

オムロンの創薬支援ロボットとラボオートメーションの未来

はじめに

近年、創薬研究ではハイスループット化や再現性向上が求められている一方、実験の準備や試薬の扱いといった非定型作業は人手に頼っており、人的ミスや長時間労働が研究開発のボトルネックになっている¹。オムロンは中外製薬やオムロン サイニックエックス（OSX）と連携し、人と同じ実験器具を扱えるロボットを開発して「眠らないラボ」の実現を目指している。この記事ではWIREDの報道やオムロンの公式情報を基に、同ロボットの技術的特徴、従来の課題との関係、競合状況、導入のメリットと課題、将来のビジョンを総合的に分析する。

1. オムロンが開発中の創薬支援ロボットの概要

開発の背景と目的

- ・**課題認識** – 創薬研究では試薬の準備や器具の片付け、器具・設備の操作、データ収集などの非定型作業に人手が必要であり、研究者は長時間労働やミスに悩まされている²。また手作業のバラツキや暗黙知への依存により実験再現性が低く、コストや時間が浪費されている¹。
- ・**プロジェクトの目的** – オムロンは中外製薬およびOSXと共同で「次世代ラボオートメーションシステム」を開発し、人と同じ器具を扱うロボットが同じ室内で研究者と協働し、非定型作業を自動化することで研究者を創造的な業務に集中させることを目指す²。2023年から中外ライフサイエンスパーク横浜で実証実験が始まっており、24時間稼働する「眠らないラボ」の実現が目標である。

システム構成

1. **モバイルマニピュレータ（移動ロボット）** – 狭い研究室を走行しながら長いアームで器具やサンプルを搬送する。ベースが小さいため転倒を防ぐ制御が重要であり、オムロンは重心速度を計算してベースと腕の指令を分解する低計算量の全身制御アルゴリズムを開発し、1 ms周期で転倒を予防しながら安定走行させている³。また動作中に周囲の障害物に応じて進行方向を反転する柔軟な経路計画技術も用い、狭い通路でも目的地まで最短経路を素早く計算できる⁴。
2. **ワークベンチロボット（双腕ロボット）** – 卓上で試料の移し替えや攪拌、容器開閉などを行う。透明なフラスコやプレートを認識するために、カメラ画像から輪郭を抽出して奥行き情報を復元するAIを開発し、一般的な深度センサでも透明容器の形状を把握できる⁵。マルチフィンガハンドで試験管等を把持し、指先を滑らせながら最小の力で確実に掴む「指ロール制御」を実装した⁶。作業中の位置ずれを高速で補正する画像追従技術により、1〜2秒かかっていた再認識時間を短縮した⁷。
3. **AIによるタスク生成・ユーザーインターフェース** – ロボットに自然言語で「Aの試薬を取ってBの試薬を混ぜて」と指示すると、AIが言語を解析して作業手順を生成し、ロボットが装置やハンドを最適に選択して動作する⁸。

開発段階とロードマップ

オムロンはラボオートメーションの成熟度を3段階に分けている。現在は試薬搬送や機器操作など特定の作業を自動化する第1段階を実装中であり、次の段階では異なる工程を統合する高レベル計画、最終段階では研究の設計やデータ解析を含めた完全自律型ラボを目指す⁹。OSXはムーンショット型研究開発制度に参加し、2050年までにAI駆動型ロボットがノーベル賞級の発見を行える世界を目指すと述べている¹⁰。

2. ロボットが実験器具を扱える仕組み

モバイルマニピュレータの制御技術

技術	概要	出典
低計算量全身制御	モバイルマニピュレータの重心速度をモデル予測制御で計算し、ベースと腕の速度に分解して1 ms周期で実行。これにより小型ベースでも転倒せずに長腕を動かせる ³ 。	WIRED記事
動的経路計画	ジョイスティック操作に似たアルゴリズムで、狭い通路でも進行方向を反転しながら複雑なルートを素早く計算し、障害物を避けつつ走行できる ⁴ 。	WIRED記事
力制御・ZMP拘束	ドアを押すなど外力がかかる作業でも転倒しないよう、重心位置（Zero Moment Point）を管理する制御を開発 ¹¹ 。	WIRED記事・技術報告

ワークベンチロボットの技術

技術	概要	出典
透明物体認識	一般的な深度センサで透明容器の輪郭を捉え、深さ方向のエッジ情報から3次元形状を推定するAIを開発。フラスコやプレートなどのラボウェアを正確に認識 ⁵ 。	WIRED記事
指ロール制御	指先で試験管を押さえつけながら回転させることで滑りを防ぎ、最小の力で安定的に把持するマルチフィンガ制御 ⁶ 。	WIRED記事
高速ビジュアルサーボ	目標物がずれても1～2秒かかっていた再認識時間を短縮し、リアルタイムに位置合わせを補正 ⁷ 。	WIRED記事
自然言語インタフェース	研究者が「ピペットで1 mL吸い取って混ぜる」など口頭で指示すると、AIがタスク分解し装置操作まで自動化 ⁸ 。	WIRED記事

研究発表に示された基盤技術

オムロンは2025年の日本ロボット学会で7件の技術論文を発表した。主な内容は、1. 低次元線形モデルと速度分解を用いた全身制御（モバイルマニピュレータの転倒回避）¹²。2. 方向転換を含む動的経路計画¹³。3. 重心制約を考慮した全身インピーダンス制御¹⁴。4. 透明物体のマーカーレス視覚サーボに関するSSCFlow技術 - ステレオカメラと光学フローを用い、透明容器の位置を1.5 mm精度で推定¹⁵。5. 指ロール制御に基づく多指把持¹⁶。6. モノピークRA-FNET Stereo/ICPによる透明物体姿勢推定¹⁷。

3. 創薬研究の課題とロボットによる解決策

従来の課題

- ・**暗黙知と再現性の欠如** – 熟練研究者の技術や経験が個人の暗黙知として蓄積され、手技のバラツキやミスにより実験再現性が低下していた¹。研究データの捏造リスクも潜在的に存在する¹。
- ・**人的ミスと研究者への負担** – 自動分注機などの専用機器は存在するが、複数の機器間をつなぐのは人であり、ルーチンワークや人為的ミスがなくなる¹⁸。調査では一般的なバイオラボの誤差の24～30%が患者ケアに影響し、米国ラボでは前処理段階のミスによる損失が年間約18万ドルに達する¹⁹。
- ・**長時間労働・安全リスク** – 危険な試薬の取り扱いによる曝露リスクや長時間労働が研究者の健康を脅かしている²⁰。
- ・**スキル人材の不足** – 少子化と専門人材不足により熟練実験者が減少し、バイオ産業の成長が危うくなると指摘されている¹。

オムロンのロボットがもたらす解決策

課題	解決策	効果
手技のバラツキと再現性	ワークベンチロボットが双腕と7自由度を活かし、熟練者の動作を数値化・再現する。吸引・吐出位置や攪拌強度などのパラメータを最適化して複数ロボット間で共有し、高い再現性を実現 ²¹ 。	実験回数の削減やデータ品質向上。複数拠点で同じ結果を再現可能 ²² 。
人的ミス	AIが自然言語から作業手順を生成し、ロボットが各装置を適切に操作する ⁸ 。センサや画像認識が作業状況を常時把握し、位置ズレ補正を自動で行う ⁷ 。	前処理段階で発生するミスを減らし、85%のラボ管理者が自動化によってエラー低減が期待できると回答 ²³ 。
長時間労働・安全	モバイルマニピュレータが危険な試薬を搬送し、ワークベンチロボットが細胞培養・遠心などを行うため、研究者は危険な環境から解放される。ロボットは24時間稼働でき、夜間の実験も可能 ² 。	研究者の労働負荷や曝露リスクを軽減し、健康被害を減らす。
人材不足	作業を自動化し、研究者はデザインや解析など創造的な仕事に集中できる。人手不足でも実験処理能力を維持できる。	生産性向上と人材不足への対応。
データ信頼性	全ての操作ログを自動記録し、実験データの捏造や不正利用を抑止する ²⁴ 。	トレーサビリティが向上し、規制対応も容易になる。

4. 競合他社のラボオートメーション動向

グローバル大手企業の動向

NTTデータの調査によると、ラボオートメーション市場は2023年に58.3億ドル規模で、2030年には102億ドルに拡大すると予測される²⁵。主要プレイヤーはハード・ソフト両面でポートフォリオを拡充し、買収や提携で技術を強化している²⁶。主要企業の特徴は次の通り。

企業	主なソリューション	特徴・注目点
Thermo Fisher Scientific	Spinnaker 3やOrbitor RS2などマイクロプレート搬送ロボット、F7 Robot System、Vanquish UHPLC Loader、統合プラットフォームinSPIREなど多様なロボットとソフトウェアを提供 ²⁷ 。	エネルギー効率とスペース効率を重視し、バーコードスキャンや360°作業空間などで高スループットを実現。モジュールを組み合わせ、ワークフローを自動化し、薬物スクリーニングなど幅広いアプリケーションに対応 ²⁸ 。
Hamilton Company	Microlab VANTAGEやSTARシリーズなどの自動分注ワークステーション。CO-RE技術によりチップとチャンネルを精密に嵌合し、エアードイスプレースメント方式で高精度なピペッティングを実現 ²⁹ 。モジュール設計によりアーム数やストレージを自由に構成できる ³⁰ 。	分注の精度と再現性に強みがあり、INSTINCT Vソフトウェアでドラッグ&ドロップによるワークフロー設計が可能 ³¹ 。バーコードスキャナーによるサンプル追跡や閉鎖型ハウジングによる安全対策も備える ³² 。
Tecan Group	Fluentワークステーションはモジュール式の液体ハンドリングプラットフォームで、ロボットアームやデバイスを自由に組み合わせて高スループットを実現する ³³ 。複数の独立したアームが並行してピペッティングや検出を行い、ロボットグリッパーによる多様なラボウェアの扱い、拡張可能なデッキ構造などが特徴 ³⁴ 。FluentControlソフトはドラッグ&ドロップ式で3Dシミュレーションに対応し、エラー時の回復や手法の再開が容易 ³⁵ 。	液体ハンドリングに特化した高性能なシステムで、規制対応用のFluent Gxソフトウェアやクラウド分析機能を備える。加えてSpark Cytoなど検出機器やデジタルディスペンサーなどのラインアップも広い。
Agilent Technologies	クロマトグラフィーや質量分析器と連携する自動試料調製装置を展開 ³⁶ 。	既存の分析装置との統合を強みとし、分析分野に特化したオートメーションを提供。
Revvity (旧 PerkinElmer)	ハイコンテントスクリーニング装置やプレートリーダーなど創薬向け自動化ソリューションを提供 ³⁷ 。	診療領域にも展開し、新生児スクリーニング装置なども手掛ける。

企業	主なソリューション	特徴・注目点
川崎重工業（日本）	「K-Lab 1」「K-Lab 2」などのモジュール式ラボオートメーションシステムを提供。細胞培養や分析工程を自動化し、ロボットと走行レールを組み合わせ、試料搬送・液体分注・攪拌・遠心・蓋開閉・シーリングなど多くのアプリケーションをカバーする ³⁸ 。	6軸ロボット2台を組み合わせて柔軟な作業を行い、クリーン環境対応や除染・トレーサビリティ、遠隔サポートに対応。
Robotic Biology Institute (LabDroid Mahoro)	人型ロボット「まほろ」が人と同じ実験器具を使って分注・攪拌・遠心・細胞剥離などを行う ³⁹ 。暗黙知を数値化してロボットに再現させ、高い再現性とトレーサビリティを実現 ⁴⁰ 。	ヒト型の双腕構造で汎用性が高く、実験ログを自動記録。複数拠点で成果を共有できる。

オムロンとの比較

オムロンのシステムは人と同じ器具を使い、狭い研究室内で移動する点が他社と大きく異なる。Thermo FisherやHamilton、Tecanなどはマイクロプレート搬送やピペッティングに特化した装置が中心で、ユーザーのワークフローに合わせてモジュールを構成する。これに対しオムロンのロボットは動的経路計画や転倒回避制御、透明容器認識、自然言語インタフェースなどにより、人間と同じ実験空間で柔軟に作業を行うことを目指している。またMahoroはヒト型ロボットとして高い汎用性を持つが、オムロンはモバイルロボットと卓上ロボットを分離し、狭い空間の移動や各種器具操作の最適化を図っている点が独自である。

5. ラボオートメーションがもたらす潜在的な影響

研究開発のスピードアップと創薬成功率

- ・**高スループット化** – 自動化は人間が手動で行う場合に比べて並列処理が容易であり、マイクロプレート搬送ロボットやピペッティングロボットは数百～数千の試料を短時間に処理できる。実験再現性が高まることで検証回数が減り、研究のタイムラインを短縮できる²²。
- ・**再現性とデータ品質の向上** – Nature誌の調査では70%以上の研究者が他者の実験を再現できず、自らの結果も60%以上が再現できなかった⁴¹。オートメーションにより操作条件が厳密に再現されることで、この再現性危機を改善できる。オムロンのロボットは動作ログを全て記録し、データの信頼性を高める²⁴。
- ・**化合物探索の効率化** – ハイコンテンツスクリーニング装置や自動インキュベーターとの連携により、膨大な化合物ライブラリのスクリーニングが短期間で実施可能になり、創薬成功率を向上させる。

コスト削減

- ・**労働コストの削減** – ルーチン作業をロボットが担うことで人員を減らし、研究者が高付加価値業務に集中できる。LabDroid Mahoro導入により実験回数の削減や複数拠点での同時検証が可能になり、研究期間とコストを大幅に削減できる²²。
- ・**消耗品と廃棄物の削減** – 精密なピペッティングにより試薬使用量を最小化し、エラーによる再試行を減らすことで資材コストを抑えられる。人為的ミスによる廃棄物も減る。

研究者への影響

- **創造的な時間の拡充** – ロボットが非定型作業を代行することで研究者は実験デザイン、データ解析、仮説検証などの創造的な業務に集中できる²。アンケート調査では78%のラボ管理者が自動化により研究者の創造性が高まると回答した⁴²。
- **安全性の向上** – 危険な試薬や高放射線環境での作業をロボットが担うため、曝露リスクが低減する²⁰。⁴³では眼精疲労や手首の負担が軽減されると指摘されている。

業界全体への波及

ラボオートメーション市場は北米・欧州で先行しているが、アジア太平洋地域でも急成長が見込まれ、日本や中国での導入が加速している⁴⁴。オムロンのロボットが実用化されれば、人が使う器具をそのまま用いる汎用性と狭所移動能力を武器に国内外の中堅製薬企業や創薬ベンチャーへの普及が期待される。

6. 技術導入の課題と限界

高い初期投資と費用対効果

ラボオートメーションは長期的にはコスト削減につながるが、初期投資は機器・ソフトウェア・設置工事・人材教育を含め高額になる。Automata社のレポートでは、導入コストを抑えるには影響が大きい高スループット工程から段階的に自動化し、ROIを検証しながら進めるべきと提案している⁴⁵。

システム統合・相互運用性

既存の設備やデータシステムとの互換性は大きな課題である。多くのラボはレガシー機器を使用しており、新しいロボットやソフトとの接続が困難でデータ不整合や業務停止を招く⁴⁶。解決にはオープンAPIを備えたモジュール化されたシステム選択や、ベンダーによる統合支援が求められる⁴⁷。

データ精度と管理

自動化は大量のデータを生成するため、データ精度と管理が重要になる。自動装置が誤った設定で動くと大量の不正確なデータが生成されてしまうため、リアルタイム監視やエラーハンドリング機能を備えたソフトウェアが必須⁴⁸。また実験ログの保存と改ざん防止のため厳格なアクセス制御と監査が必要だ。

人材育成と受容

自動化の導入には従業員の役割や技能が変化するため抵抗が予想される。適切な研修と運用支援により、スタッフが新技術を活用できるようにする必要がある⁴⁹。ロボットのプログラミングや保守を担う技術者の育成も課題である。

柔軟性と将来の適応

生命科学分野は技術革新のスピードが速く、装置が固定的だとすぐに陳腐化してしまう。Automataは拡張性とアップグレードが容易なモジュール設計を採用すべきと指摘している⁵⁰。オムロンのロボットも人間用器具を利用することで変化に対応しやすい一方、実験室全体のシステム連携や規制（GMP、21 CFR Part 11など）への適合が課題になる。

完全自律ラボに向けた残る課題

理化学研究所はロボットの裏方作業（試薬補充、トラブル対応など）の自動化が未解決であると指摘し、実験室が自ら状態を把握し維持する「SeM（Self-maintainability）」という概念を提案した⁵¹。現在のオートメーションは実験操作の自動化にとどまり、試薬管理やエラー対応は人間に依存しているため完全自律ラボの実現にはさらなる技術開発が必要である⁵²。

7. 「眠らないラボ」の将来像と今後の展開

オムロンは創業者の理念「機械にできることは機械に任せ、人間はより創造的な分野で活動するべきである」を掲げ、研究者とロボットの共生を目指す⁵³。同社のロードマップや専門家の見解から以下の未来像が読み取れる。

- ・**24時間稼働する柔軟なラボ** – ロボットが人の使う器具をそのまま利用し、狭い実験室内を安全に移動することで、昼夜を問わず実験を続けられる。研究者は遠隔から進捗を確認し、必要に応じて新しい実験プロトコルをインプットするだけで良い。
- ・**AIによる研究計画と最適化** – 研究者が自然言語で目的や条件を入力すると、AIが実験計画を生成し、ロボットが実行・データ解析まで担う。失敗やデータ異常があればAIが原因を推定してプロトコルを修正する。OSXは2050年までにAIロボットが自らアイデアを生み出す「AI科学者」の実現を掲げている¹⁰。
- ・**自己維持型ラボへの進化** – RIKENが提唱するSeM対応ラボの概念では、試薬補充や装置メンテナンス、エラー対応など裏方作業もシステムが自律的に担う。オムロンの「眠らないラボ」がこの思想を取り入れれば、完全な無人研究施設が実現し、宇宙環境や危険区域など人が立ち入れない場所での研究も可能になる。
- ・**新たな研究者の役割** – 研究者はデータ解釈や仮説生成など、ロボットでは代替しにくい高次の判断を担うようになる。ラボ運営ではロボット・AIを理解し活用できる人材が求められ、教育機関でのカリキュラム刷新が必要とされるだろう。

結論

オムロンが開発する創薬支援ロボットは、モバイルマニピュレータとワークベンチロボットを組み合わせ、人間と同じ器具を扱いながら狭い研究室内での複雑な作業を自動化する。これは、既存の特定タスク用装置とは異なり、柔軟性と人との共存性を両立させた独自のアプローチである。暗黙知への依存や人為的ミス、長時間労働といった創薬研究の課題を解決し、研究者が創造的な仕事に専念できる環境を提供する点で大きな意義がある。競合他社もハイスループット装置やモジュール式プラットフォームを展開しているが、オムロンのシステムは多様な器具と狭所移動を可能にする技術によって差別化される。一方で、高額な導入コスト、システム統合、データ管理、人材育成、規制適合など課題も多く、完全自律ラボには試薬補充やエラー対応など裏方作業の自動化が残されている。将来的にはAIが研究計画を立案する自己維持型ラボが実現し、研究者はデータ解釈やイノベーション創出に専念する新たな役割を担うと考えられる。

1 18 21 22 24 39 40 ファルマシア・60巻・5号・434頁

https://www.jstage.jst.go.jp/article/faruawpsj/60/5/60_434/_pdf/-char/ja

2 53 中外製薬とオムロン、オムロン サイニックスが目指す人が活きる「次世代ラボオートメーション」 | We are Shaping the Future! 私たちが手繰り寄せる未来ストーリー | オムロン株式会社

<https://www.omron.com/jp/ja/edge-link/news/688.html>

3 4 5 6 7 8 9 11 創薬の現場を“眠らないラボ”へ。人と同じ器具を操るロボットをオムロンが開発中 | WIRED.jp

<https://wired.jp/article/omron-lab-automation-drug-discovery/>

10 人とAIの融和で創る未来 | We are Shaping the Future! 私たちが手繰り寄せる未来ストーリー | オムロン株式会社

<https://www.omron.com/jp/ja/edge-link/news/739.html>

12 13 14 15 16 17 オムロン、ラボオートメーション技術7件を日本ロボット学会で発表 | ニュースルーム | オムロン株式会社

<https://www.omron.com/jp/ja/news/2025/08/c0827.html>

19 23 42 43 Common sources of error in biology lab experiments

<https://automata.tech/blog/common-sources-of-error-in-biology-lab-experiments/>

20 38 ラボオートメーション | 川崎重工の産業用ロボット

<https://kawasakirobotics.com/jp-sp/lab-automation/>

25 26 36 37 44 ラボオートメーションの最前線 | 経営研レポート | NTTデータ経営研究所

<https://www.nttdata-strategy.com/knowledge/reports/2025/250729/>

27 28 Lab Robotics | Thermo Fisher Scientific - IN

<https://www.thermofisher.com/in/en/home/life-science/lab-equipment/lab-automation/lab-robotics.html>

29 30 31 32 Microlab VANTAGE – ハミルトン・カンパニー・ジャパン株式会社

<https://hamiltoncompany.co.jp/microlab-vantage/>

33 34 35 Fluent - the effective way to increase productivity - Tecan

<https://lifesciences.tecan.com/fluent-laboratory-automation-workstation>

41 The State of Lab Automation: Challenges and Opportunities - MassRobotics

<https://www.massrobotics.org/the-state-of-lab-automation-challenges-and-opportunities/>

45 46 47 48 49 50 Five challenges in lab automation and how to overcome them

<https://automata.tech/blog/five-challenges-in-lab-automation-and-how-to-overcome-them/>

51 52 AIとロボットが実験の「裏方作業」もする未来 | 理化学研究所

https://www.riken.jp/press/2025/20250819_1/index.html