of China (SCIO), "[China releases national standard system for humanoid robotics and embodied AI](#)", 2026/3/2

化を同時並行で進めるアプローチが採られている。実際の現場への実装を通じて、技術や運用を早期に改善・固定化し、横展開が可能な形を整えていくことに意識が置かれている点の特徴である。現場実装を重ねながら、運用面も含めた「やり方」そのものを迅速に確立しようとする姿勢がうかがえる。

これらの国際動向と比較すると、日本は領域によって優位性を発揮しやすい分野と、そうでない分野がある。安全性や品質、現場適合が重視される製造・物流・インフラ分野では、例外対応や安定稼働、運用まで含めた完成度が求められ、日本がこれまで培ってきた強みが発揮されやすい。一方で、基盤モデルの性能競争や、大規模な計算資源投資を前提とした量産型の競争においては、資本力や計算資源の制約から不利になりやすく、モデル単体の汎化性能で米国や中国と正面から競う戦略は現実的とは言い難い。

日本では、強みが生きる領域と制約が同時に存在

このような国際環境を踏まえ、日本政府は「信頼できる AI」を軸に、開発・利活用・ガバナンス・社会実装を一体で進める方針を掲げている。中でもフィジカル AI については、産業データを活かしつつ、国産の基盤モデルや評価・実証環境の整備を進め、製造業等の競争力強化につなげる構想が示されている。とりわけ注目されるのは、実証を前提としたフィールド整備や、分野横断的なデータ利活用の推進である。フィジカル AI は現場ごとの差異が大きく、単発の実証では技術の成熟につながりにくいことから、複数主体が関与する実証環境を整え、試行と改善を継続的に回すことが意識されている。もっとも、現時点では方針面の整理が先行しており、どの領域で、どの水準まで踏み込むのかといった具体像は、なお流動的な部分も多い。

政府の戦略は、日本の強みが発揮されやすい領域に資源を集中するという点で、日本の置かれた条件に照らして妥当といえる。一方で、フィジカル AI の社会実装においてこれらを実現しようとする、従来型の個別最適を続ける場合であっても、共通化・横展開を志向する場合であっても、それぞれ異なる形で実装負荷が生じやすいという構造的な制約が存在する。

4. フィジカル AI の社会実装に向けた構造的なボトルネック

前章でも示したとおり、フィジカル AI の社会実装には、技術の進展だけでは解消されない構造的な制約が存在する。本章では、この制約が、開発・検証段階と社会実装段階のそれぞれにおいて、どのような課題として表れるのかを整理する（**図表 2**）。

開発・検証段階では、シミュレーション基盤の整備と計算資源の確保が鍵に

フィジカル AI は現実世界で動作するため、開発・検証する段階においては、実際の現場条件を踏まえた試行を重ねながら調整していくことが重要となる。しかし、実際の現場での試行にはさまざまな制約が存在する。例えば、検証中の予期せぬ動作は事故につながるリスクを伴う

ほか、稼働中の現場で検証を行う場合は、安全性や通常業務への影響の観点から試行回数や検証内容に制限がかかることが想定される。

このような運用上の制約から、学習や改良のために十分な試行を重ねることには限界があり、結果として、仮想環境で学習や検証を行う重要性が高くなる。とりわけ日本では、品質要求や安全要件に高い水準を求める傾向があり、仮想環境においてどこまで実際の現場条件を再現できるかが焦点となる。そのため、シミュレーション基盤の整備や計算資源の確保が、ロボット基盤モデルの研究・開発を進めるうえで、実装上のボトルネックとして顕在化しやすい。

ただし、仮想環境において実際の現場状況を高い精度で再現し、一定の性能を持つモデルを開発できたとしても、それだけで現場投入にあたっての課題が解消されるわけではない。フィジカル AI 全体に共通する技術課題として、Sim-to-Real がある。Sim-to-Real とは、仮想環境で学習・検証したモデルや動作を、現実の現場に適用する際に生じるギャップを指す。仮想環境では一定の条件下でうまく動作していても、照明条件や設備構成、対象物の個体差など、現場固有の要素によって挙動が変わることは避けられない。このため、シミュレーション上で十分な性能が確認されたとしても、現実環境への適用にあたっては追加的な調整や検証が不可欠となる。

社会実装段階では、個別対応の積み上がりが実装負荷に

これらの課題が一定程度クリアされても、社会実装の段階では別の種類の課題が浮上する。

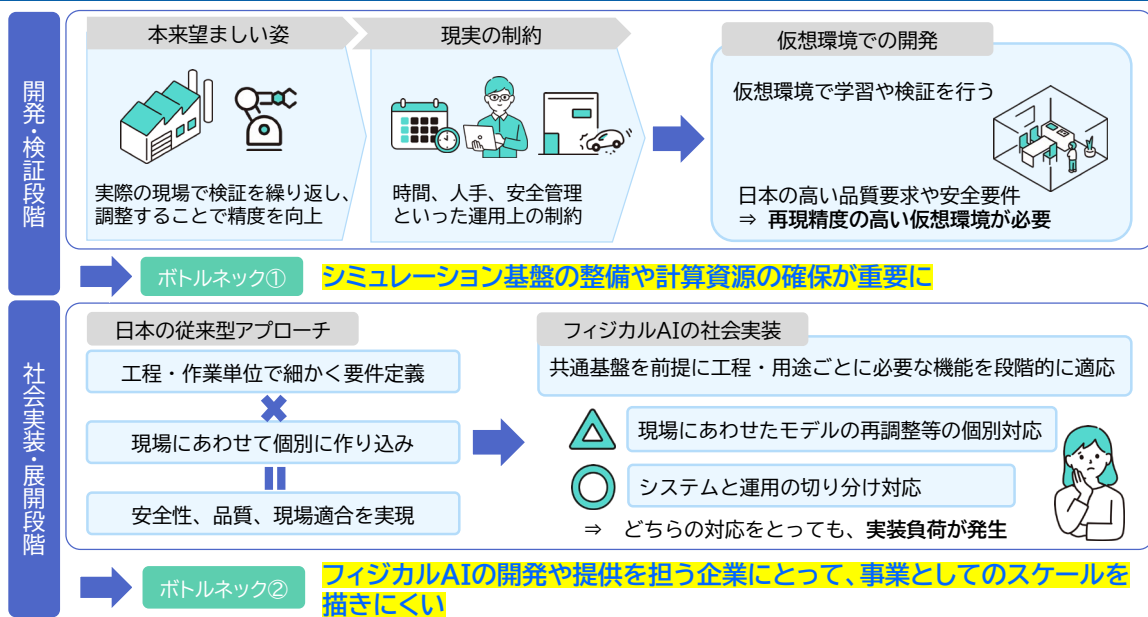
日本企業の現場への IT 導入や自動化は、工程や作業単位で要件を細かく定義し、現場に合わせて作り込む形で進んできた側面がある。これは安全性や品質、現場適合を高めるうえで合理性を持ち、個別最適を前提としたアプローチとして有効に機能してきた。

一方、フィジカル AI では、現場ごとに個別の AI を構築するのではなく、共通基盤を前提に工程・用途ごとに必要な機能を段階的に適用させていく設計が想定されており、技術設計そのものは共通化や横展開を前提に組み立てられつつある。もっとも、前述のとおり、仮想環境から現実環境への適用にあたっては、最低限の調整や検証は不可避である。そのうえで、従来は合理的であった「現場ごとの作り込み」を同じ粒度のまま適用した場合、個別対応が積み上がり、事業展開や継続的な改善と両立しにくくなるだろう。

実際の導入にあたっては、設備条件や作業手順、安全ルールといった現場固有の前提について、どこまでをシステム側で吸収し、どこから運用で対応するかを整理する必要がある。共通の設計方針があっても、現場条件に応じた確認や調整は避けられず、その過程自体が実装段階における新たな負荷となる。

すなわち、フィジカル AI は、従来型の個別最適を続けた場合にも、共通化・横展開を志向した場合にも、それぞれ異なる形で実装負荷が発生しやすく、結果として、フィジカル AI の開発や提供を担う企業にとって、事業としてのスケールを描きにくくする構造的要因となっている。

図表 2 フィジカル AI の開発・検証段階と社会実装・展開段階におけるボトルネック



(出所) 各種資料より大和総研作成 (イラストはソコスト (<https://soco-st.com/>))

5. フィジカル AI の社会実装は非技術的条件が左右する

フィジカル AI を巡っては、ロボット基盤モデルやシミュレーション技術、大規模計算資源の活用を通じて、技術面の論点は徐々に整理が進んでいる。米国や中国を中心に、研究開発から実証、実装に至る取り組みは加速しており、日本においても、政府が基盤モデルや評価・実証環境の整備に力を入れていく方針を示している。技術面に着目すれば、今後も性能向上や適用範囲の拡大が進む可能性は高い。

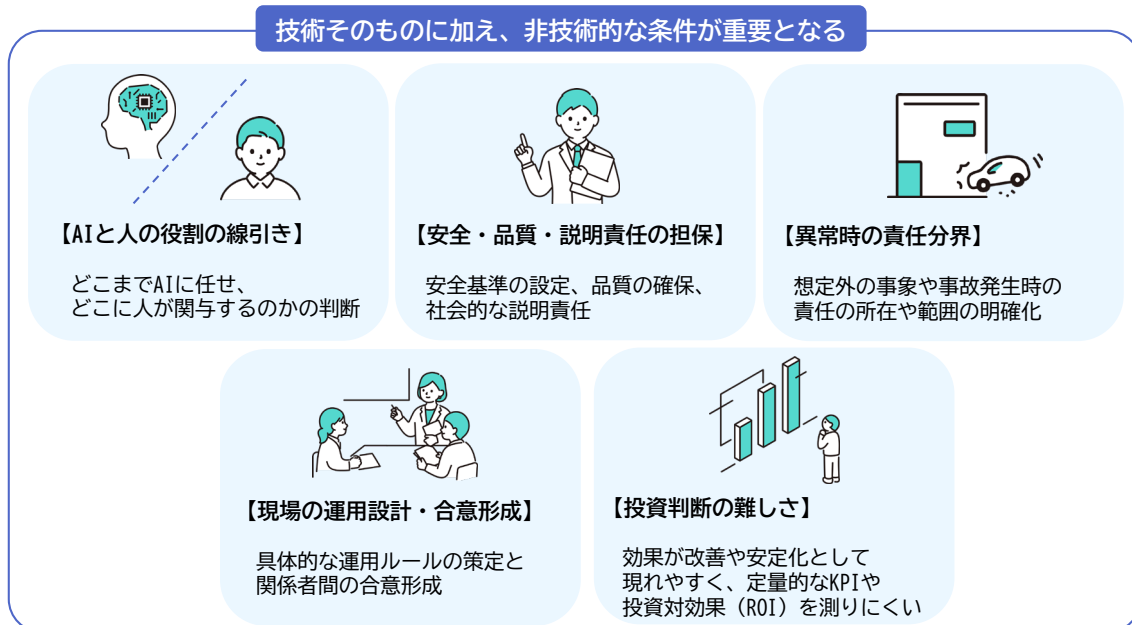
一方で、フィジカル AI の社会実装の成否を左右する要因は、必ずしも技術そのものに限られるわけではない。具体的には、どこまでを AI に任せ、どこに人が関与するのかという判断の線引きや、安全性・品質・説明責任をどのような形で担保するのかといった点である。さらに、異常時や想定外の事象が生じた場合の責任分界、現場での運用設計や関係者間の合意形成、投資対効果を測りにくいことによる意思決定の難しさといった、非技術的な条件が前面に出やすい (図表 3)。

特に日本では、品質や安全性、説明責任を重視する姿勢が強く、前章まででみた論点がフィジカル AI の社会実装における制約として表面化しやすい。政府の AI 戦略においては、日本が保有する質の高い産業データ等の活用によって AI モデルの性能および品質を高めていく方向性も示されているものの、データの網羅性や質には限界があり、データだけで異常時の判断や社会的リスクを完全に吸収することは難しい。このため、技術やデータ整備と並行して、判断や責任の整理、運用上の安全設計を含めた枠組みを構築していく必要がある。

また、異常時の責任分界については、技術や運用の実態を踏まえつつ、官民連携のもとで法

整備や制度設計を進めていくことが不可欠となる。例えば、自動運転では、技術的には高度な走行制御が可能になりつつある一方で、事故発生時の責任の所在や制度設計を巡る議論が、普及のペースに影響を与えている。同様に、工場や物流現場におけるフィジカルAIでも、不良品の発生や予期せぬ動作が起きた場合に、それを誰の判断や管理の問題として整理するのは、導入可否を左右する重要な論点となる。

図表 3 フィジカルAI 社会実装を左右する非技術的要因



(出所) 各種資料より大和総研作成 (イラストはソコスト (<https://soco-st.com/>))

以上を踏まえると、フィジカルAIの社会実装において重要となるのは、技術そのものに加え、非技術的な条件を含めた社会実装の設計である。日本では、長年、安全性や品質を、現場ごとの条件に即して高めていくアプローチが強みとして蓄積されてきた。この考え方は、フィジカルAIの社会実装においても重要であり、品質や説明責任が重視される分野では、競争力の基盤となり得る。一方で、フィジカルAIにおいては、そうした強みを個別の現場にとどめるのではなく、横展開可能な形へと転換し、実証から本番運用へと移行するプロセスを継続的に回していけるか、すなわち、現場ごとの差異を前提としつつも、それを吸収できる設計や運用の枠組みを整えられるかどうか、日本にとっての戦略上の鍵になるといえるだろう。

以上