



Physical AIと自律兵器 — 安全保障への新たな含意

安全保障貿易学会 研究大会 セッション2 報告
2025年9月27日

防衛研究所 理論研究部 研究員 清岡 克吉

本報告は個人の見解であり、所属するいかなる組織を代表するものではありません。

目次

1. Physical AI（物理AI）とは？
2. 安全保障・軍事上の含意
3. 小括-Dual Use性の観点から



主たる問い

1. Physical AI（物理AI）とは？
2. 安全保障利用にいかなる含意があるのか？



I. Physical AI (物理AI) とは？

I. 定義

“現実世界の物理的な法則を人工知能 (AI) に学習させることで、ロボットが周囲の環境の変化に対応し自律的に動けるようにする等の技術”

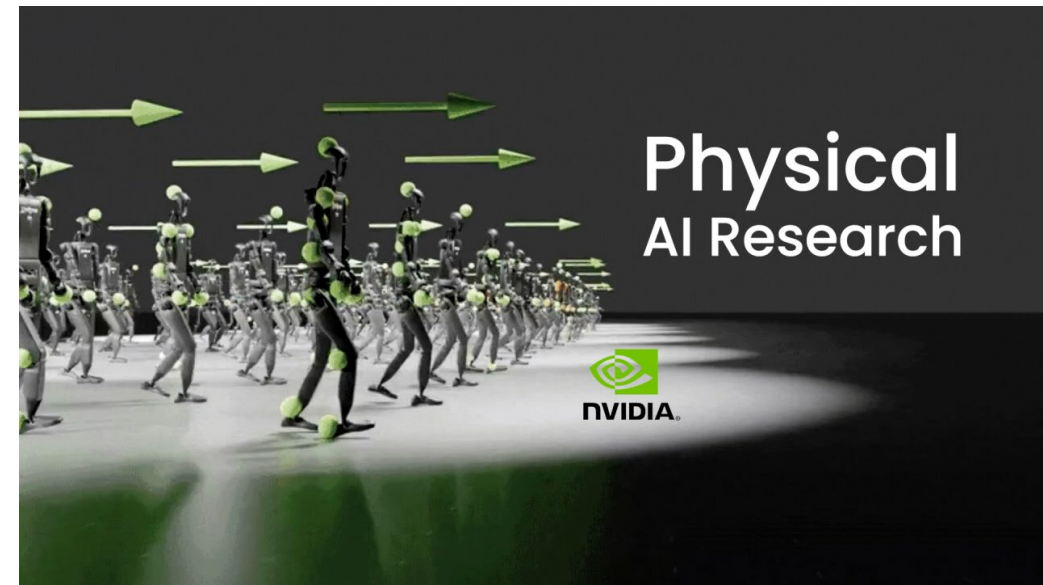
(NHK, 2025)

“物理的世界、つまり三次元の世界を理解する能力こそが、フィジカルAIと呼ばれるAIの新時代を可能にする”

(ジェンスン・ファン, NVIDIA CEO, 2025)

“物理的環境と直接相互作用し、人間のように柔軟かつ適応的にタスクを遂行する能力を備えたAI ロボット”

(研究開発戦略センター, 2025)



©NVIDIA, 2025.

➡物理環境中で自律的に知覚・推論・行動するためのAIを、センサ／アクチュエータ／材料・形態計算まで含む物理的実体に統合したシステム工学的アプローチ。

I. Physical AI (物理AI) とは？

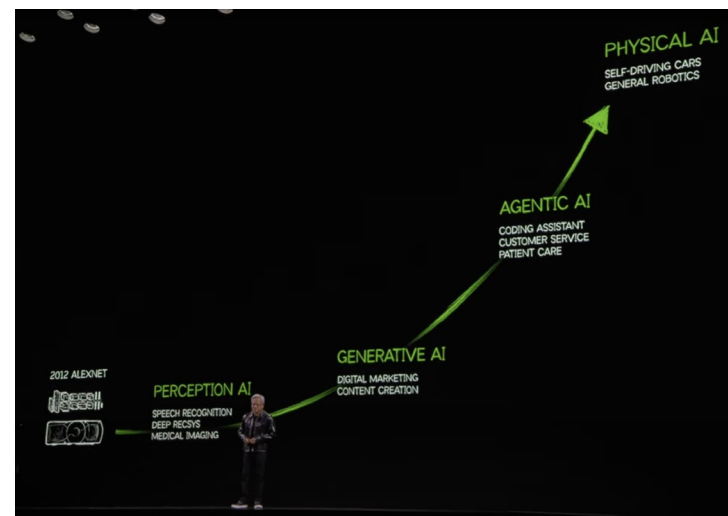
2. 経緯

- NVIDIA社CEOのジェンスン・ファンが2025年1月に行われCES2025基調講演でAIの次の段階を提示した。

Perception AI ➡ Generative AI ➡ Agentic AI ➡ Physical AI

- 従来の学術研究において“physical intelligence”や“embodied AI”と呼称されたものと定義はおおよそ重複。

➡Physical AIは全く新しい概念ではないが、AIの利用において新しくラベリングされたもの。



1. Physical AI (物理AI) とは？

3. 実現のために必要な能力

➤ 必要とされる処理能力

- 幾何学と空間的推理
- 物理的ダイナミクス(重力、摩擦、慣性)
- 時間の変化を予測し、適応する能力

Caption

➤ 必要とされる3つのコンピューティング

➤ トレーニングコンピュータ:

AIモデルの学習に必要な膨大なデータと計算能力を処理。

正確で信頼性の高いモデル生成に不可欠。

➤ シミュレーション/デジタルツインコンピュータ:

現実世界でAI / ロボットを作動させる前にテストや最適化を行う仮想環境の実現。

➤ 実装コンピュータ:

物理的に動作するマシンに搭載するもの。高速かつ省電力で動作する必要。

I. Physical AI (物理AI) とは？

4. 何を実現しうるのか？

- 言語指示における人間の意図を完全に理解し、周囲の環境を能動的に探索し、仮想環境と物理環境の両方からマルチモーダルな要素を包括的に認識し、複雑なタスクに対して適切な行動を実行。
 - 新たな運用環境ごとに再プログラミングする必要性がない。
 - 仮想環境での学習と推論を積み重ねることで、複雑な現実環境に効率よく適応。実地試験で数百万回に1度しか起きないエラーを学習。
 - ヒト型ロボットの実現性の向上。既存環境を大幅に変えず無人化・省人化。
- ➡ 自動運転車の効率向上、倉庫の効率化、製造ラインの無人化の促進など

I. Physical AI (物理AI) とは？



Boston Dynamics 「Atlas」



Tesla 「Optimus」



Agility Robotics 「Digit」

2. 安全保障・軍事上の含意

(1) 自律移動とナビゲーション

◆Wheeled/Tracked Robots, Quadruped Robots

- ・ センサ融合による障害物回避、自律経路探索。
- ・ 不整地・屋外環境での自律移動能≡監視・偵察・輸送など軍用無人地上車両 (UGV) の要求

(2) 視覚・言語統合 (Visual-Language Navigation, Grounding)

◆自然言語指示での環境探索、物体特定、行動計画。

- ・ 例：Visual Language Navigation (VLN)、Embodied Question Answering (EQA)。
- ・ 軍事的には、現場オペレーターが自然言語で指示→ロボットが即応というMUM-T運用が可能に。

(3) 能動的知覚と自己適応

◆Active Visual Perception により、未知環境でも探索行動を取りながら状況認識。

- ・ 電波妨害や通信途絶環境下で現場で自律的に意思決定可能。

(4) Sim-to-Real 適応

◆高精度シミュレーション環境 (AI2-THOR, Habitat など) で学習→実環境で運用。

- ・ 兵器開発や訓練シナリオで、実戦投入前に大規模シミュレーション訓練が可能。

2. 安全保障・軍事上の含意

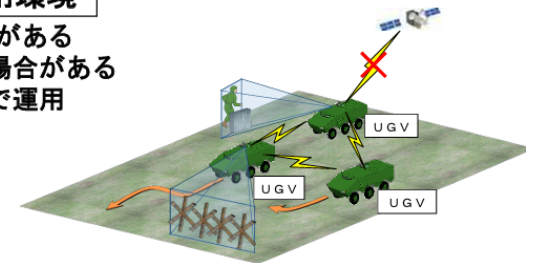
- シミュレートが困難である地上環境で運用されるUGVの実装を推進。
- Physical AIを通じ：
 - 未来の挙動や環境変化を物理的に予測し、移動体や人との相互作用にも柔軟に対応。
 - 視覚・言語・音声など多様なデータを扱い、複雑な指示や大規模システム全体での運用。



UGVの運用環境と課題

自衛隊において想定されるUGV※1の運用環境

- 妨害等によりGNSS※2が使用できない場合がある
- 状況の変化により既存の地図が使用できない場合がある
- 障害物が散乱している舗装されていない場所で運用
- 複数のUGVで協調して運用



自衛隊での運用構想イメージ

課題（獲得すべき技術）

- GNSSが使用できない状況における自己位置推定技術
- 変化する状況に応じて、逐次そのエリアの地図を作成する技術
- 舗装されていない場所においても走行可能な場所や障害物を検出可能な環境認識技術
- 複数のUGVを運用するための協調制御技術

※1：UGV：Unmanned Ground Vehicle（陸上無人機）

※2：GNSS：Global Navigation Satellite System（全地球衛星測位システム）

UGVのイメージ

（出所）防衛装備庁陸上装備研究所システム研究部
「UGVの研究～これまでの取組みと将来のビジョン～」2023年。

3. 小括

Physical AIは、

- 現実世界、物理法則を認識し、思考し、行動を出力する次世代AIとされる。
- デジタルツインを用いて物理環境のなかで大量の学習が可能。推論の質の向上につながるほか、自然言語での指令入力が可能。
- 安全保障・軍事用途では、最も実装が困難なUGVの領域における活用が見込まれる。
- 運用環境の特殊性はあるものの、デジタルツインの作成には、民間分野でのデータセットや需要を活用し、学習の効率化やコストの低下が見込まれる。

清岡克吉

防衛研究所理論研究部 研究員

kiyooka-katOnids.go.jp (○を@に置き換えてください。)