

汎用人型ロボットの自律稼働と人間との比較

Figure 03の10時間仕分け検証が示唆する「ダークウェアハウス」の幕開け

"これが、人間が勝利する最後の機会になるだろう"

編集された「デモ動画」の時代から、過酷な「エッジMLOps耐久テスト」の時代へ

短時間のプロモーション映像



数分間の稼働では「特定の動作が可能であること」しか証明できない。バッテリー管理、熱設計、システム推の遅延、例外事象への対応能力といった真の課題が隠蔽される。

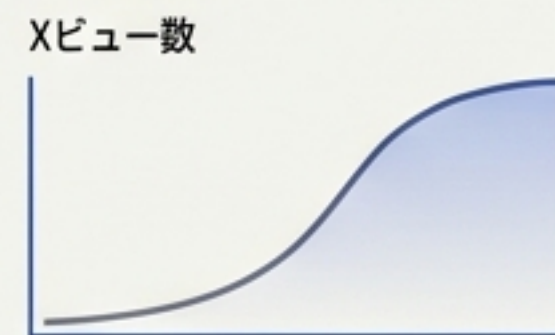
10時間の完全自律生配信（2026年5月18日）

稼働時間: 09:45:32

バッテリー残量: 120mAh

10%
-0%

バッテリー残量: 68%
CPU/GPU温度: 52°C / 58°C
推論遅延: 3.5ms
通信帯域: 150Mbps
アクティブ視聴数: 8.5Mビュー



遠隔操作（テレオペレーション）を一切排した自律稼働。X上で300万~1,000万ビューを記録。「Bob」「Frank」と名付けられた機体が働き続ける姿は、Polymarketで勝敗の賭け対象となるほど社会現象化。

10時間シフトの最終スコア：純粋な速度では人間が僅差で勝利

人間のインターン (Aime氏)

12,924個

(1.3%リード / 192個差)

ペース：1個あたり 2.79秒

⚠ 法的ダウンタイム発生 (合計約50分)

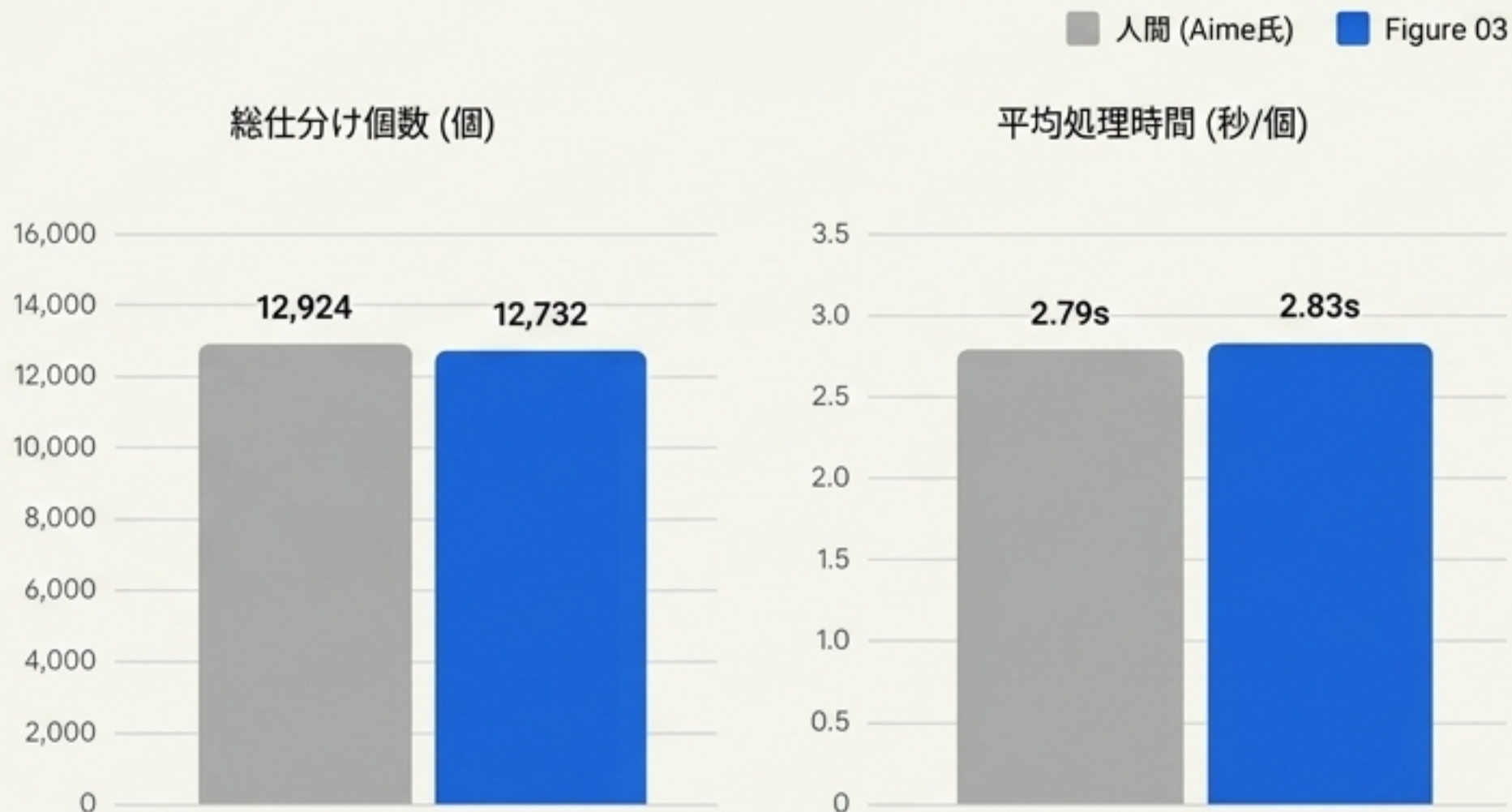


Figure 03 ロボット群

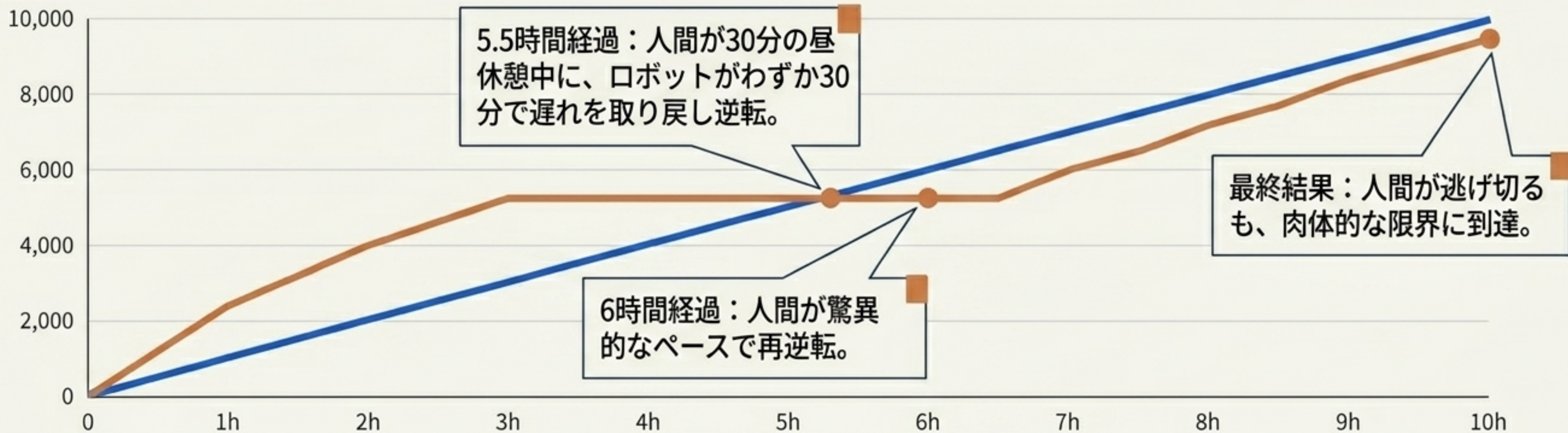
12,732個

ペース：1個あたり 2.83秒

✔ 稼働停止ゼロ

人間は瞬間的なスループットでロボットを明確に凌駕したが、カリフォルニア州労働法に基づく50分間（昼休憩30分+有給休憩10分×2回）のダウンタイムが全体の生産量を平準化した。

勝敗を分けた決定的な変数：「疲労の非対称性」



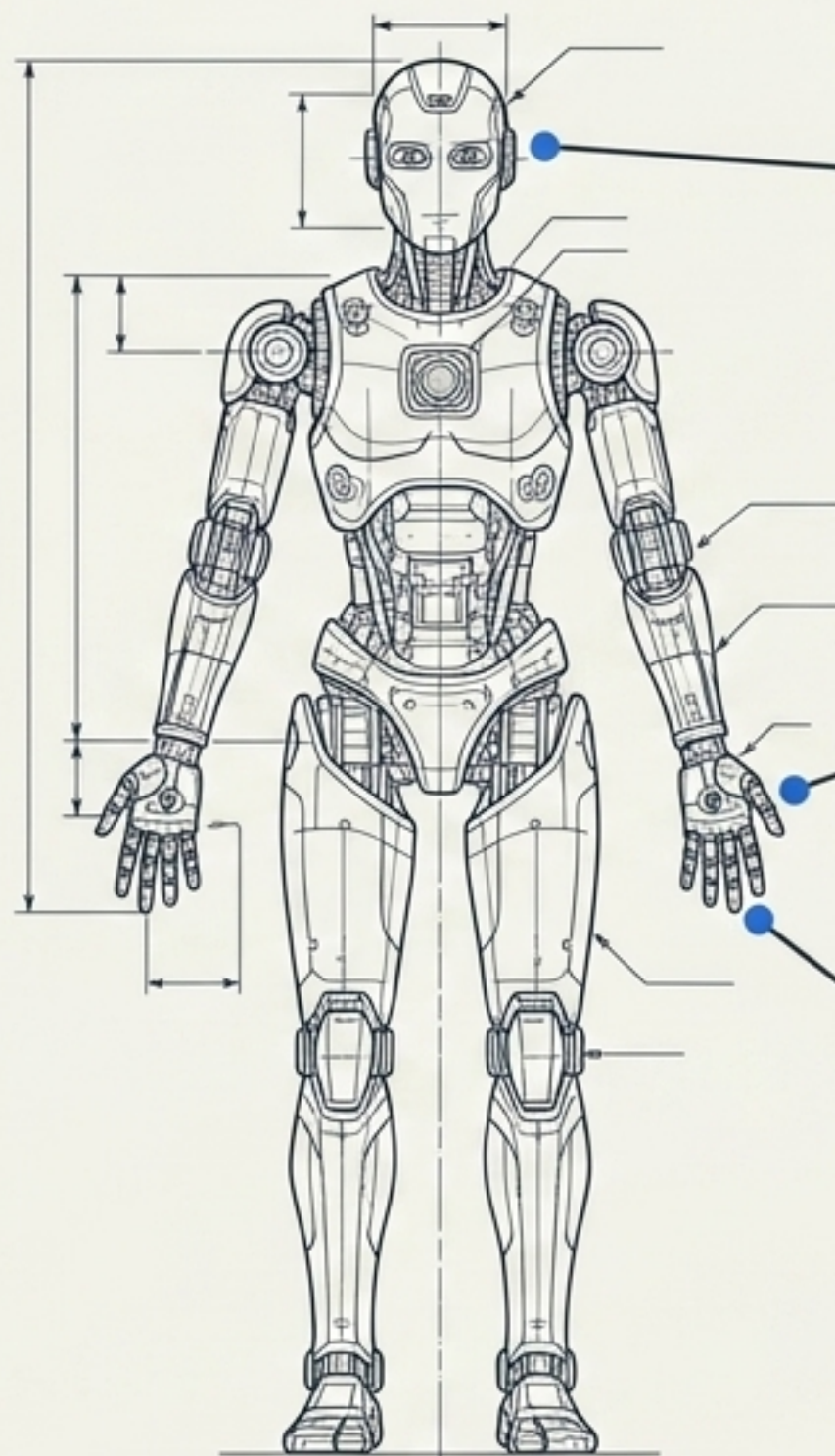
人間の代償

手にはマメができ、激しい痛みを伴う。
"Aimeの左前腕は基本的に壊れている状態だ"
— Figure AI CEO

機械の代償

肉体的疲労ゼロ、集中力低下ゼロ、労働組合結成リスクゼロ。

3秒未満の処理を支える第3世代ハードウェアの物理的進化



頭部 (Next-Gen Vision)

フレームレート2倍、レイテンシ1/4、視野角(FoV)60%拡大。

手部 (Palm Cameras)

広角・低遅延カメラ内蔵。把持直前のオクルージョン(死角)を視覚的に補正。

指先 (Tactile Sensors)

クリップ1個分(3g)の力から検知し、対象物の硬さ・柔らかさに合わせて把持力を動的調整。

Figure 02 vs 03 比較

重量:	70kg → 61kg (9%削減)
ペイロード:	20kg維持
アクチュエータ:	完全電動・動作速度2倍

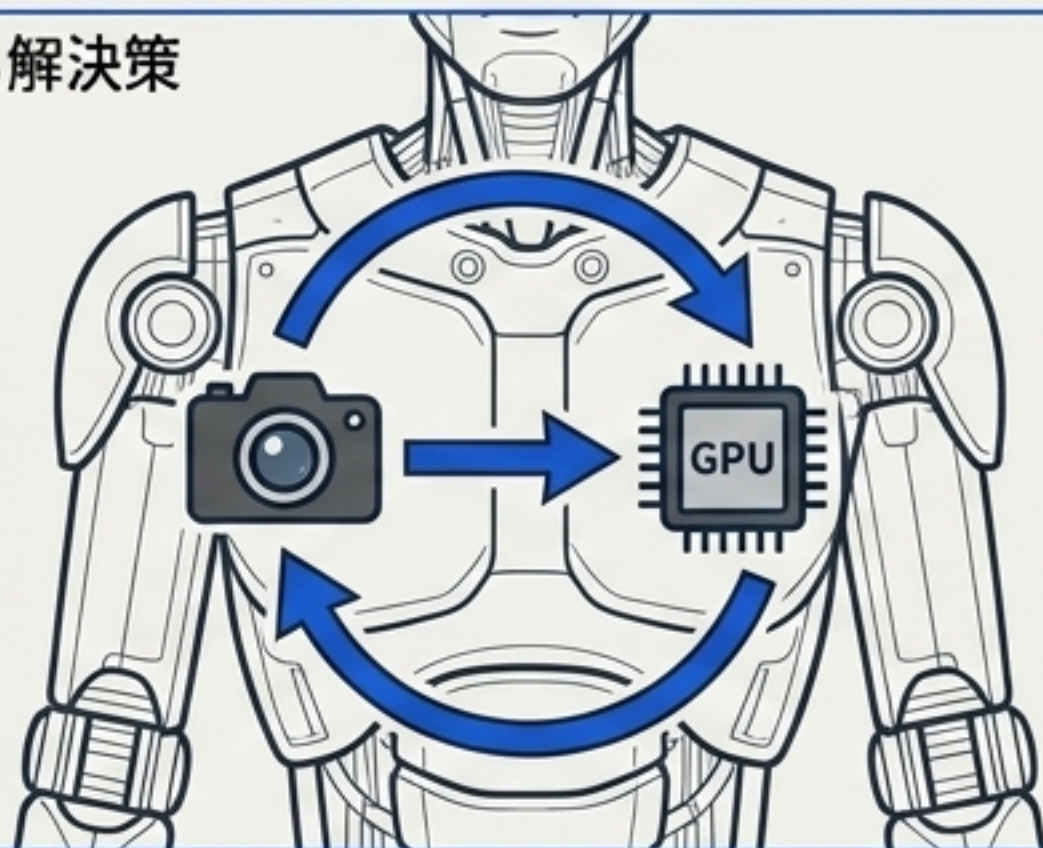
クラウド通信の遅延を排除するエッジML0psと熱管理の限界突破

クラウド通信の脆弱性



クラウド通信に依存した場合、わずか200ミリ秒のラグスパイク（ネットワークのジッター）が発生するだけで、コンベアのタイミングを逃し荷物を落下させる。

エッジ処理による解決策



完全ローカル処理:

全ての高レベル推論と視覚認識を、筐体内のデュアル低電力組み込みGPUで量子化実行。

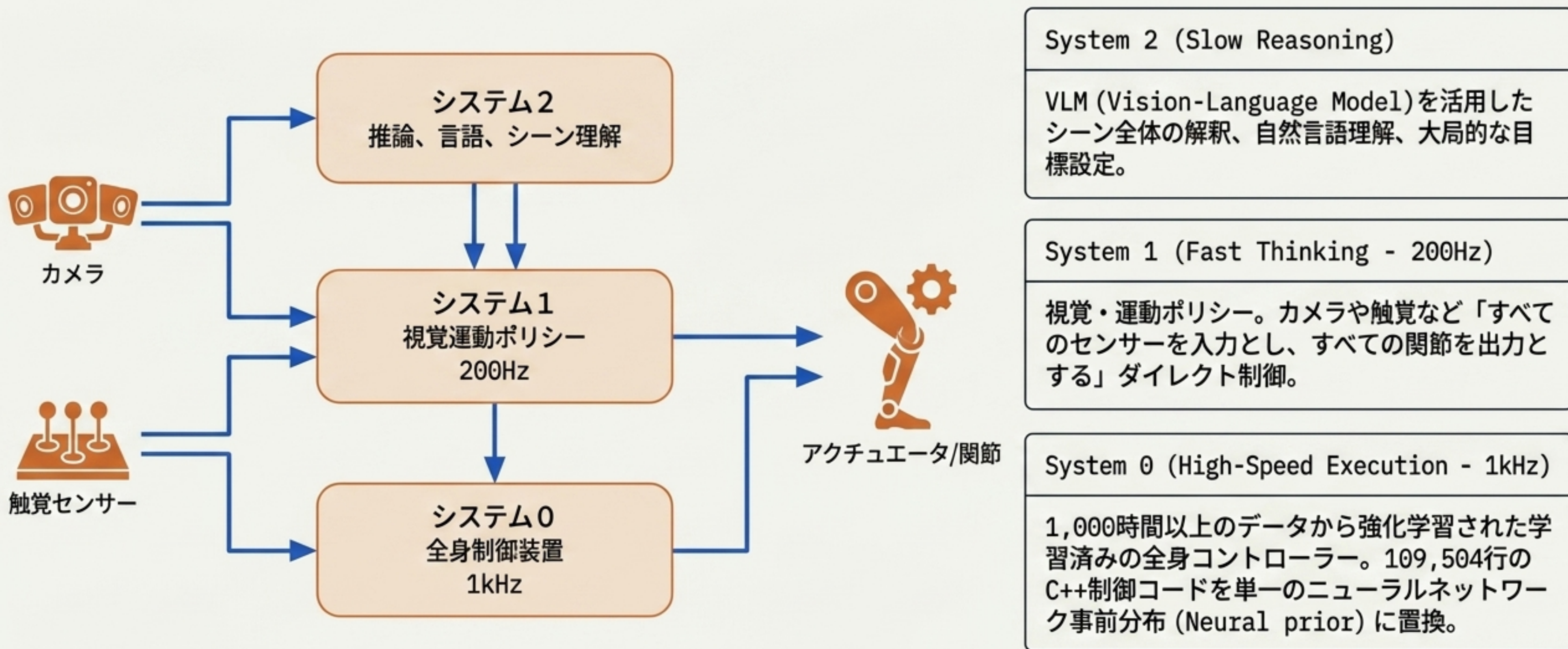
演算量:

30fps稼働により、1時間に108,000回の推論処理。

驚異的な熱管理:

受動的な排熱構造のみで、動的電圧スケールリングとモデル蒸留により、熱暴走（サーマルスロットリング）を完全に回避。

Helix-02：視覚から関節までを直結する「エンドツーエンド」アーキテクチャ



「時間的メモリ」と学習による、複雑な対象物への適応的振る舞い

		
段ボール箱	ポリ袋	シワの寄った封筒

触覚フィードバックを活用し、形状や硬さに合わせて把持戦略（グリップ）を動的に調整。

人間のデモンストレーションから学習した「バーコードを読みやすくするために軽く叩いて平らにする」という微細な適応行動を自律実行。

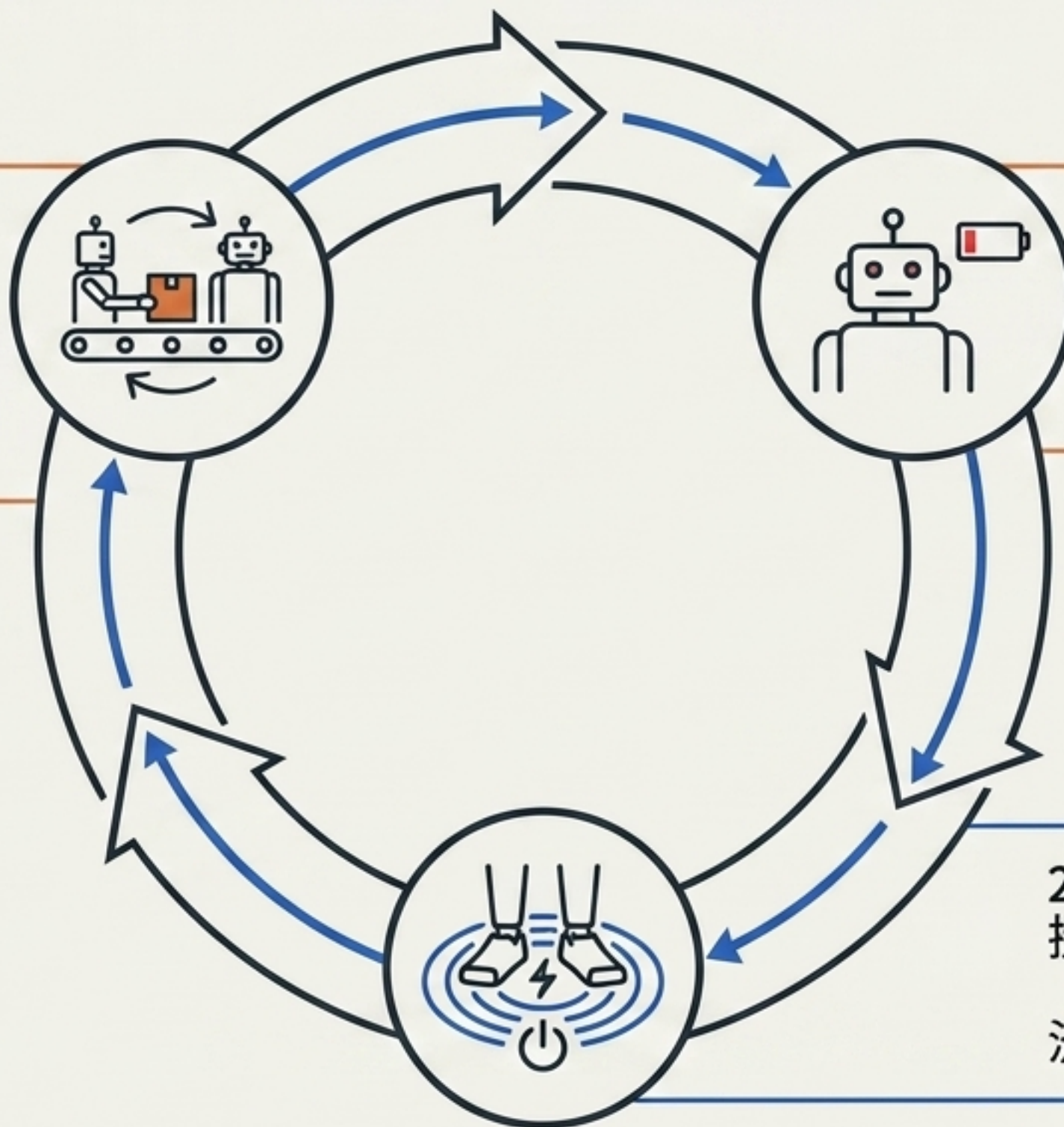
処理速度：5.0秒から4.05秒へ20%向上。

スキャン正確性：約70%から約95%へ劇的改善。

10時間以降の世界：無停止オペレーションと自律的フェイルオーバー

配信継続による耐久性証明:
72時間で88,000個、105時間経過時点で134,295個という驚異的な耐久性を証明。

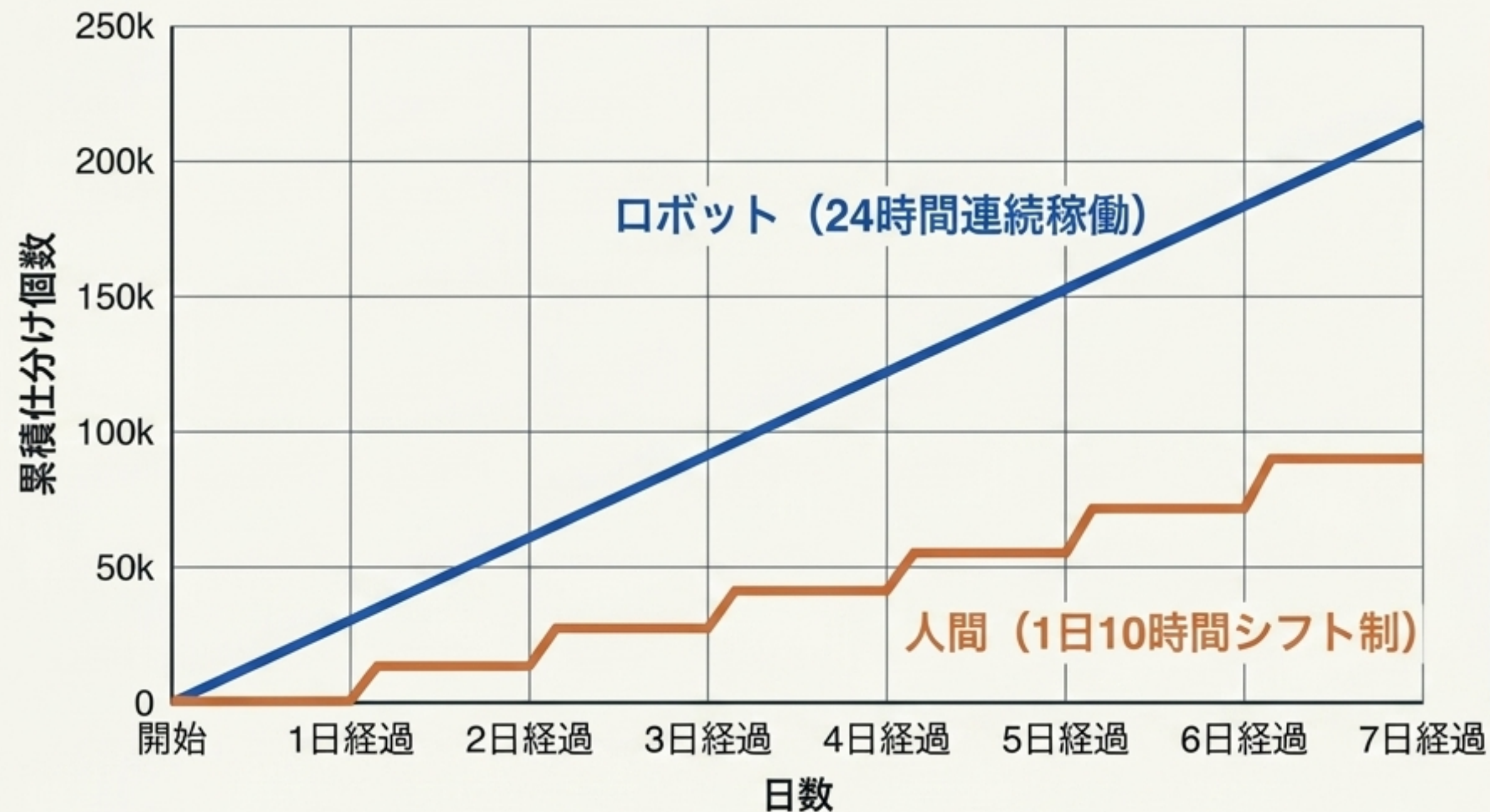
3. シームレスな交代: 充電に向かう機体と入れ替わりで、別の機体が即座にコンベアラインに立ち、フリート（群）として作業の中断をゼロ化。



1. 自己診断: バッテリー低下時、ロボットは人間の介入を待たずに自ら待機エリアへ移動。

2. ワイヤレス充電: 2kWの足裏非接触ワイヤレス充電パッド（FT8330シミュレータ環境で検証済）に自律接続。

長期稼働がもたらす「生産性の逆転」シナリオ（1週間予測）



人間の限界 (1日10時間
シフト×7日)

累計 約89,670個。労働法に
基づく休憩、睡眠、および
肉体的回復が不可避。

ロボットの無休稼働
(24時間連続稼働)

累計 約214,872個。

1時間あたりの処理速度は同等 (2.83秒) であっても、「疲労と睡眠の排除」という変数だけで、1週間後には総処理量に約2.4倍の圧倒的な格差が生じる。

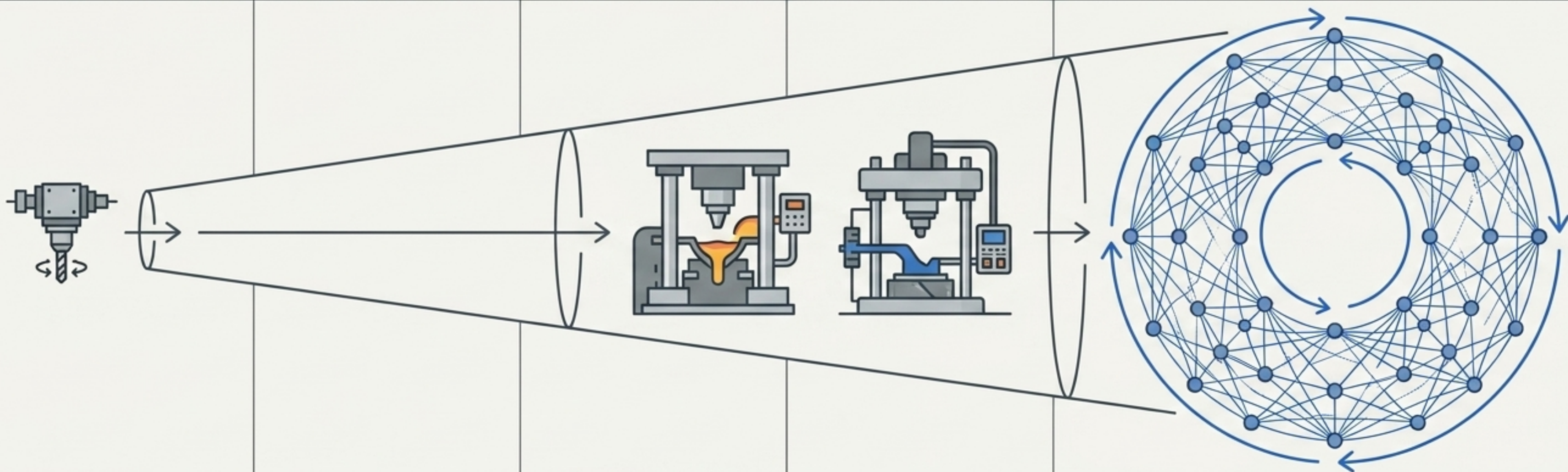
専門家からの視点：完全自律化を阻む「ロングテール」の壁

商業展開というよりも**科学プロジェクト**に近い。最大の課題はスピードではなく「**精度**」である。
— Ayanna Howard (Ohio State University)

現実の倉庫における例外事象	現在のAIにおける技術的ギャップ
商品の 物理的損傷 ・ 液漏れ	変形や汚染を視覚的に検知し、被害を広げないための 物理的対応 （ 意味論的推論 ）が不足。
バーコードの 視認性欠如	汚損、かすれ、二重ラベルなどの例外処理に対する 論理的判断 が不完全。
コンベア上の 物理的ジャム （詰まり）	荷物の積み重なりを安全に解きほぐす複雑な操作と、 下流工程 への影響回避。

指定タスクの反復では人間に肉薄したが、自らラインを止めて清掃するレベルの「現場判断能力」は未獲得。

ラボラトリーから量産体制へ: テキサス州「BotQ」施設の稼働



生産能力の爆発

CNC機械加工からダイカスト・射出成形へ移行。

生産スピードを「1日1台」から「1時間に1台」へと24倍向上。

品質管理とターゲット

初回通過歩留まり80%超、バッテリーライン歩留まり99.3%。

年間12,000台からスタートし、最終的に年間100万台規模へのスケールを計画。

データ・フライホイール効果

10 Gbpsのミリ波通信により、3台が30時間稼働するだけで90時間分の高忠実度テレメトリーデータを生成。

フリートの拡大がそのままエッジケース解決の学習資源となる。

熾烈を極めるヒューマノイド市場の資本投下と競合ランドスケープ

Figure AI

企業価値**400億ドル**。Nvidia, Intel, Microsoft, OpenAIが巨額出資。

Agility Robotics (Digit)

収益化の先行者。Amazonテストを経て、GXO LogisticsやSpanxの倉庫で**世界初の商業展開**を開始。

Unitree (H1)

価格破壊と運動性能。**100mスプリント**で**秒速10m**を記録し、廉価版を**わずか5,900ドル**で市場投入。

Tesla (Optimus) / Boston Dynamics (Atlas)

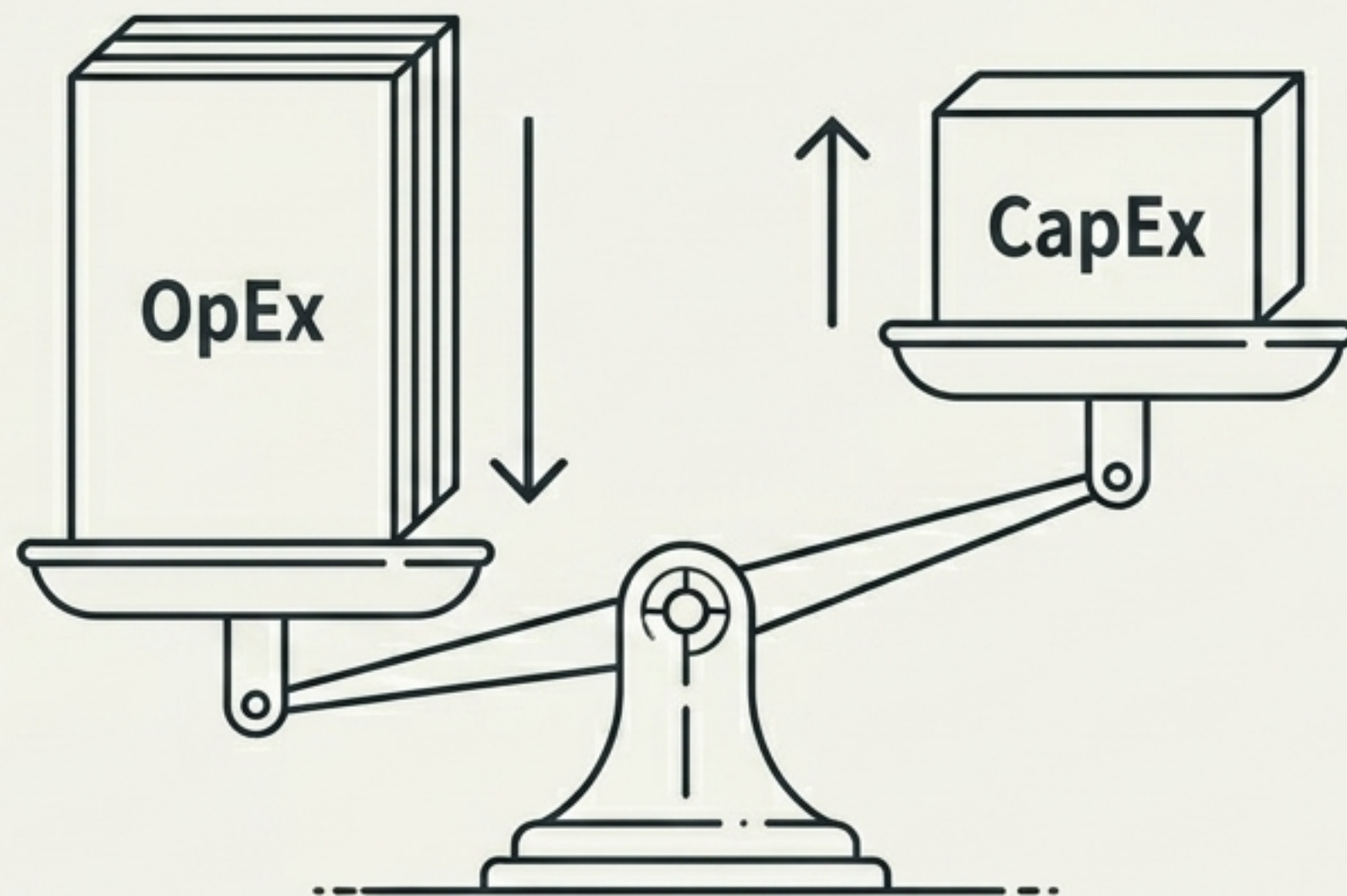
独自の**エコシステム**と**圧倒的な資本力**による追従。

労働経済モデルの不可逆な転換：OpEx (事業運営費) からCapEx (資本的支出) へ

**The Old Model
(OpEx / 人間)**

構成要素：時給 + 採用コスト + 福利厚生 + 残業代 + 法定休憩

特性：コストは時間経過とともに上昇し続ける。



**The New Model
(CapEx / ヒューマノイド)**

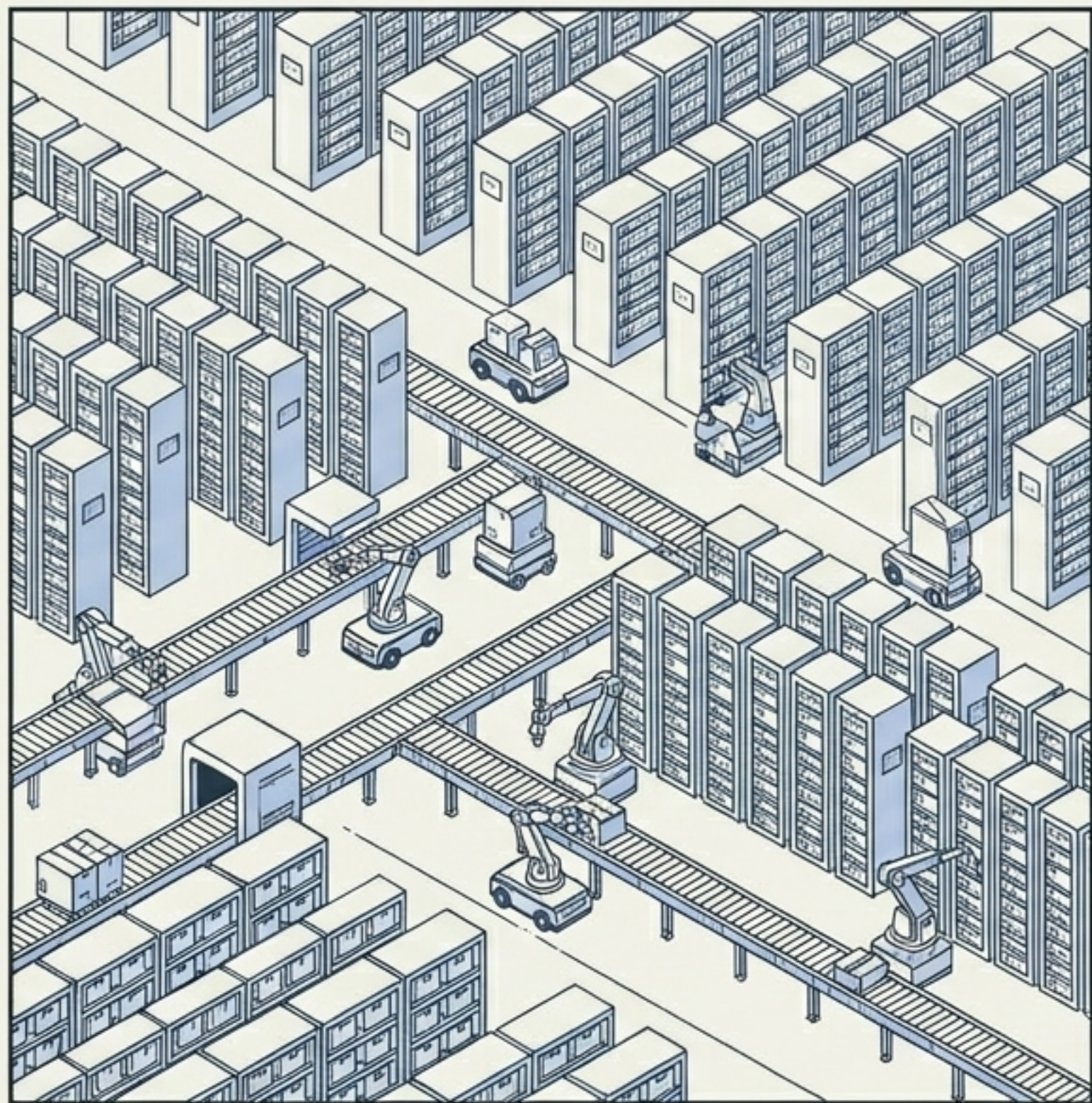
構成要素：ハードウェア減価償却費 + 電気代 (kWh)

特性：24時間100%稼働により、償却曲線が劇的に低下。

ティッピング・ポイント

製造コストは過去の25万ドルから3万~15万ドルへ急落中。
投資回収期間 (ROI) は今後18~36ヶ月に収束する見通し。

10時間の生配信が証明した「ダークウェアハウス」という不可逆な未来



人間の役割の再定義

反復的な物理タスクでの持久戦における人間の優位性は完全に喪失した。今後は機械が対応できない例外処理を管理する「システム監督者」へと移行する。

SFから経済ロードマップへ

照明も暖房も人間の存在も必要とせず、無数のロボットが24時間無休で稼働し続ける「ダークウェアハウス」は、もはや明確な投資対象である。

市場予測

ガートナーの予測によれば、2030年までに新規建設される倉庫の50%において、ロボットがオペレーションを主導する。