

第1章 なぜ今フィジカルAIか

研修ガイドンス

この研修で何を学び、何ができるようになるか

- ① フィジカルAIの全体像と技術スタックを理解する
- ② 産業別の活用事例と日本の戦略ポジションを把握する
- ③ 自分のキャリアと組織への示唆を具体化する

全9章 構成マップ

Ch.1 なぜ今フィジカルAIか

Ch.2 フィジカルAIとは何か

Ch.3 ロボットの歴史と種類

Ch.4 キーデバイス

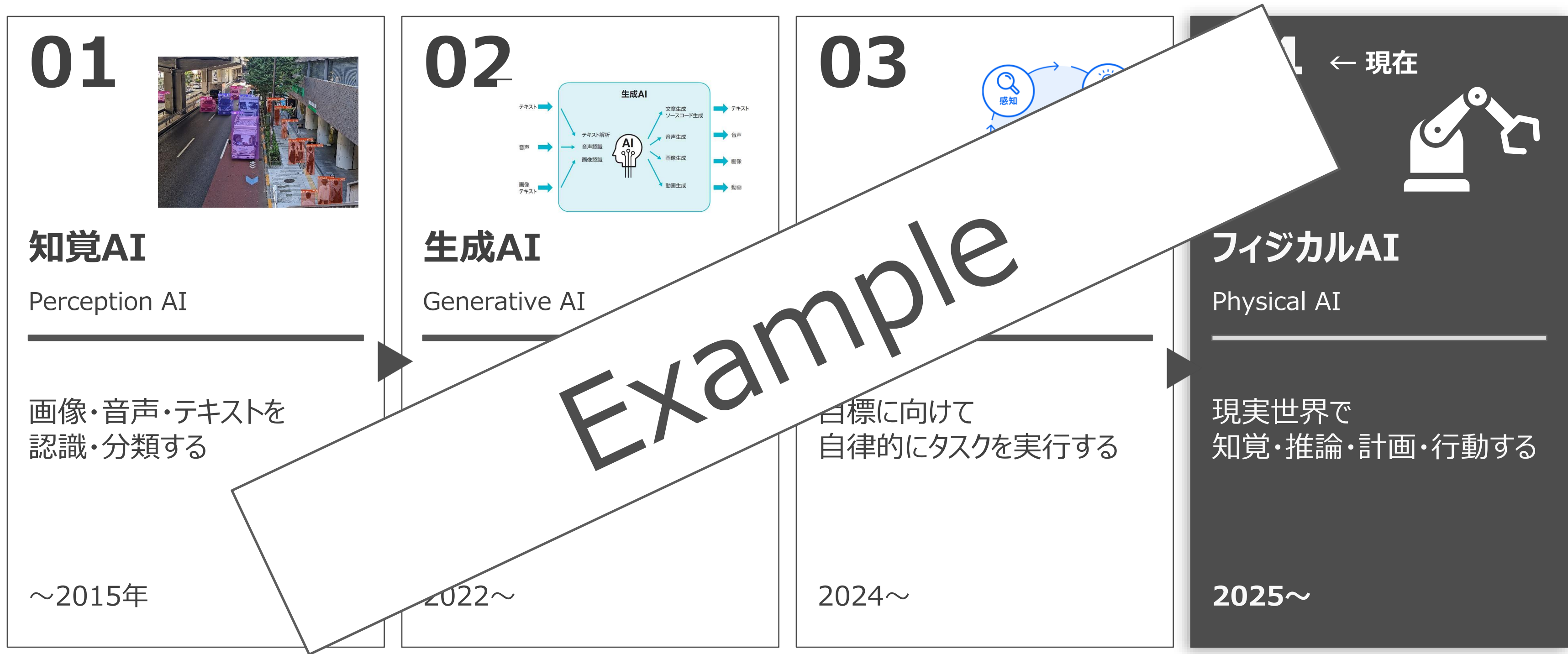
Ch.5 学習技術とソフト基盤

Ch.6 産業別活用事例

Ch.7 グローバル競争と日本

Ch.8-9 課題・まとめ

NVIDIAフレームワーク：私たちは今まさに「第4ステージ」の入口に立っている



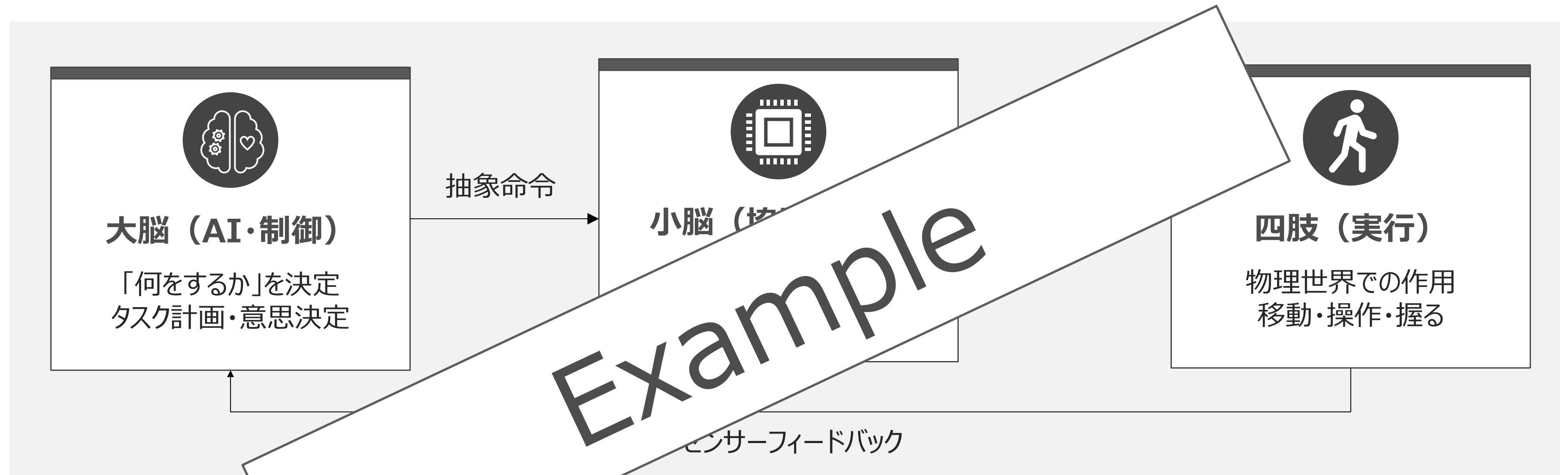
「動くものはすべてロボットになり、AIによって具現化されていく」——NVIDIA CEO Jensen Huang (CES 2025)

知覚 → 推論 → 行動 — このフィードバックループが「フィジカルAI」の心臓部である

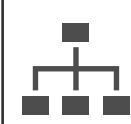


フィードバックループ — 行動の結果を再びセンサーが取得し次の推論へ
このループが「学習・適応するロボット」を生む

人間にあたる大脳・小脳によってタスクを分解し、四肢へとアクションを伝える



意思決定と計画



環境認識、タスク分解、計画の策定。LLMなどのAI技術により、あいまいな指示を具体的な目標へ変換

運動調整と学習



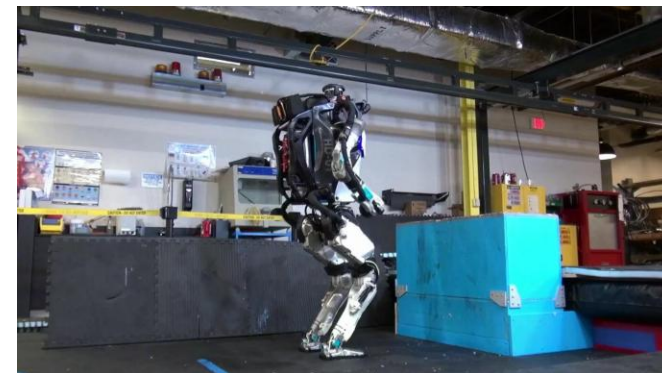
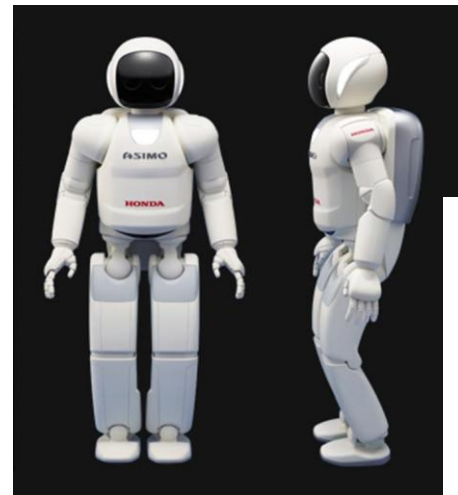
姿勢の制御、外部からの影響の抑制、リアルタイムでの補正を行う。反復学習を通じて、なめらかで能率的な動作パターンを作り出す。

物理的相互作用



アクチュエーターによる力発揮。関節、グリップ、センサーが連動し、対象物への精密な操作を実現

進化の本質 — 「プログラム通りに動く機械」から「状況を理解し自律的に判断・行動するAI」へ



Example

知能ロボットの登場

第2世代

(1980年代)

センサー搭載（カメラ）
条件分岐で制御
「考えるロボット」が誕生
ASIMO二足歩行ロボット
AIBOエンタメロボット

第3世代

(2010年代)

Dynasty Dynamics → Atlas
自動運転・物流ロボット 特徴
• ディープラーニング導入
• 画像認識・動作最適化
人間と同じ空間で協働し機械学習で動作を改善できる
AI × ロボットが融合し始める

フィジカルAI時代

第4世代

(2020年代)

- Tesla → Optimus
- Figure AI
- LLM（大規模言語モデル）+ ロボット
- 自律的に学習・行動
- 汎用ロボット
- AIが状況を理解し、言語指示であらゆるタスクに自律対応する。

フィジカルAI = 「身体を持ったAI」

フィジカルAIに「人型」は必須ではない — 用途と環境が最適な形態を決定



産業用ロボット

FANUC / 安川電機 / ABB

- ✓ 高精度・高速・高耐久
- ✓ 溶接・塗装・組立
- ✓ 世界出荷の約4割が日本製

⚠ 固定設置・人との共存が困難



協働ロボット

UR / FANUC / 安川電機

- ✓ 人と同じ空間で作業可能
- ✓ ナ

⚠ 人より低速



AMR

- ✓ 移動が速く・低コスト
- ✓ 最も商用化が進んでいる

⚠ 段差・屋外は苦手



Con Dynamics / Unitree

- ✓ 不整地・階段・狭所を移動
- ✓ 点検・災害対応に最適
- ✓ 自律走行が可能

⚠ マニピュレーション能力が限定的



ヒューマノイド

Figure AI / Unitree / Tesla

- ✓ 既存インフラをそのまま活用
- ✓ 人の動きを模倣した動作が可能
- ✓ 将来最大の市場ポテンシャル

⚠ コスト・耐久性・汎用性は実証段階

Example

商用化成熟度

Humanoid Robot — 人間と同じ形体で、人間が設計した世界のあらゆる場所で働くことを目指す

主要モデル比較 (2025~2026年)



Example

Figure 02



Figure AI (米国)

BMW工場実稼働

OpenAI・MS出資。汎用作業に活用。30万の動画が世に出た。2026年量産版開発中

Unitree



Unitree Dynamics (米国)

量産体制構築中

CES 2026で量産版披露。現代自動車グループの製造ラインへの投入を計画

Walker S2



UBTECH (中国)

自動車工場稼働中

中国初のヒューマノイド上場企業。GAC・Geely等の自動車組立ラインで実稼働

Optimus Gen2



Tesla (米国)

Tesla工場試験稼働

Tesla製造ラインで試験稼働中。FSD自動運転技術を転用。2025年末~2026年に年産1万台を目標

現状の課題 — コスト（高価格帯）・耐久性（転倒・故障率）・汎用性（実用タスクの安定性）はすべて実証段階。2030年に向けて急速に解消されつつある。



ロボットの「筋肉と関節」—— 現在のロボットに特化したアクチュエーター

電動アクチュエーター：QDD（Actuator）

「エネルギー → 運動」に変換する装置。準ダイレクトドライブモーター

仕組み

ブラシレスモーター + 低い減速のギアで回転運動をトルクに変換

強み

小型・、速度やトルクの調整が自在で、寿命が高い

用途

協働ロボット・ヒューマノイドロボットの関節、指など

課題

高コスト

主要企業

CDA（日）、Steady Motion（中）、mjbots（韓）、

Example



産業用の減速機は、精密加工技術が必要でニデックやナブテスコ等の日本企業のシェアが高いが、**QDDモーターは量産化による低価格化により中国のシェアが高い**

人間（または既存ポリシー）の行動をデータとして、その振る舞いを模倣する学習

模倣学習

(Imitation Learning, IL)

■ 特徴

- 教師あり学習に近い
- デモンストレーション依存
- 分布外（未経験状態）に弱い

■ 代表手法

- Behavioral Cloning (BC)
- DAgger (Dataset Aggregation)
- Inverse Reinforcement Learning (IRL)

■ メリット

- 学習が高速（試行錯誤型より）
- 安全（危険な探索を減らす）
- 少量データでもある程度学習可能

■ デメリット

- 教師データ収集がコスト高
- エラー蓄積（分布シフト問題）
- 最適解を超えられない（教師以上になりにくい）



Example

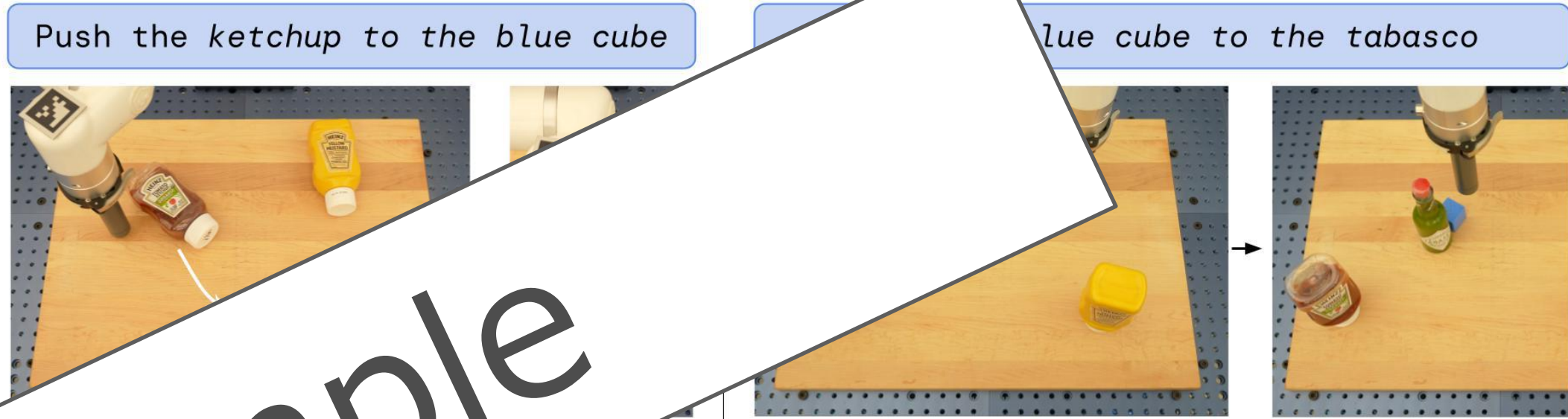
タスク例

1. 人間がロボットを操作して掴む
2. 状態（画像・位置）と行動（関節角）を記録
3. モデルが「状態→行動」を学習

→ **新しい物体でも「似た状況なら同じように掴む」**

VLA (Vision-Language-Action)

視覚 (Vision) ・言語 (Language) ・行動 (Action) を統合し、指示理解から動作生成までを一体で行うマルチモーダルモデル



Example

VLA (Vision-Language-Action)

■ 特徴

- Foundation Model的アプローチ
- 自然言語でタスク指定可能
- 汎用ロボットへの応用が進行中

■ 代表手法

- RT-2 (Robot Transformer 2)
- P0/p0.5
- OpenVLA など

■ メリット

- 高い汎用性 (未知タスク)
- 言語で柔軟に指示可能
- 視覚と言語の意味理解

■ デメリット

- 大規模データ・計算資源が必要
- ブラックボックス性が高い
- 動作精度は専用RLより劣る場合あり

画像：複数の物体

- 指示：「ケチャップを青いキューブまで移動して」

処理：

- 物体認識 (ケチャップ)
- 言語理解 (対象 + 動作)
- 動作生成 (把持 → 移動 → 配置)

→ 「どれを掴むか」も含めて自動で判断

Sim2Real — 仮想から現実への転移

フィジカルAI開発の事実上の標準プラットフォーム — 学習・検証・転移を1つのエコシステムで完結する

Isaac Sim

高忠実度シミュレーター

Omniverse / PhysX搭載 — フォトリアルな物理シミュレーション環境

- RTXレンダリングで実環境に近い映像・影・素材質感を再現
- ROS2完全対応。センサーシミュ（カメラ・LiDAR・IMU）も内蔵
- 物体の摩擦・弾性・関節トルクをNVIDIA PhysXで高精度計算
- Sim2Sim高忠実度フェーズでポリシーの精緻化・安全検証に使用

→ ロボットシミュレーション環境のプラットフォーム

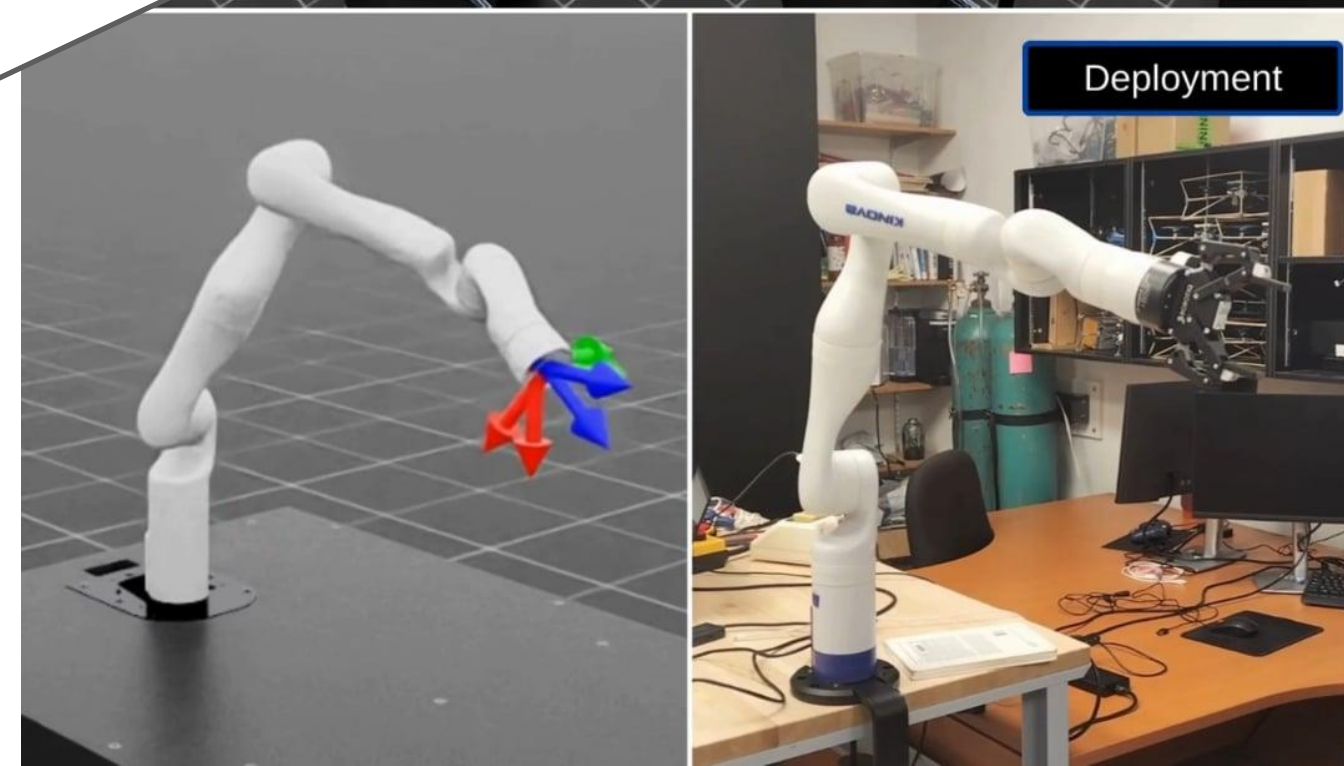
Isaac Lab

Isaac Sim上に構築 — 並列学習

- 数千環境を並列実行（CPU/GPU）による高速学習
- PPO・SAC等の強化学習アルゴリズム
- ドメインランダム化（摩擦・重量・慣性）による汎用性・耐久性向上
- GROOT基盤モデルとの統合で物理エンジンと直接連携
- ROS2・URDF・MuJoCo形式のロボットモデルをそのままインポート可

→ IsaacSim上で動作する並列学習のフレームワーク

Example



実機による人間デモ収集

方法①

テレオペレーション

実機による人間デモ収集

- ✓ リーダー・フォロワー方式 (LeRobot SO-101)
- ✓ ヘッドマウントディスプレイでの遠隔操作
- ✓ UMI (Universal Manipulation Interface) で、人間の操作をロボットに転写
- ✓ 記録データ：関
- ✓ 1タスク50~100

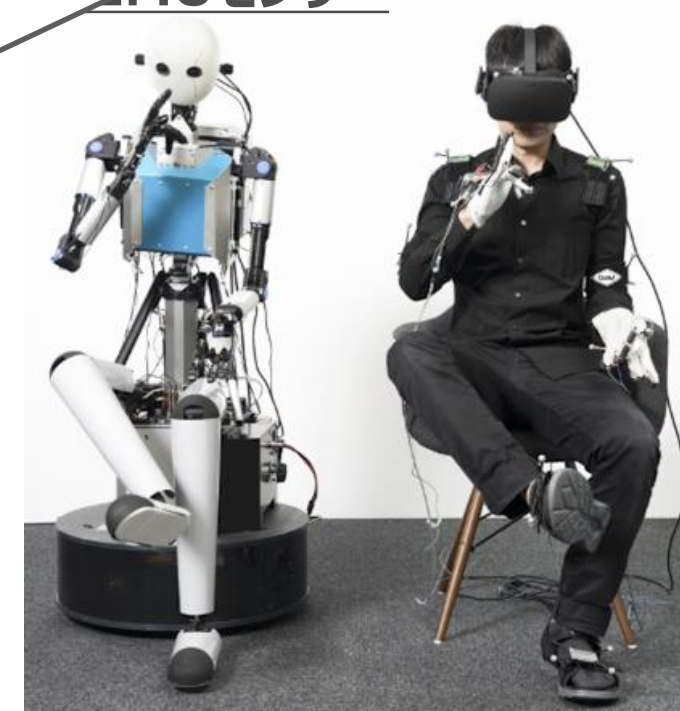
コスト：高 / スケール：低 / 品質：高

LeRobot SO-101



Example

ヘッドディスプレイ
UMIセンサー

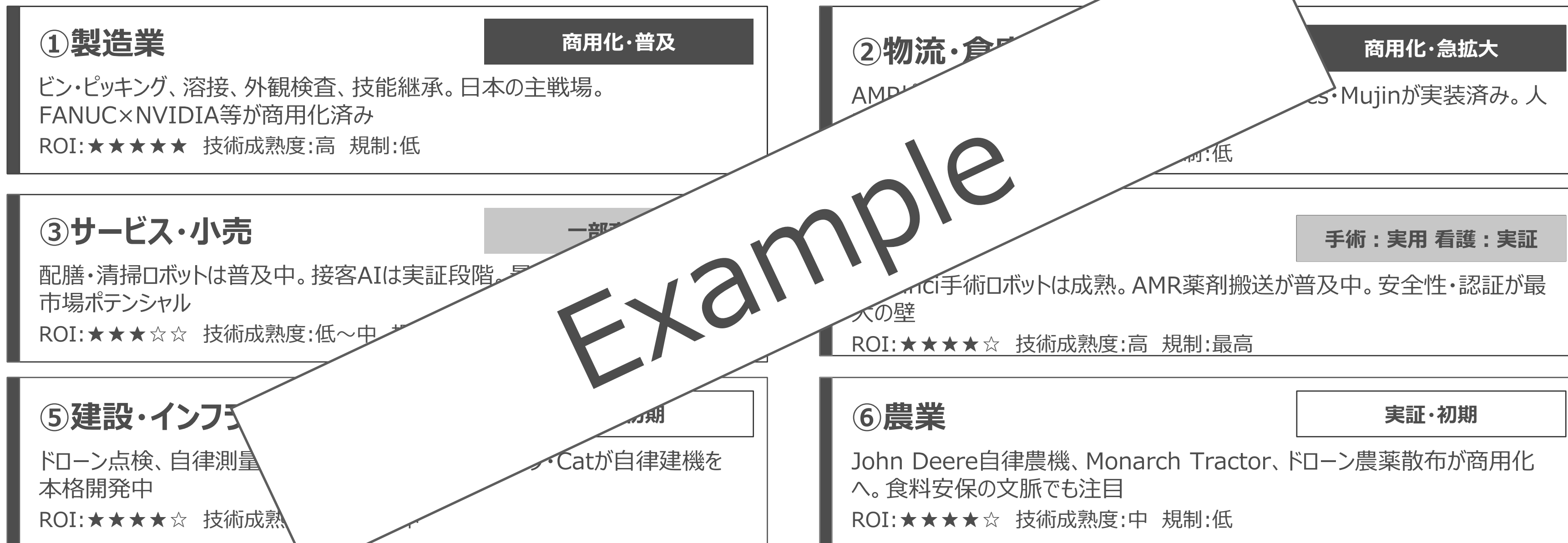


UMI



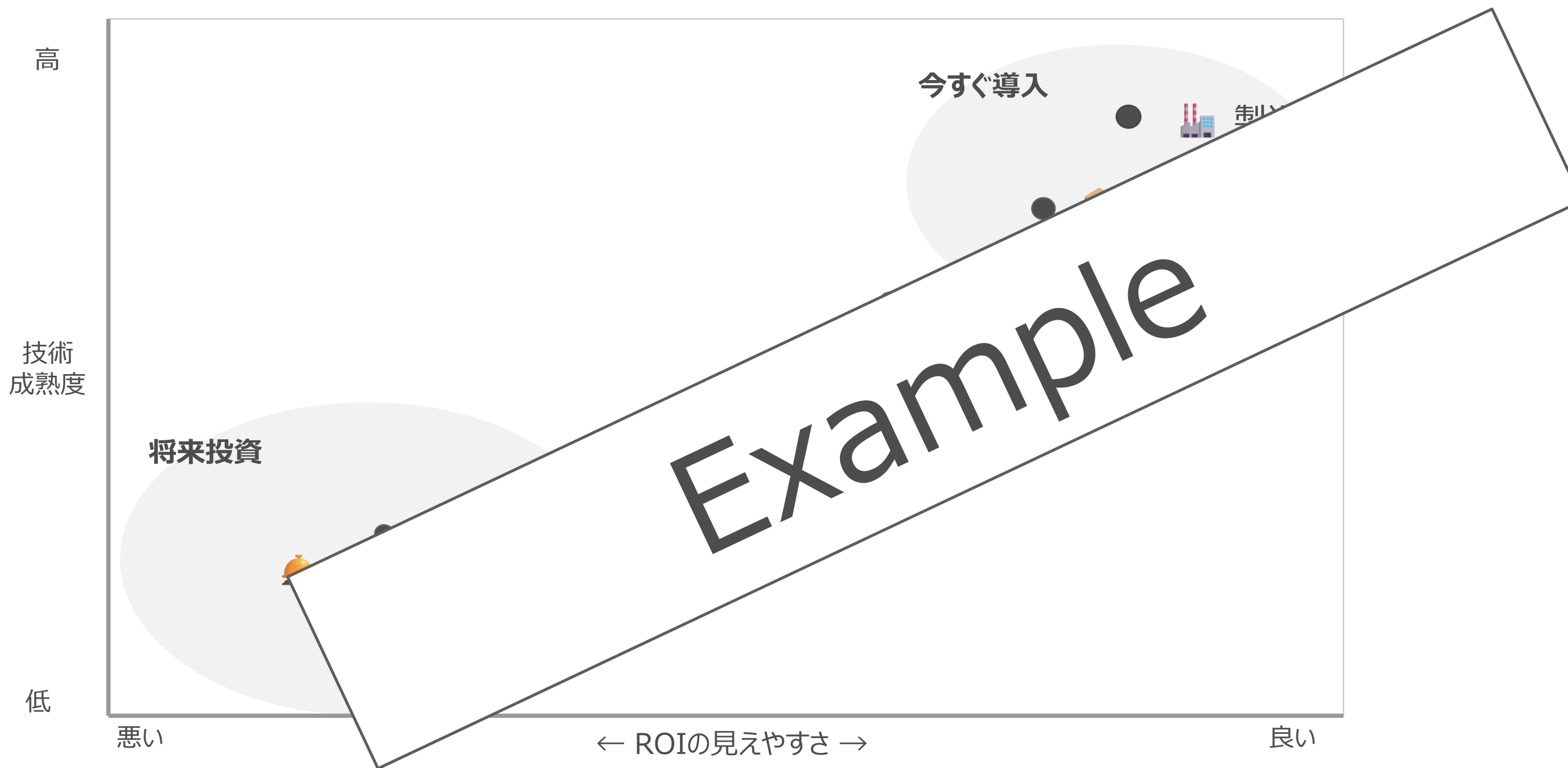
どの産業で・何が・どの段階まで進んでいるか — フェーズと優先度を一枚で俯瞰する

■ 商用化・普及段階 ■ 限定商用化・実証 □ 実証・導入初期






導入判断の基準 — ①繰り返し作業・人手不足の切迫 ②学習データになりうる現場データの蓄積 ③安全設計・統合パートナーの存在

技術成熟度・ROIの見えやすさ・規制の壁を総合して「いつ・どこから始めるか」を判断する



重要な視点 — 「AIが入れば儲かる」は幻想。PoC→本番まで1~3年・景気感応度の高さ・ROI不確実性を正しく理解してから導入判断すべき

三極それぞれの強みを整理する

| 比較軸 |  米国 |  中国 |  日本 |
|---------|--|--|--|
| AI基盤モデル | ◎ 圧倒的リード | ○ 急追中 | ○ 新設PJで挽回 |
| ハード量産力 | △ 弱い | | ○ 産業用で強い |
| 精密部品 | △ | | ◎◎ 世界独占 |
| 現場データ | | ○ | ◎ 製造業 |
| 資金力 | | ◎ | △ 改善中 |
| 規制環境 | ○ 緩和傾向 | ○ 国家主導 | △ 整備中 |

Example

日本へのメッセージ — デジタルAIは日本にとって逆転のチャンス。①ボトルネック資産 ②データ資産 ③既存産業顧客。3つの強みを活かし、AI統合能力を積み上げるべき

End of Document