

Laboratory and Analytical Device Standard (LADS) OPC UA による 機器のプラグ & プレイに向けて

上野 楠夫, 石隈 徹

1 概要

現在まだ多くのラボラトリーでは、分析・前処理など高度な機能を有した機器が単体で利用され、操作・データ処理が一貫したシステムで運用されていない。また人の手による試料の前処理や搬送、種々の測定とデータ収集、解析に多く時間が取られており、その結果として実験・研究の生産性が上がらず、研究者も創造的な活動に時間が使えていない。一方で製造業では多くの工場にて自動化が進んでいる。ラボラトリーと工場の自動化への要求への違いなどから、将来的にラボラトリー機器に求められるであろうプラグ&プレイを説明し、現在の自動化の状況とJAIMA（日本分析機器工業会）として推進しているLADS (Laboratory and Analytical Device Standard)^{1)~3)}の内容と現在の取り組みについて説明する。

2 ラボラトリーの現状と課題

2.1 工場の自動化とラボラトリーの自動化の差異

自動化というときまず工場の自動化が想起され、省力化、省人化が進んでいる一方で、ラボラトリーの自動化はあまり進んでいない。これは同じ自動化でも工場とラボラトリーでは要求項目が変わるためである（表1）。まず工場の自動化の目的としては、生産効率の向上であり、スループットや生産コスト低減を目指しているため、制御・分析対象や処方・運転条件は生産技術で標準化されていることが多く、対象設備や操作機器も目的に沿って特化されている。そして得られる費用対効果も大きいいため投資額も大きい例が多い。一方でラボラトリーの自動化では研究者の時間を作ることを目的とし、多様な実験を行えるために、手順や条件の変更のしやすさが特に要求される。そのため使用機器は汎用機器を用い、分析対象

表1 工場の自動化とラボの自動化の違い

	工場の自動化	ラボの自動化
目的	生産効率向上	研究者の時間を作る
優先	スループット	変更のしやすさ
分析対象・条件	固定	不定
対象機器	専用	汎用
投資可能額	大	小

や条件が固定されないことが一般的である。

ラボラトリーの自動化を検討する際に、対象が多種多様であると費用が高額で、しかも固定された処理しか行えない案となることが多く、費用対効果を考えると、これまで通り人手で行った方が柔軟に対応できるため自動化を断念する例が多い。

2.2 ラボラトリーの作業の流れと課題

ラボラトリーの作業の流れを一般化すると、図1のように「計画」→「実験/作業」→「記録」→「解析」→「計画」に戻ると表せる。

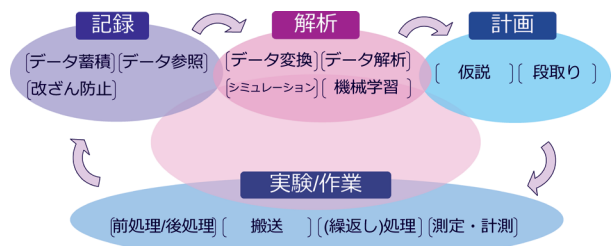


図1 ラボラトリーの作業の流れ

それぞれの工程での課題を挙げる。

「計画」では、これまでの経験や結果などから仮説を立て、次の作業の段取りを決める重要な工程だが、担当者の経験による差が大きく、発想や着目点の抽出に制限もある。

「実験/作業」では、多種多様な内容があり、かつ多くの種類の器具を用いるため、汎用的な自動化が最も難しい部分となる。

一例として図2は、ラボラトリーの液体試料を扱う一般的なワークフローを表す。原液を用いて分注し溶媒などを入れ、分析を行うという一連の作業に対し、工程間の搬送が多いことや、個々の作業が独立しているため、人よってのばらつきや、スループットの向上が難しいという課題がある。これに加え機器の洗浄や粉体の粉砕などのさまざまな手作業が存在し、これら多様な作業を自動化するためには多くの工数（コスト）が必要である。

「記録」では、使用する機器ごとに結果の出力方法や

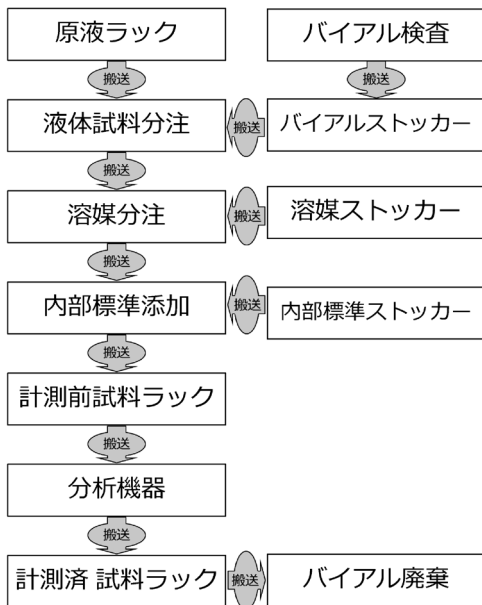


図2 ラボラトリーの液体作業ワークフロー例

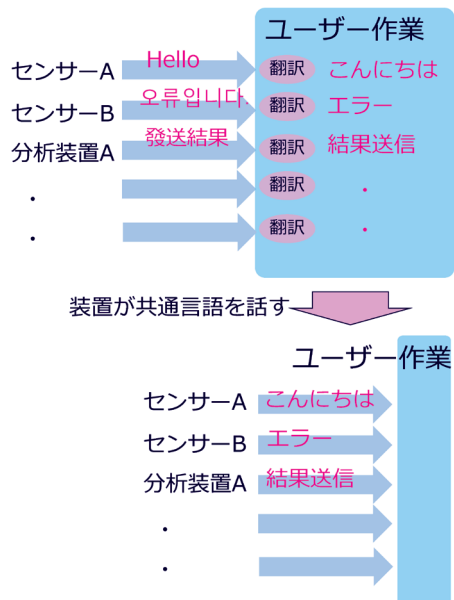


図3 従来と共通言語を用いた比較例

フォーマット、さらには用語までもが異なることが多いため、記録はされているが活用には課題がある。またラボラトリーでは古い機器と新しい機器が混在していることが多く、古い機器では印刷された結果を画像として取り込む例もあり、活用されない保存データが肥大化することも課題としてある。また電子ノートの活用も進んでいない。

「解析」においては、機器ごとに結果フォーマットが異なるため、まとめた結果に対し条件の記載が不十分で、どのように一次データを処理したかが不明瞭となりやすい。その結果、まとめた本人しか解析できないなど、データが属人化しやすい。

このような作業の流れから、自動化を行う対象は多岐にわたっているが、投資効果の見えやすさや優先度などから特に以下の要求が高い

- ・人が行っている作業の自動化（特に繰り返し作業）
- ・データの蓄積、管理（改ざん防止）
- ・解析結果の機械学習、AI 利用による効率化
- ・機器の自動化
 - 測定自動化
 - 測定結果の解析

また上記機能に用いられる電子機器やネットワーク・システムへのサイバーセキュリティ対応も要求されている。

現状ではこれらの課題や要求全体を網羅したソリューション製品はなく、ユーザーが必要とする機能を選択して部分的な解決策を導入している段階といえる。

2.3 ラボラトリー機器のプラグ&プレイ

ではなぜ自動化や自動化後の変更コストが高いのだから

うか。原因の一つがこれまでのラボラトリーの自動化では、各機器が独自の通信規格や結果フォーマットを持ち、自動化をするユーザーやシステムインテグレーターが各機器の仕様を理解したうえで接続しているため、この接続作業に多くのコストがかかっていることが挙げられる。これは図3に示すように、現状ではセンサーや分析装置が独自の言語を話し、ユーザーがそれらの言語を理解し翻訳し、システムとして構築している状態といえる。これを改め各機器が共通言語を話せるようになれば、ユーザーの作業が大幅に省力化される。

自動化機能をもつシステムの導入コストを下げ、またシステムの変更も容易にするための貢献策として、各機器を接続すると使用できるプラグ&プレイの仕組みが考えられる。プラグ&プレイはUSBやBluetooth®接続のヘッドフォンを接続したら使用できるように、機器をシステムに接続した際に、自動的に機器の検出と適切な設定を行う仕組みのことである。将来的にラボラトリー機器を接続するだけで、システム側はどのような機器が接続され、それがどのような機能をもつかまで把握できるとユーザーの自動化のコストは大幅に下がる。このように機器が共通の通信規格をもち、どのようなふるまいを行えるかの情報モデルを持つことにより、機器の導入/変更時の設定作業がほとんど不要になり、接続するだけである程度の操作が可能となる“ラボラトリー機器のプラグ&プレイ”を目指すことも今後の課題と言える。

3 市場に出始めたDXソリューション

3.1 自動自律実験

材料探索の分野では自律自動実験が進んでおり、人間が行っていた作業のほとんどを自動化している例もでて

いる。ロボットが計量、分注、測定などを行い、システムがベイズ最適化技術などを用いて実験条件を選択し、製造機器や、分析機器の制御を行い、自律的に探索を進める例などがでてくる。工程や作業の変更には課題が残るが、人間では数か月かかる作業を8日程度で成果を上げる例⁴⁾などもあり、材料探索の分野では大きな成果を上げている。

3.2 Informatics Management

多くの企業よりラボの情報マネジメントシステムとして、LIMS (laboratory information management system) が提供されている。実験室の情報を効率的に管理するためのソフトウェアであり、サンプル管理、データ収集、分析結果の追跡、レポート作成などの機能の提供している。一般的にラボでは古い機器と新しい機器が混在していることが多く、LIMS に接続できない装置の存在や、印刷された保存結果の活用など課題も少なくないが、それらレガシーな機器も統合するための Informatics Management 技術も出始めており、後述の通信規格などの標準の応用などで加速化されると思われる。

3.3 ロボットを用いた繰り返し作業の自動化

ロボットによる繰り返し作業の自動化も進んでおり、特定作業においては熟練作業員より優れた実験精度と再現性を得ることができるという報告もある。しかしティーチングとよばれる移動座標の登録、調整が難しいという課題もある。近年では対象物の位置が多少ずれてもカメラでずれ量を検知することにより正しい位置へ搬送する技術もあり、また個々の機器においては基準点から操作点までの相対位置を示すことができれば、ロボットや自動機器は操作点の位置を認識しやすくなる。これらのアプローチで今後更に簡便に自動化が進むことが期待されている。

4 通信規格およびラボラトリ用情報モデルの標準化

4.1 ラボラトリ通信規格の共通化の動向

一般的に市場の広がりに対し規格化が進むが、業界によって進むスピードや到達位置が異なる。

たとえば半導体装置の通信規格である GEM (generic equipment model) などは国際統一規格となっており、装置メーカーにとっては、どのユーザーに納入する場合でも基本的に同じ仕様での通信が可能となっている。半導体業界の発展への寄与にこの通信規格の統一化による功績は大きいと感じる。

一方でラボの自動化の規格化という面で見ると、各社独自の段階から規格が乱立している段階にあるように思う。これはラボの自動化の中でも、特定の装置や、特定の部分など規格化が進んでいる例はあるが全体を効率化

しようという規格は進んでいないのが現状である。その中で通信規格の有力候補として OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture)、そしてその OPC UA をベースにラボラトリ用の規格として策定された LADS を紹介する。この LADS OPC UA は日本も含めた国際的な標準規格であり、流量計やポンプなど比較的シンプルな機器から、ロボットなど搬送機器、スターラーや分析装置などラボラトリ機器などに共通で使用できる規格となっている。この規格に対応した機器が増えるほどに、ユーザーとしては自動化が身近なものになっていくことが期待されている。

4.2 OPC UA

OPC UA は通信規格としての歴史は長く、仕様を策定、維持する OPC UA Foundation には、産業界/製造業や IT 業界を中心に現在 996 のメンバー会社があり、近年 IT 系企業の加入の増加と、エンドユーザ企業が加入を始めており、そのため製造現場を持つエンドユーザの導入推進および IT 企業によるシステム実現により、OPC UA の普及が加速することを期待されている。また OPC UA はドイツでは Industrie 4.0 を支える中核標準として用いられており、シンガポールと中国は OPC UA を国家規格としている。(シンガポールは SS IEC62541:2019, 中国は GB/T 33863)

このように様々な業界で通信規格として使用されている OPC UA は、前述の機器のプラグ&プレイへの一つの解と考えている。

OPC UA は、最初に Microsoft の OLE 技術に基づいてプロセス・オートメーションにおけるネットワーク技術として開発されたが、プラットフォームに依存しない形で進化し、現在も様々な業界で発展を続けている。OPC UA は異なるデバイスやシステム間でのデータ交換を容易にするための統一的なフレームワークを提供しており、特徴として以下の四つが挙げられる。

- ・プラットフォーム非依存：

OPC UA は、Windows だけでなく、Linux やその他のオペレーティングシステムでも動作可能

- ・セキュアな通信：

データの機密性、完全性、認証を確保するために、強力なセキュリティ機能が組み込まれている。

- ・情報モデル：

OPC UA は、複雑なデータ構造を扱うためにオブジェクト指向で構築できる柔軟な情報モデルをサポートし、標準化された方法で接続される機器やソフトウェアの機能や情報を表現できる。

- ・通信プロトコル：

TCP/IP, HTTP, WebSocket などの複数の通信プロトコルをサポートしている。

近年では通信のセキュリティの高さからも注目されて

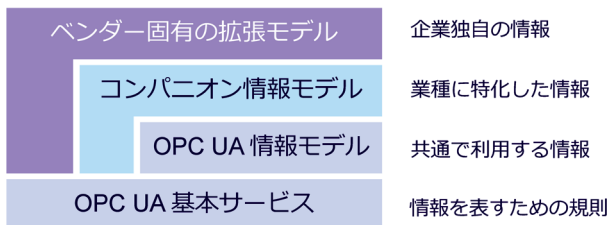


図4 OPC UA 構成

おり、サイバーセキュリティへの対策として、OPC UAを採用する例も増えている。米国ではコンシューマ向けIoT製品のセキュリティ強化を目的としたU.S. Cyber Trust Markや、EUではデジタル要素を備えた製品のサイバーセキュリティ要件に対する規制であるEU Cyber Resilience Actが施行されようとしている。これらが参照しているサイバーセキュリティの規格のIEC62443-4-2 Componentの技術要件に対し、OPC UAの適合マッピング表があり、CyberResilienceの多くの要件に適合できる。またOPC UAはドイツにある連邦情報セキュリティ局(BSI)によるセキュリティ評価により、安全性を客観的に高く評価されている。

OPC UAは図4に示すように標準/中立なコミュニケーション・アーキテクチャとしてOPC Foundationが開発、保守を行うOPC UA基本サービスと、OPC UA情報モデルと、OPC UAパートナーによる産業分野特有のコンパニオン情報モデル、ベンダーによる固有の拡張モデルから構成される。このように基本的な通信は共通化し、業種や装置などに特化した部分は別途定義できる柔軟な構造となっている。

4.3 LADSとは

LADSは'20年よりドイツの光学/分析/医療機器工業会であるSpectarisを中心に、ユーザー、アプリケーション開発者、デバイスメーカーが集まり、ラボラトリにおけるデジタル変革を推進するために、統一され堅牢で安全な共通インターフェースの提供を目的として開発が開始され'23/12に第一版が発行された通信規格である。OPC UA規格の基本仕様に加え、デバイス管理仕様(10000-100 Devices)および機械と結果転送仕様(40001-1 Machinery)および識別や情報取得のための仕様(10000-110 Asset Management Basic (AMB))を参照し構成されている。

LADS OPC UAのターゲットイメージを図5に示す。この図に示されるように、機器を接続するだけでつながるプラグ&プレイや、機器間の相互運用(Interoperability)をめざしている。

LADS OPC UAのユースケースとして、以下の三つが定義されている。

- ・ Basic Automation : 遠隔モニター, アラーム信号な

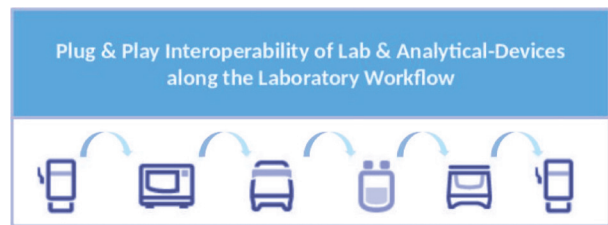


図5 LADS ターゲットイメージ

どの送受信と、遠隔操作

- ・ Orchestration : 複数機器を協調動作させるプログラムと、機器から出力されるデータの管理
- ・ Service & Asset Management : 予防, 故障予測に基づく保守と、個別機器や機器群のリソース管理

さまざまなラボラトリ機器があり、それらを接続し、機器からの情報取得や機器への指示にLADS OPC UAを使用し、得た結果などはLIMSなど上位アプリケーションで管理、参照されるシステムを想定されている。

各機器のプラグ&プレイを実現するためにLADS OPC UAは、ラボラトリ機器の機能やできることを表すための標準化された機能ブロックとよばれるものを提供している。またこれらの機能ブロックを組み合わせるためのルールも策定されている。このように機器がそれら標準機能ブロックを決められたルールで組み合わせるため、機器との通信が容易になっている。例えば“Function”と呼ばれる機能ブロックでは、リモート監視と制御のユースケースで重要な役割を果たし、これらのブロックを使用するとリモートクライアントは、センサー、コントローラー、タイマーなど機器がもつ機能を簡単に検索して制御することができる。また、これら“Function”が集まって一つの大きな機能を果たす“Function Unit”も定義でき、それらの単位でのプログラム実行や状態遷移監視が行える。さらにこれらのデータは監査証跡可能なデータとしても保存が可能となる。

5 おわりに

機器のプラグ&プレイは多くのラボラトリ機器を容易かつセキュアに「繋ぐ」ことに貢献できるであろう。ラボ全体がシステム化できることにより、実験・作業の「場所や時間の制約」を壊し多様な働き方が可能になり、データをワークフローに紐づいた形で自動蓄積することでより深い「データや経験の共有」を可能にすることが期待できる。また装置導入や改造の低コスト化も進み、自動化にかかる費用や時間、技術的・心理的ハードルが低減できることにもなる。

JAIMAとして、このようなプラグ&プレイの実現に向け、前述のLADS OPC UAの標準化開発に継続参画し、セミナーや展示会など普及、周知活動も展開していく予定である。

文 献

- 1) OPC 30500-1 Laboratory and Analytical Device Standard.
- 2) OPC UA 規格 (OPC UA Foundation '24/07/20 確認).
(<https://reference.opcfoundation.org/#>).
- 3) 石隈 徹: "Laboratory and Analytical Device Standard" LADS OPC UA 最新情報と今後の情報, OPC Day Japan 2023.
- 4) B. Burger, P. M. Maffettone, V. V. Gusev, C. M. Aitchison, Y. Bai, X. Wang, X. Li, B. M. Alston, B. Li, R. Clowes, N. Rankin, B. Harris, R. S. Sprick, A. I. Cooper: *Nature*, **583**, 237 (2020).



上野 楠夫 (UENO KUSUO)
一般社団法人日本分析機器工業会 (〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 2-5-16).
株式会社堀場製作所 (〒601-8510 京都市南区吉祥院宮の東町 2). 《趣味》囲碁, 少林寺拳法.



石隈 徹 (ISHIKUMA TORU)
一般社団法人日本分析機器工業会 (〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 2-5-16).
《趣味》音楽鑑賞, 楽器演奏.

原 稿 募 集

ロータリー欄の原稿を募集しています

内容

談話室: 分析化学, 分析方法・技術, 本会事業 (会誌, 各種会合など) に関する提案, 意見, 質問などを自由な立場で記述したもの.

インフォメーション: 支部関係行事, 研究懇談会, 国際会議, 分析化学に関連する各種会合の報告, 分析化学に関するニュースなどを簡潔にまとめたもの.

掲示板: 分析化学に関連する他学協会, 国公立機関の主催する講習会, シンポジウムなどの予告・お知らせを要約したもの.

執筆上の注意

- 1) 原稿量は 1200~2400 字 (但し, 掲示板は 400

字) とします. 2) 図・文献は, 原則として使用しないでください. 3) 表は, 必要最小限にとめてください. 4) インフォメーションは要点のみを記述してください. 5) 談話室は, 自由投稿欄ですので, 積極的発言を大いに歓迎します.

◇採用の可否は編集委員会にご一任ください. 原稿の送付および問い合わせは下記へお願いします.

〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2
五反田サンハイツ 304 号
(公社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会
[E-mail: bunseki@jsac.or.jp]