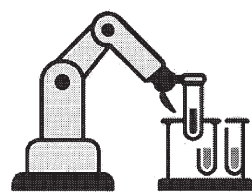


AIによって進化するラボオートメーションのステージ

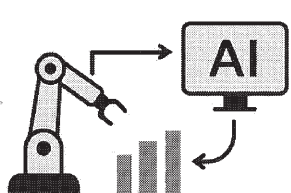
従来のラボ
オートメーション

AI導入による
機能拡張

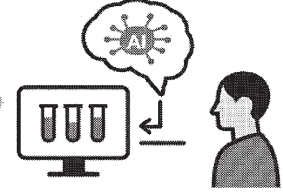
知能化した実験室



- 作業の省力化
- 再現性の確保



- 実験条件の設計
- データの即時解析



- 実験計画の立案
- 実験作業の学習・最適化
- AIが主体的に研究に関与

「知能化した実験室」バイオ研究で進展

ロボで再現性向上

バイオ研究の現場ではAI（人工知能）の導入によって、ラボオートメーション（実験の自動化）が新たなステージへと進展しつつある。従来、実験の自動化は作業の省力化や再現性向上といった目的で導入されてきた。だが近年、AIが実験条件の設計やデータ解析まで担い始め、「知能化した実験室」へと変化する動きが加速化しており、効率の追求から、自ら学び・改善する実験プロセスに移行している。本稿ではAIがラボオートメーションをどう機能拡張し、研究開発全体を変革させていくかを整理する。

AIを活用したラボオートメーションの背景には、複数の技術が重層的に存在する。コンピュータビジョン、クラウド処理、センサーデバイスの高性能化に加えて、大規模言語モデル（LLM）を活用したAIの導入によって、従来は人の判断に頼っていた実験計画の設計・実行を機械的に担えるようになってきた。また、大量の実験データを扱う際には、従来の経験則を凌駕（りようが）する局面が急速に増えている。ラボオートメーションは1980年代から、プレット搬送装置（試料の入った容器を自動で運ぶ機械）や分注ロボットなどによる定型作業の自動化から始まった。90年代にはハイスループットスクリーニング（HTS：大量の候補物質を一括で検査・評価する手法）の普及とともに、創薬や分析におけるロボティクス活用が進展した。その後、AI技術の進化と計測機器の高度化により、単なる「作業の置き換え」にとどまらず、実験条件の最適化やプロトコル（実験手順）の設計、さらには実験計画そのものの自動生成が可能になってきた。実験を計画（Design）・実行（Build）・評価（Test）・学習（Learn）する一連の流れ（DBTLサイクル）を高速で回す仕組みが整い、試行錯誤を繰り返す過程そのものがAI主導へと移りつつある。研究現場では製薬企業がAI技術を取り込み、先進的なラボ環境を整備している。中外製薬では2023年、横浜市新設した研究拠点「中外ライフサイエンスパーク横浜」で、AIとロボットを組み合わせた実験自動化の実証を開始した。ここでは細胞培養をモデルに、AIが過去の実験データから培養条件を推定し、協働ロボットがプレット搬送や器具操作を行う。新しい抗体を設計するための遺伝子操作工程では、従来5日間かかっていた作業が3日間に短縮された。分注ロボットによる精製工程では、ロット間のバラつきが大幅に低減されるなどの成果も出ている。人手による作業の差異が原因だった失敗がほぼ解消されており、AIとロボティクスによる定量化と再現性の担保が進んでいる。

研究機器メーカーの島津製作所では、神戸大学と連携し、自律型実験システム「Autonomous Lab」の開発を進めている。ロボットが試料操作を担い、AIが実験結果をもとに次の条件を自動設計する構造だ。ベイズ最適化手法を活用し、これまで10数回の試行が必要だった実験条件の探索が、数回で収束するようになった。また、同社はAIスタートアップのエピストラと共同で、細胞培養条件を最適化するソフトウェア「CeilTune」を開発。144項目の成分データをもとに、AIが培地組成や添加タイミングを算出する仕組みを24年に実用化した。

これにより、熟練者の「暗黙知」だったノウハウが形式知化され、再現性の高いプロトコル設計が可能となっている。このように、国内外の多くの研究機器メーカーはAIスタートアップと協業しながら、自社製品のラボオートメーションを進めている。海外でもAIによるラボ機能の再構築が加速している。米Recursionは、画像AIとロボティクスを融合させ、週当たり数百万件の細胞実験を実行。細胞画像から得られる膨大なデータをAIが解析し、実験条件の設計に反映する。AIが有望な条件に絞って探索し、効率的に高反応性の組み合わせを見つける仕組みが確立されている。同社は、AIによるラボ機能の「スケールアップ」に成功しており、創薬AIとロボティクスの高度統合という点で先進性が際立っている。



生産性の高度化へつながる（イメージ）

創薬にビッグデータ提供

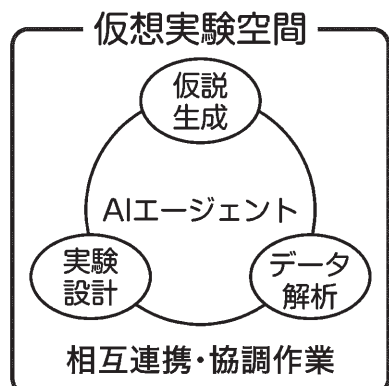
した。20年以降は、世界の複数の創薬ベンチャーや製薬企業と提携し、がんや神経疾患の前臨床研究に特化した高品質データの提供に注力している。数万件規模の実験データをクラウド経由で顧客に提供する仕組みを構築し、実験室の物理的な限界を超えた「リモートラボ」の概念を具体化している。実験はすべて自社施設のロボットが実施し、AIが取得データの品質を評価。人手のバラつきを排除し、高精度かつ再現性のあるデータ提供を可能にしている。クラウド上で仮説検証を回せる同社の仕組みは、ラボインフラの地理的制約を超える新たなアプローチとして注目されている。

試行錯誤プロセスを主導

AIエージェントが進化させる次世代実験室

従来の実験室

- 人中心の研究
- 手作業による仮説検証
- 試行の重複



AIエージェントと
協働する実験室



- 知的判断と設計の融合
- 仮説の評価と実行の統合
- 迅速な条件設定・再現性

AIエージェント、人と協働

仮想実験空間上で実装し、創薬スクリーニングを数時間単位で完了できる可能性を示した。こうした、AIやAIエージェントの導入により、最適な実験条件の迅速な特定が可能となり、探索効率や再現性の向上が期待されている。仮説の評価と実行が一体化し、特に細胞培養や化合物スクリーニングの初期工程において、試行の重複やムダを抑えることができ、従来の人中心の研究スタイルから、AIとの協働による戦略的研究プロセスへの移行が進んでいる。AIとラボオートメーションの進展は、産業構造の変革に波及する。特に製薬やバイオ分野では、従来は研究所内のスキル・ノウハウに依存していた創薬プロセスが、標準化されたクラウドラボによって再構成され、地理的・人的制約から解放されつつある。これにより、研究開発機能の分散化、外部委託型のR&Dモデル、あるいは研究のSaaS化（ラボ・アズ・ア・サービス）といった新たな事業形態も生まれつつある。AIとロボティクスによる実験の外部化が進めば、研究所の役割や人員構成そのものが見直される可能性が高く、従来型の研究体制や産業分野に再編を促す力となる。ラボの知能化は単なる技術導入にとどまらない。施設設計や知財管理、研究倫理、教育制度など、広範な制度設計を必要とする。「AIによる自動化と人の判断がどのように共存するか」。その設計思想こそが、今後の研究基盤の成否を左右する。再現性・高速化・高精度と、AIの導入によって得られる利点は多いが、それらを産業や研究に生かすには、進展する技術をいかに効率的かつ早期に取り入れるかが重要となる。技術動向の把握と実装スピードが競争力を左右する中で、柔軟な組織体制と実行判断力の有無が分岐点となるだろう。



NTTデータ経営研究所
先端技術イノベーションセンター
マネージャー
飯島 玲生

いいじま・れお 13年（平25）阪大院生命機能研究科修了。博士（理学）。大学でビッグデータ・AIに関する教育や学術コンサルティングの業務に従事した後、19年から現職。生命科学分野やグリーン・トランスフォーメーション（GX）分野の多様な技術領域で、アカデミアや民間企業が有する先端技術の社会実装の支援を行う。