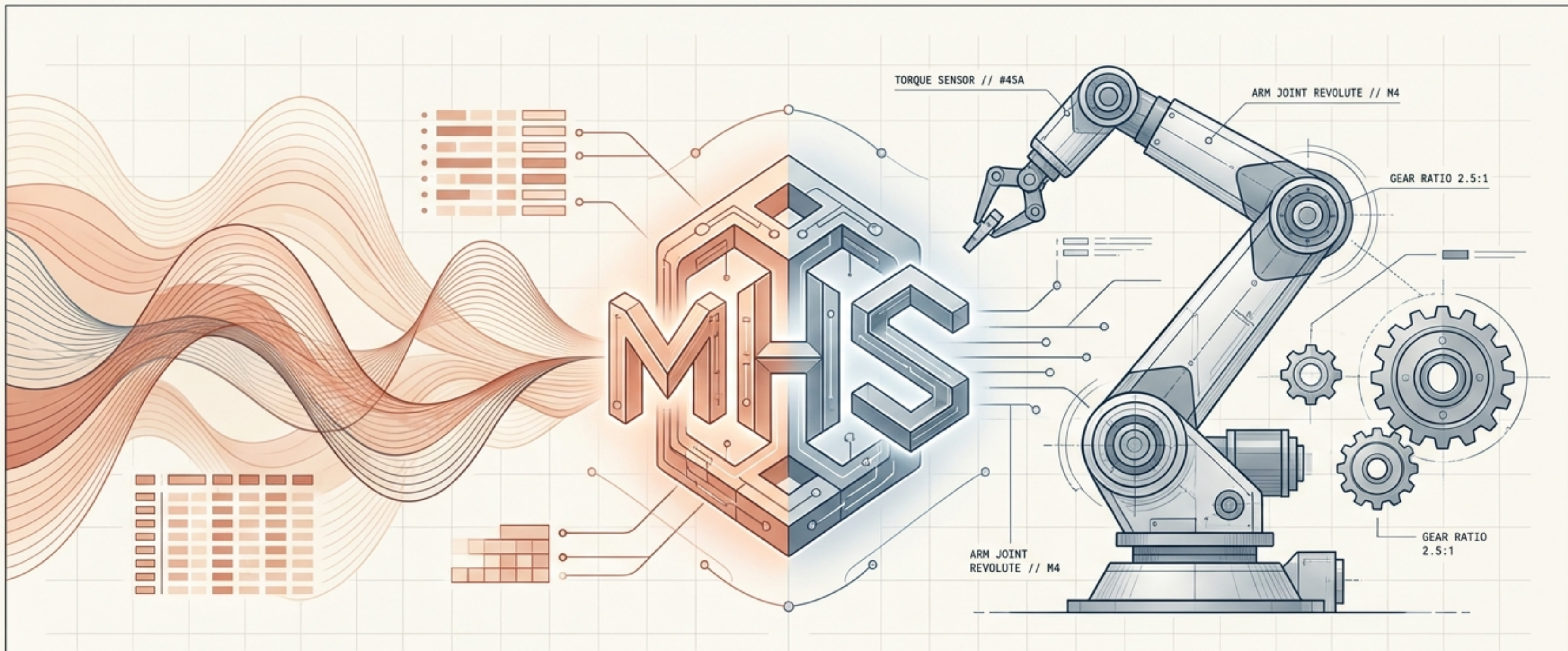




○ THE DIGITAL-PHYSICAL BLUEPRINT ○

物理世界を駆動するAIの青写真：Anthropic「MHS」の全貌

Model Hardware Standardがもたらす産業構造の転換と実証的評価

AUGUST 2026

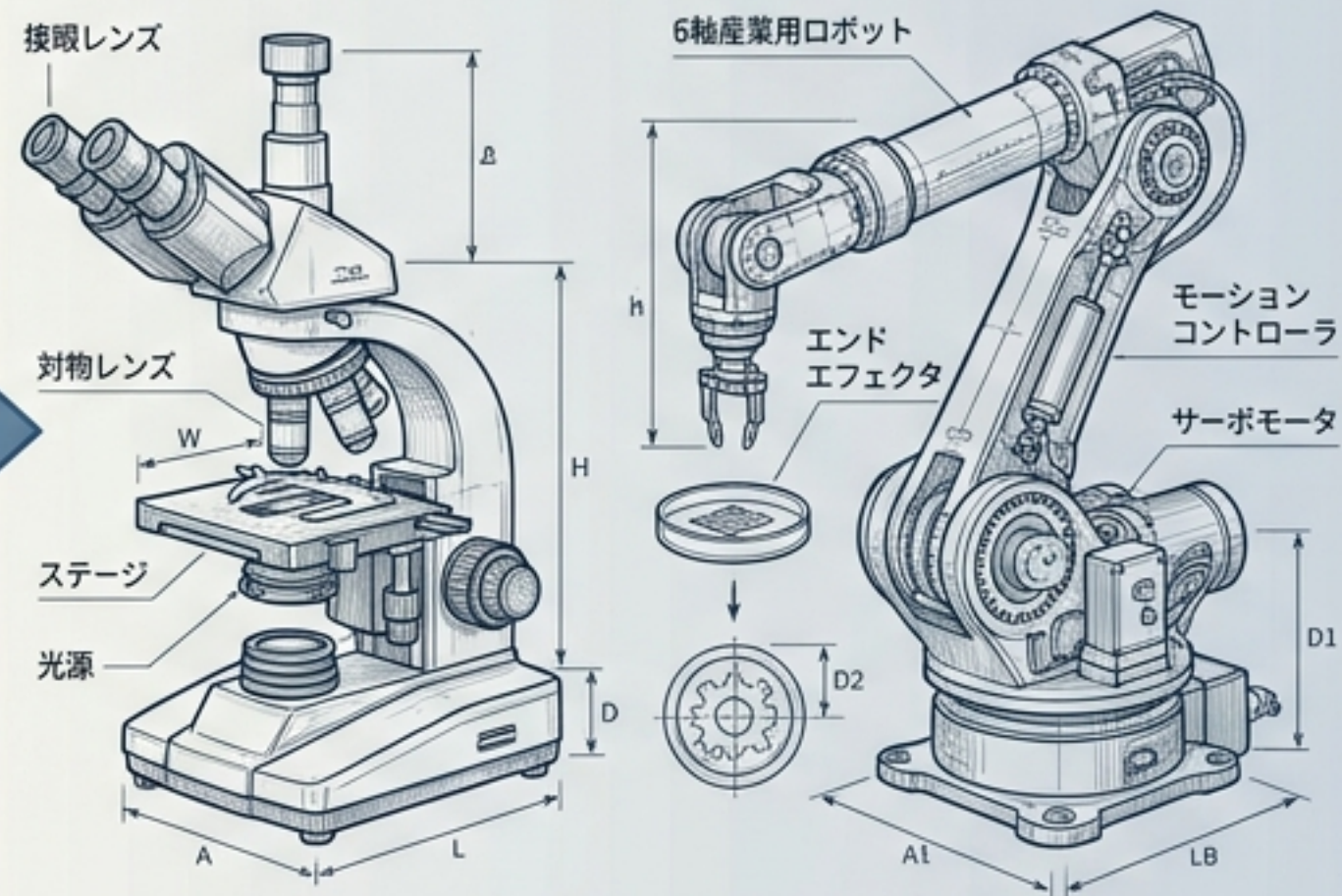
ソフトウェア空間から 物理空間への進出

AIの活動領域は、ソフトウェア内のデータ処理から、実験室や工場フロアにおける物理的アクチュエーションへと拡張している。

AIとの対話...

```
function analyze_data(input) {  
  return process(input);  
}  
  
function reset() {  
  return data();  
}
```

APIからアクチュエーション
(物理駆動) へ



FACT:

2026年8月27日、Anthropicは物理機器を安全に検出・操作するための共通仕様「Model Hardware Standard (MHS)」を公開。

従来のハードウェア統合が抱える致命的なボトルネック

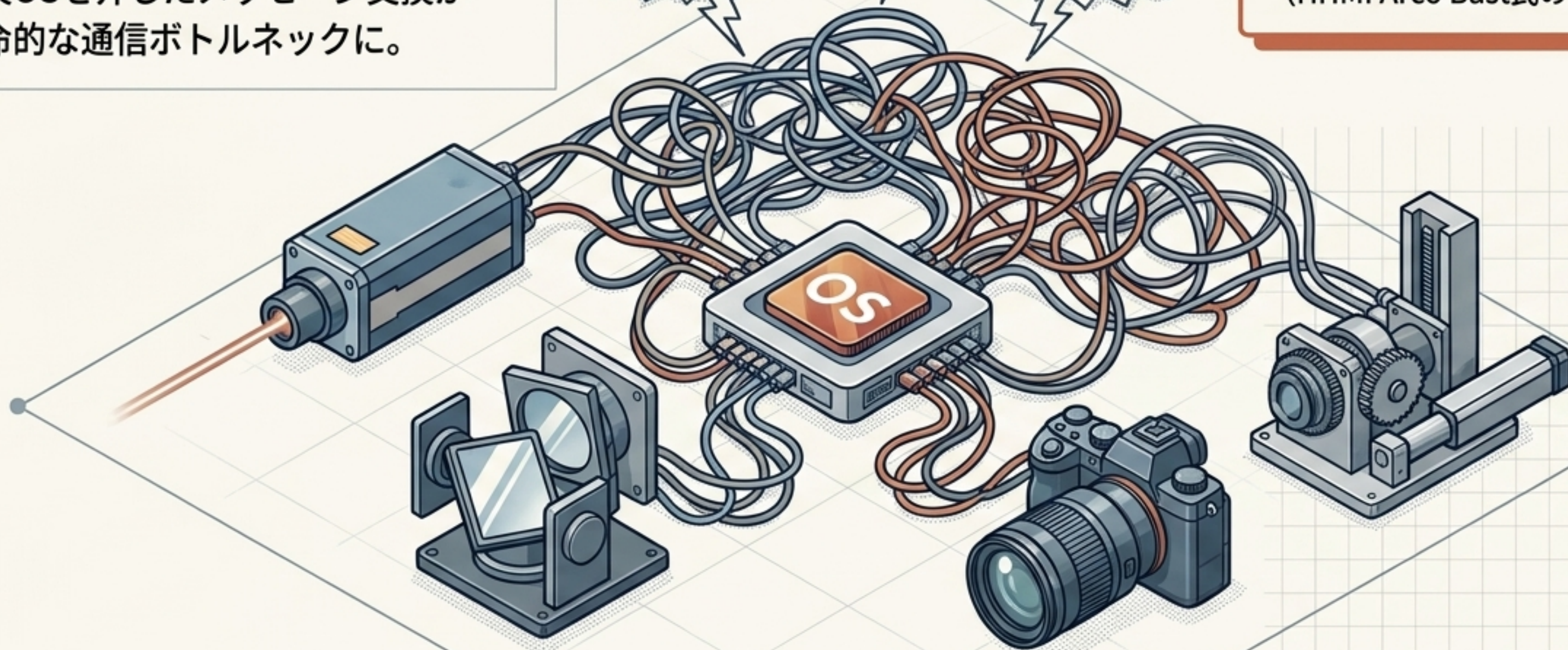
機器ごとにプログラミング言語や通信プロトコルが異なり、それぞれが独立した「プライベートメモリ」を保持。中央OSを介したメッセージ交換が致命的な通信ボトルネックに。

ActiveX

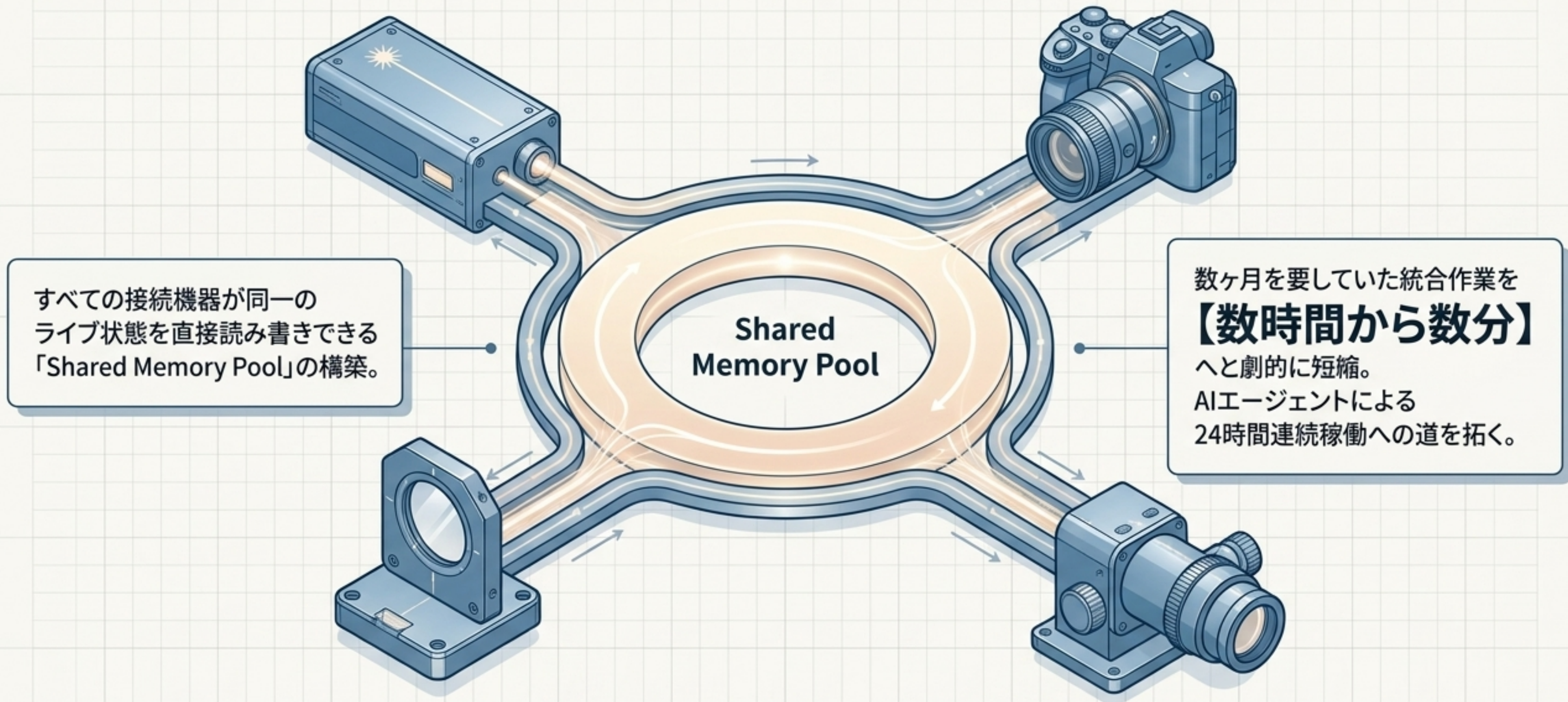
シリアル通信

独自スクリプト

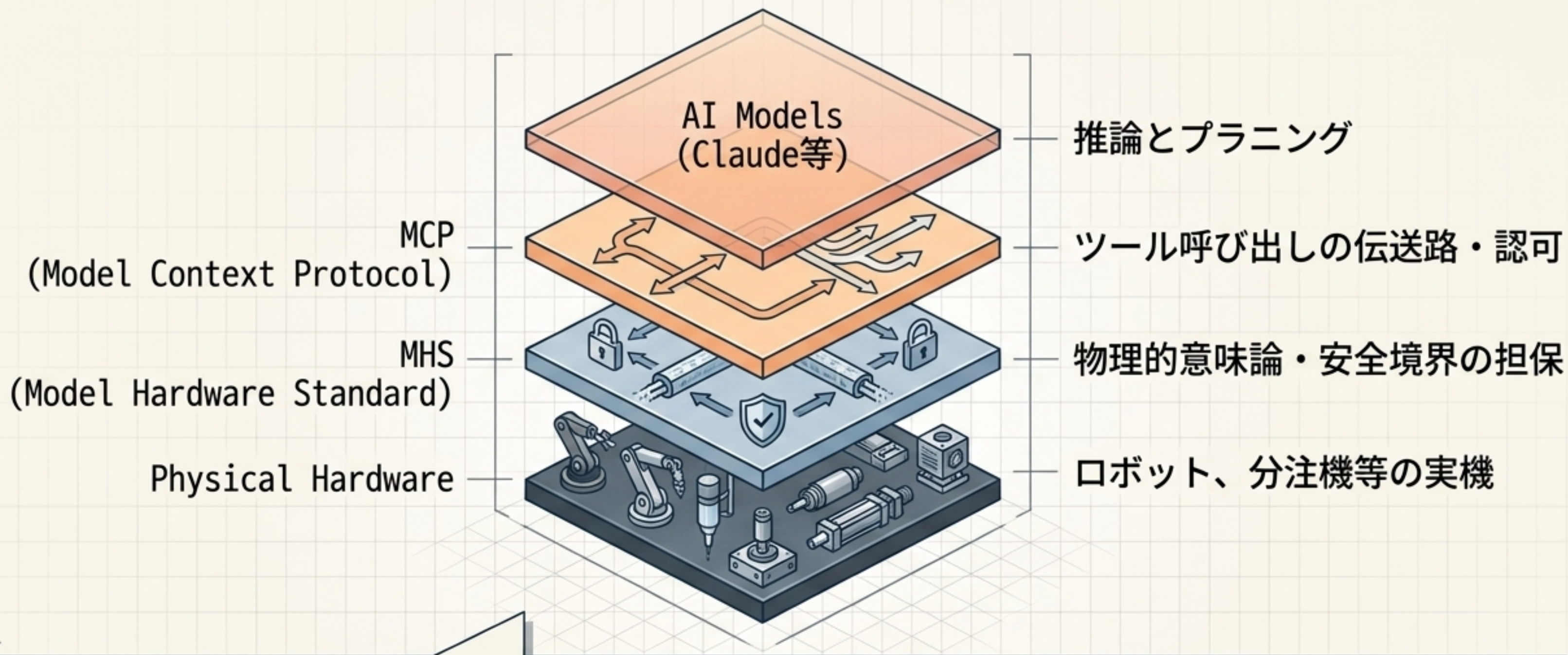
新規実験システム (メソスコープ) の統合・再校正に **【数ヶ月】** の試行錯誤が必要。
(HHMI Arco Bast氏の研究より)



「共有メモリ」によるパラダイムシフト

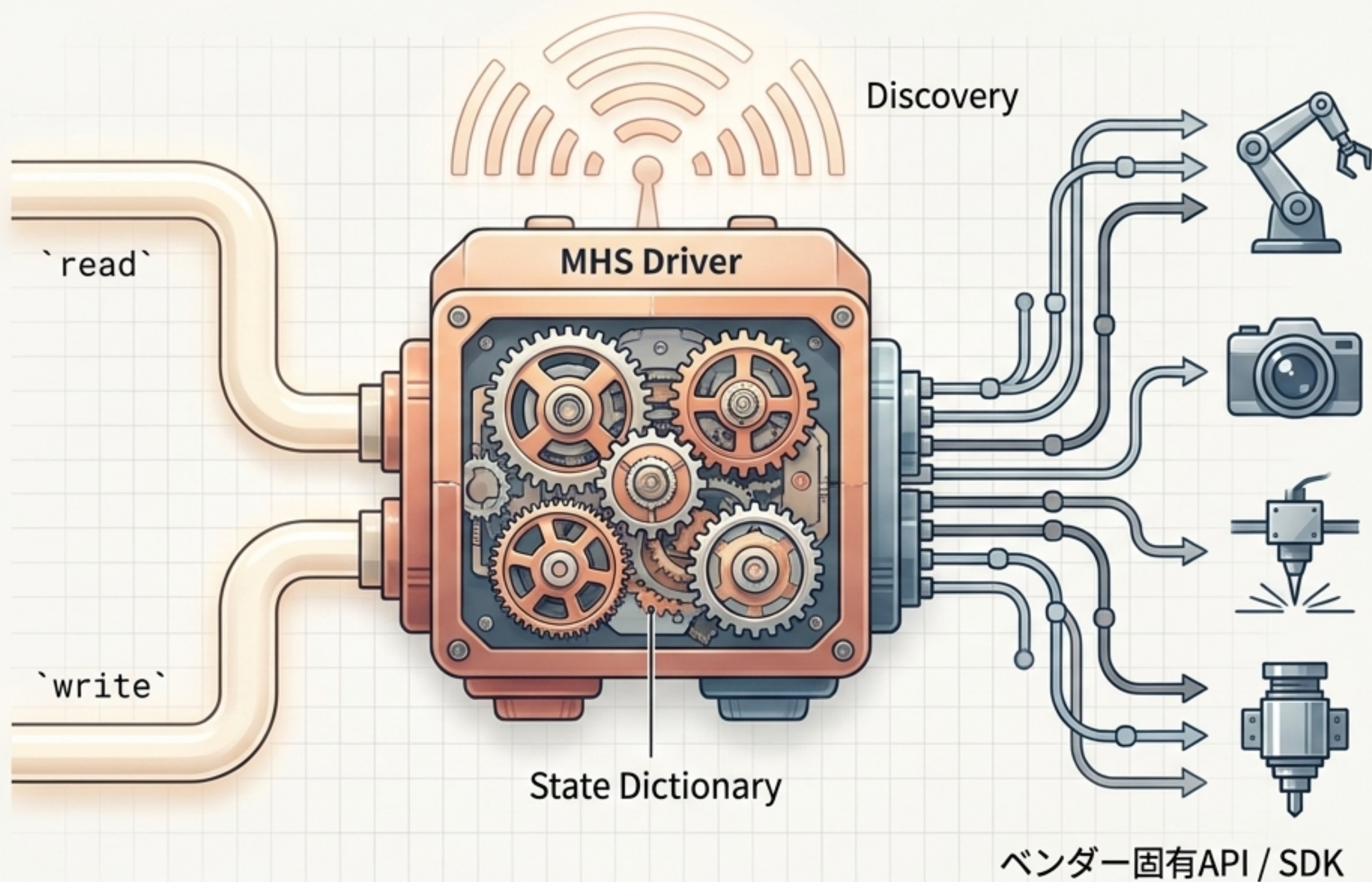


階層的スタックアーキテクチャ：MCPとMHSの補完関係



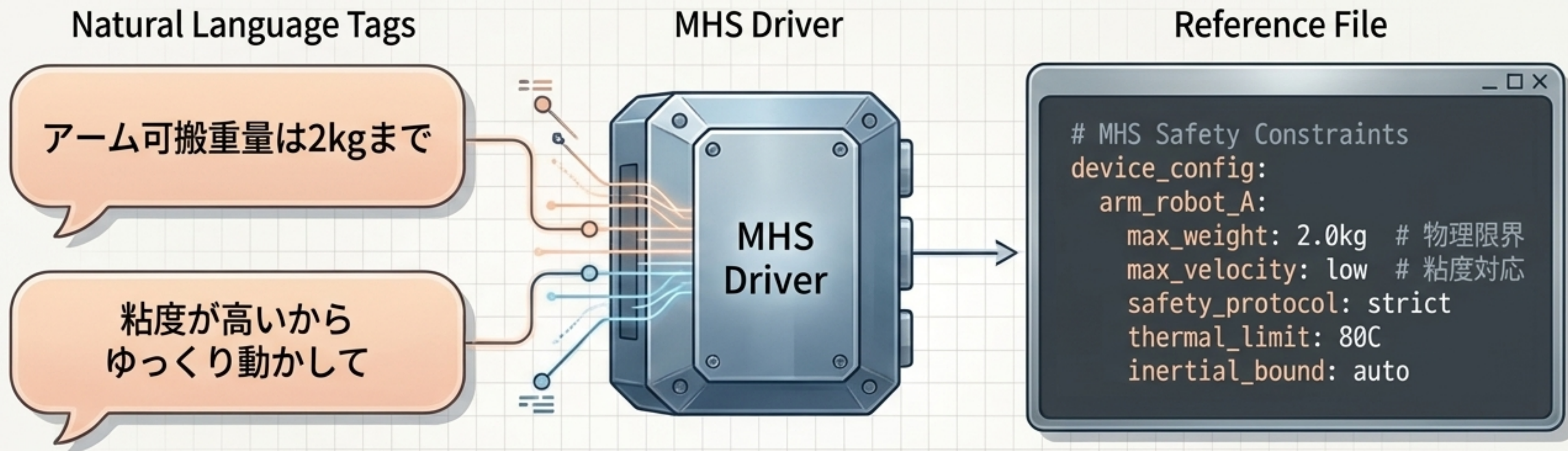
MCPはソフトウェア空間の伝送路。MHSはその下位で、実機が「物理的に何を実行可能か」を規定する物理空間の安全装置として機能する。

MHSドライバ：複雑性を吸収する2つのプリミティブ



- **Primitives:**
機器固有の通信を **read**（状態取得）と **write**（動作命令）の2つの最小命令セットへ抽象化。
- **Discovery:**
MHS対応機器は共通フォーマットで機能を自己申告。個別設定なしでAIが即座に認識。
- **State Dictionary:**
Python、C++など異種ランタイムからメモリ速度で同期アクセスが可能。

物理制約のコード化：自然言語タグと参照ファイル



APIの型定義だけでは、慣性限界や耐熱上限といった物理的制約は表現しきれない。

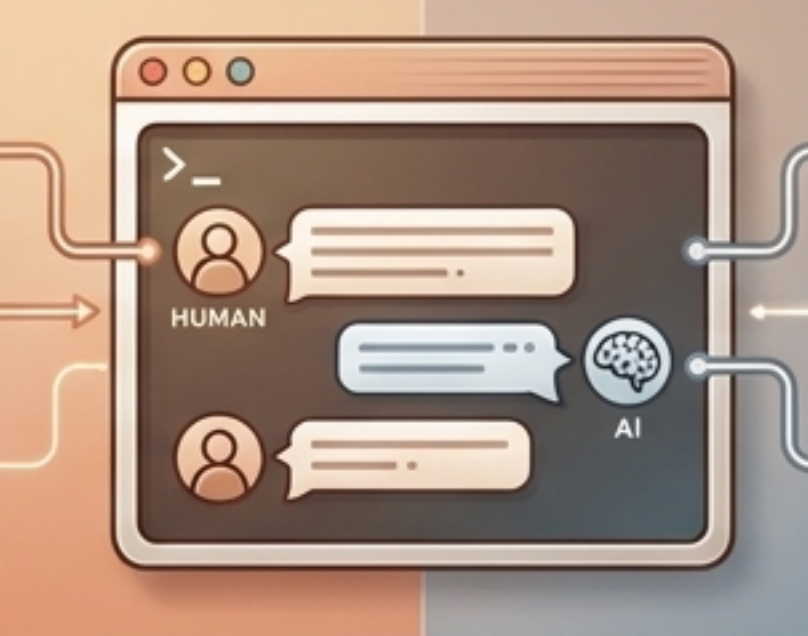
自然言語のタグをドライバが解析し、AIが参照すべき絶対的な「安全限界」を網羅した機械可読ファイルを動的に生成する。

タスク要件に応じた3系統のアクセス経路



MCP (Model Context Protocol)

AI推論モデルから直接ツールを呼び出す経路。高水準の自然言語推論に最適。



CLI (Command Line Interface)

人間とAIが交互に確認しながら進行するターミナル経路。監査・対話的な手順確認に必須。



Code / API

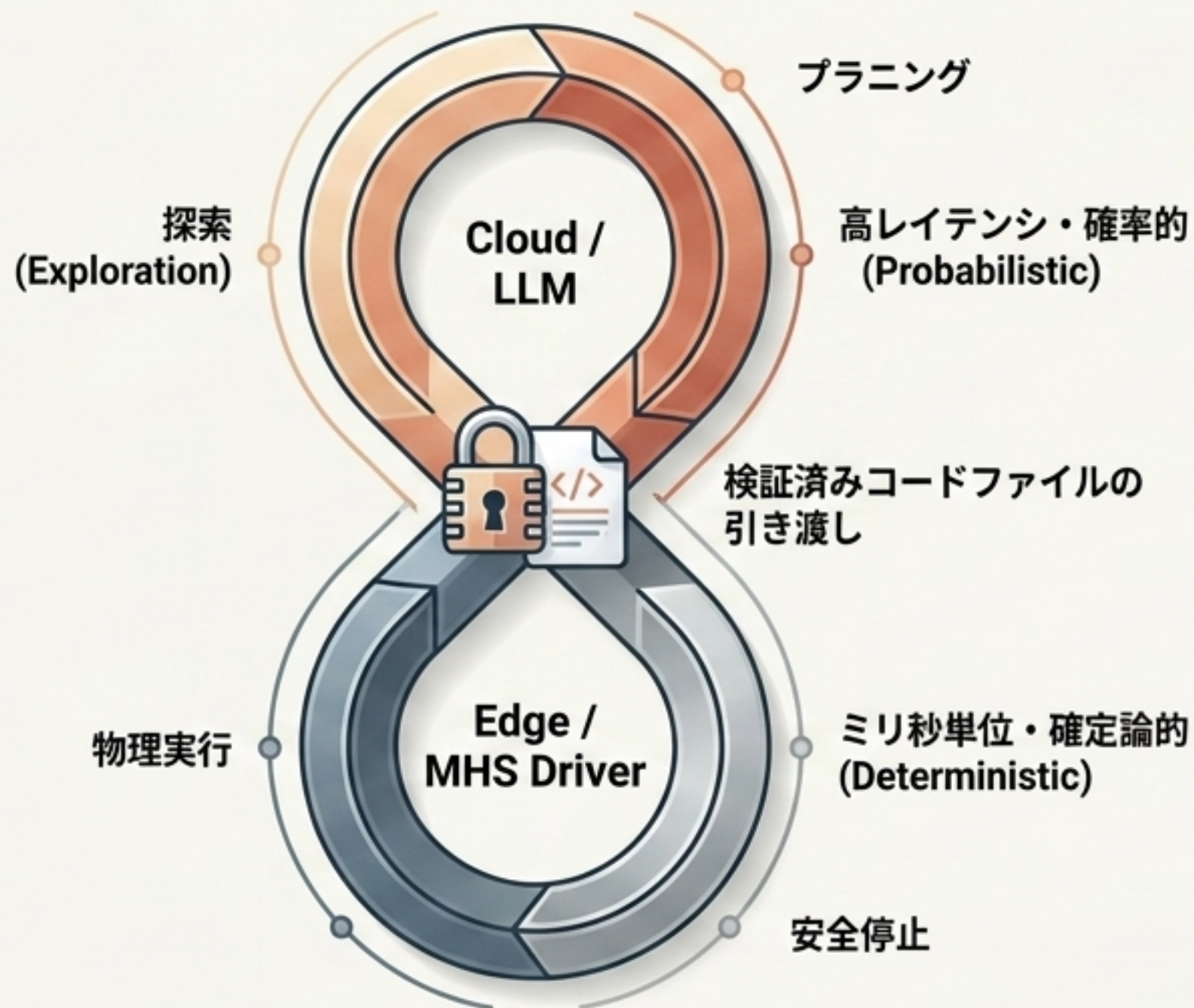
スクリプト実行経路。長時間実行や高速な確定論的ループ制御に特化。

タスクの即時性、監査の必要性、処理速度の要件に応じて、AIエージェントは3つのインターフェースをシームレスに使い分ける。

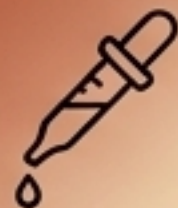
推論（確率的）と制御（確定的）の分離アーキテクチャ

高レイテンシで確率的なLLMを物理制御ループに直接介在させず、AIが生成した「検証済みロジック」を実機側で確定論的に高速実行させる。

The Safety Separation Loop



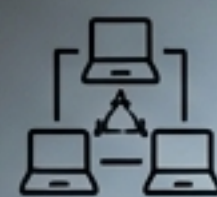
産業領域における初期実証実験の定量的成果



Genentech

Hardware: 分注機、ロボットアーム

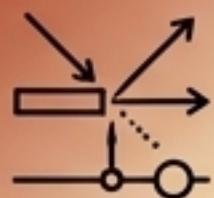
水 140 $\mu\text{L/s}$ 、高粘性BSA溶液
10 $\mu\text{L/s}$ の最適流速を自律発見。



Carnegie Mellon University (CMU)

Hardware: 不均一な3台のPC環境

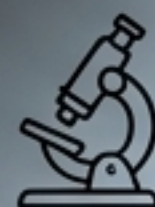
数週間を要する統合工数を【約8
時間】に圧縮。異常を事前遮断。



QuEra Computing

Hardware: 量子レーザー制御系

外乱からのレーザーロック復帰、
700回中695回【99.3%】成功。



HHMI Janelia

Hardware: 生体脳イメージング機器

複雑なメソスコープの機器統合を
【数ヶ月から数日】へ短縮。

バイオテクノロジーから量子まで、異種環境の超高速統合と自律最適化の実効性が証明された。

大規模言語モデルにおける「物理的推論」の限界

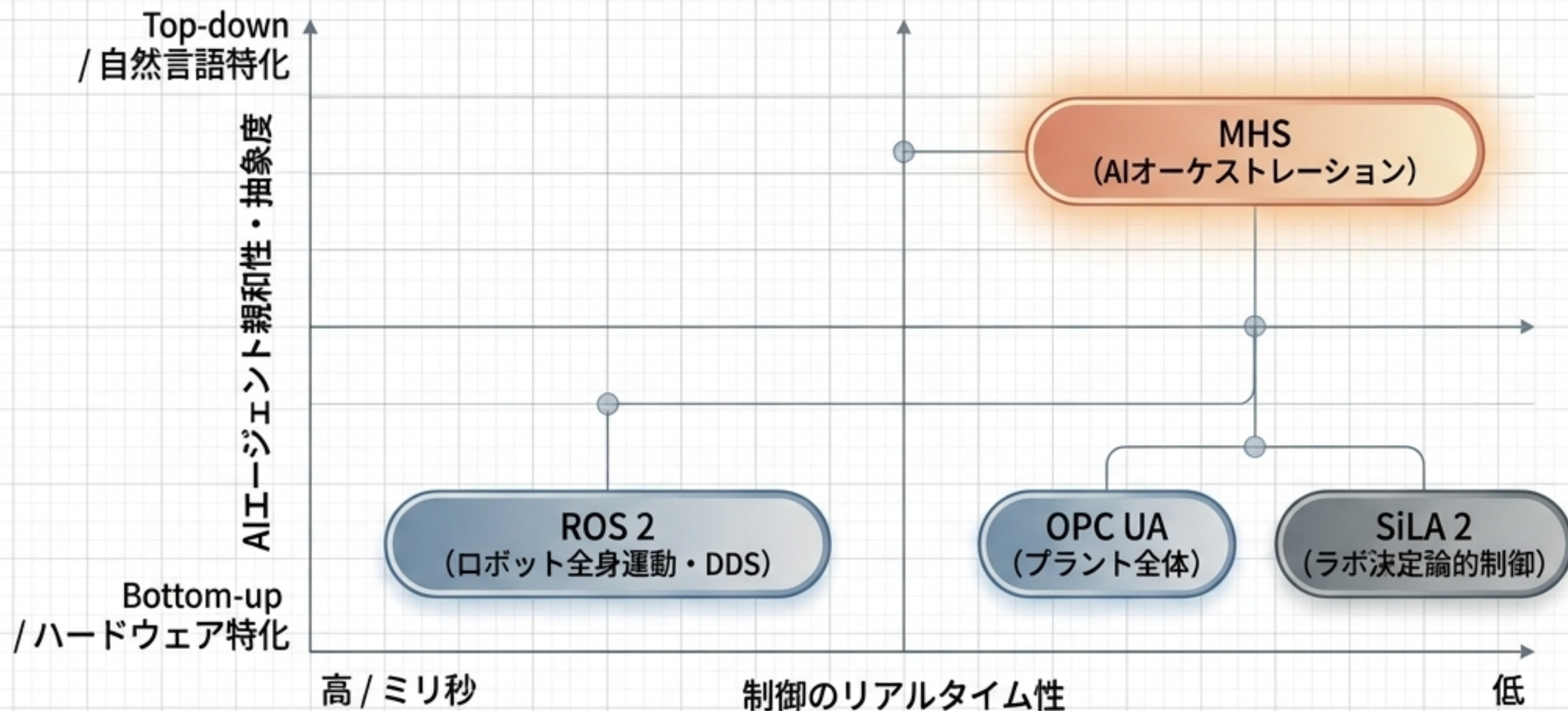
現在のモデルは、流体力学や摩擦といった連続的な物理現象の因果関係 (Sensorimotor Grounding) を直感的に理解できない。



分注操作中の「気泡発生」をソフトウェアエラーと誤解釈し、反復実行により状態を悪化させる事象が発生。

※専門家による外部指示が必要だった。

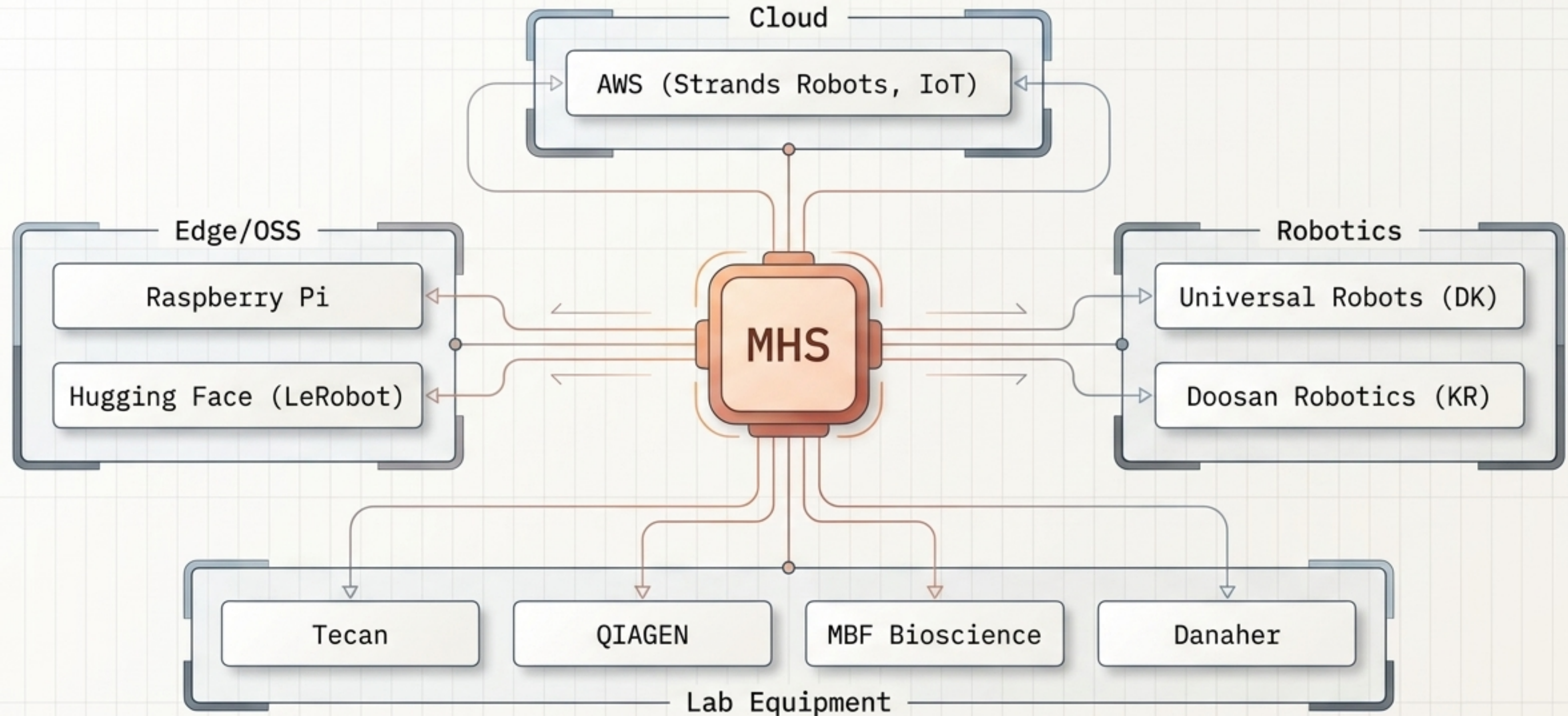
産業標準規格エコシステムにおけるMHSのポジショニング



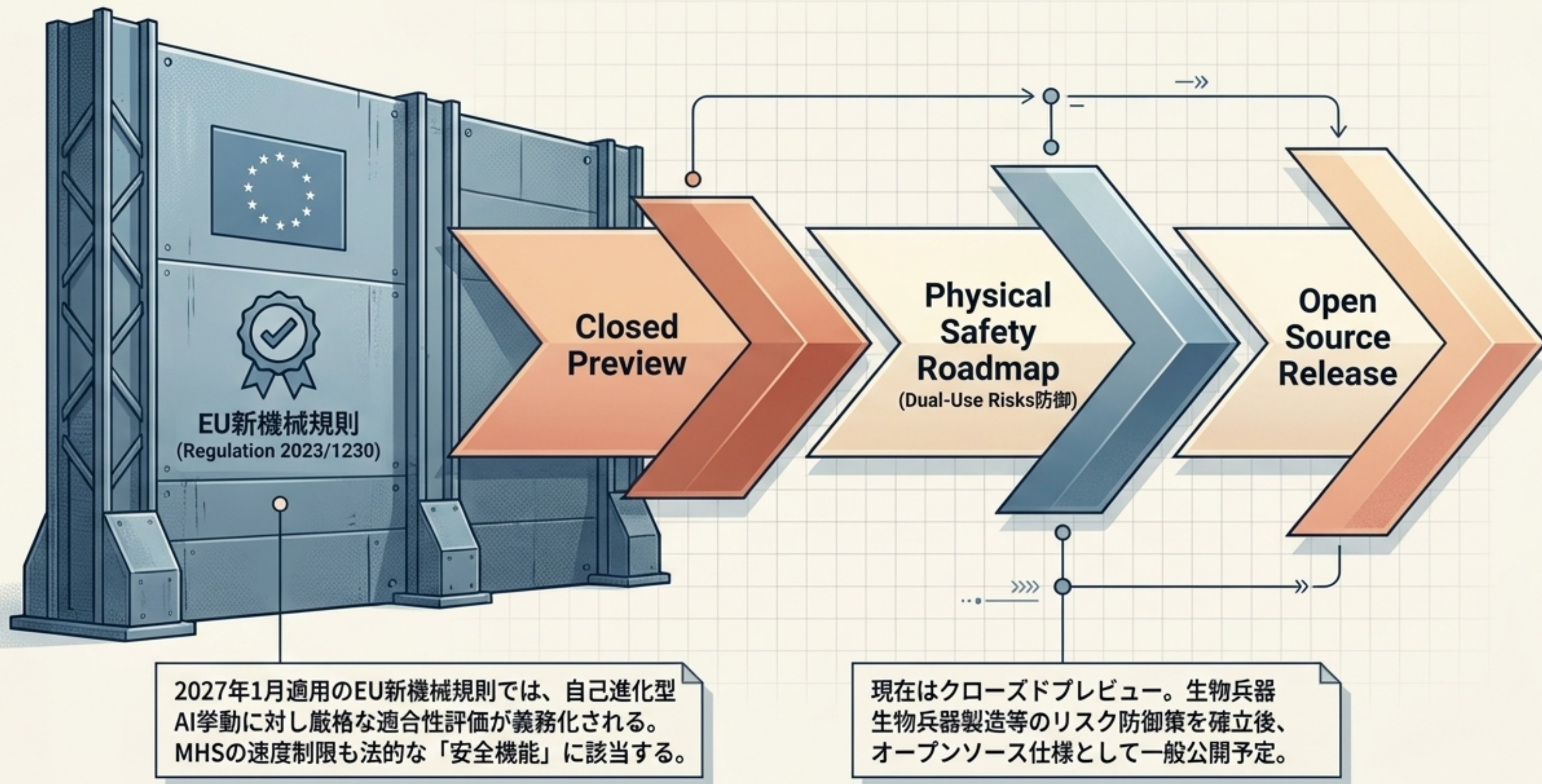
MHSは既存規格（ROS 2やOPC UA）を駆逐するものではない。
上位レイヤーとして自然言語と物理世界を繋ぐ、補完的オーケストレーション規格である。

拡大するMHSパートナー・エコシステム

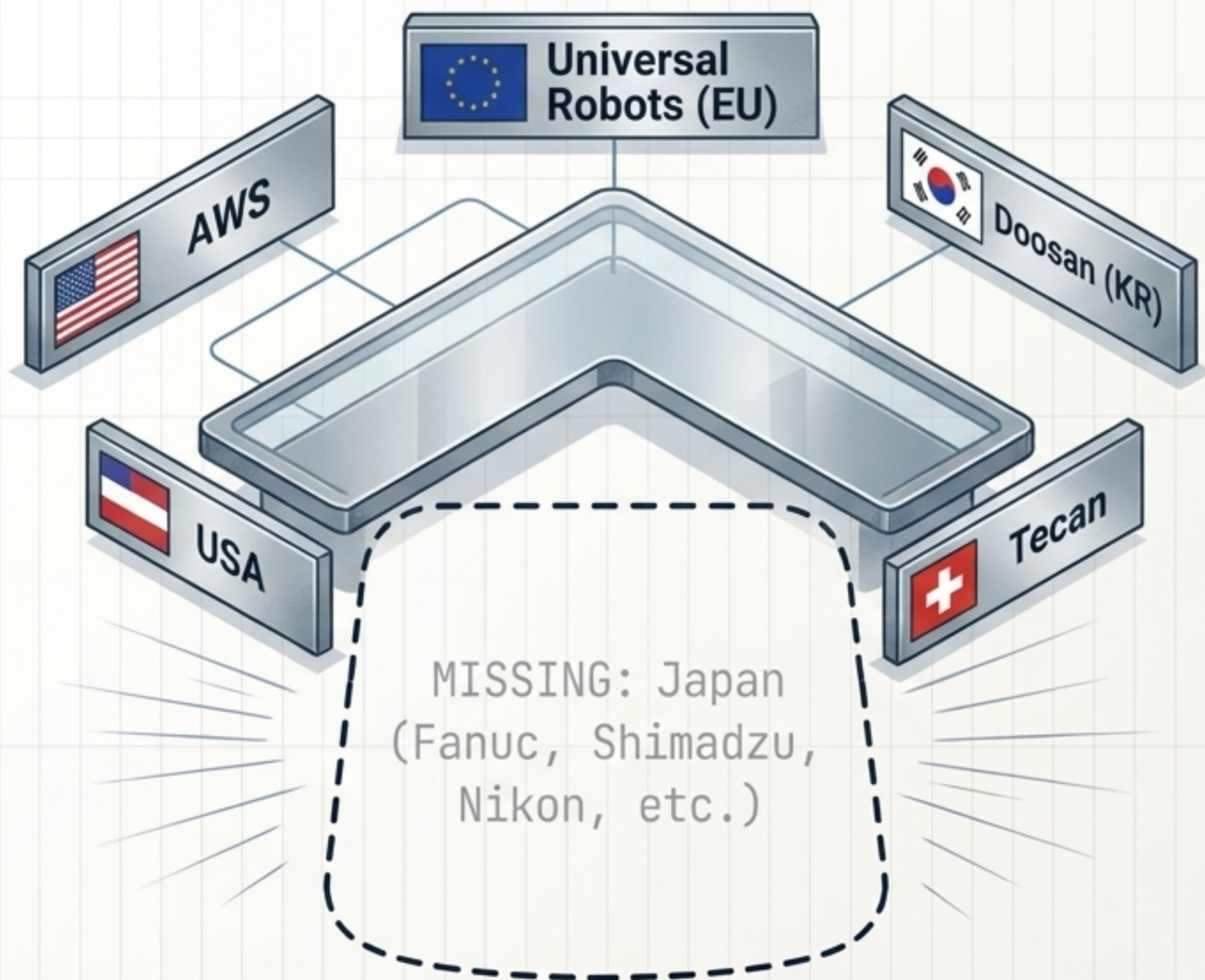
クラウド、ロボティクス、分析機器、エッジコンピューティングにおける主要プレイヤーがMHSの事前サポートを表明。オープンな規格化が進む。



安全規制の壁：EU新機械規則とオープンソース化への道程



構造的課題：日本産業界に対する戦略的示唆



初期パートナーに欧米・韓国企業が名を連ねる一方、世界的な競争力を持つ日本メーカーの参画は確認されていない。

日本企業はAIの「ユーザー」にはなれても、プロトコルを策定する「ルールメイカー」になれていない。

物理AIエコシステムを牽引するためには、規格策定フェーズからの介入が急務である。