

京都大学における学生実験への電子ラボノートの試験的導入

竹邊 日和¹⁾, 古村 隆明¹⁾

1) 京都大学 情報環境機構

takebe.hiyori.5c@kyoto-u.ac.jp

Pilot Implementation of Electronic Laboratory Notebooks in Undergraduate Laboratory Courses at Kyoto University

Hiyori TAKEBE¹⁾, Takaaki KOMURA¹⁾

1) Institute for Information Management and Communication, Kyoto University

概要

近年、研究データの利活用に対する社会的要求やオープンサイエンス、研究 DX の推進を背景に、研究データ管理 (RDM) ツールとして電子ラボノート (ELN) の導入が注目されている。本稿では、京都大学におけるオープンソース ELN 「eLabFTW」の学生実験の有機合成分野への試験的導入について報告する。学生 42 名を対象に運用し、アンケート調査を実施した結果、操作性や情報整理の面で好意的な意見が多数得られた。教育的効果も高く、今後の研究室や授業への展開に向けた課題と展望についても言及する。

1 はじめに

近年、多くの大学や研究室で電子ラボノート (ELN: Electronic Laboratory Notebook) への関心が高まっている。その背景には、データ・AI 駆動型研究の活性化やオープンサイエンス、研究 DX (デジタルトランスフォーメーション) などの流れ[1]を受け、研究データ管理 (RDM: Research Data Management) の重要性への理解が進んだことがある。そのような背景に対応するデータ共有の指針として FAIR 原則がある[2]。FAIR 原則とは、Findable (見つけられる)、Accessible (アクセスできる)、Interoperable (相互運用できる)、Reusable (再利用できる) の頭文字をとったものである。FAIR 原則はデータ管理とデータ保存におけるゴールドスタンダードとされているが、実際のラボではまだまだ「理想」であり、実現には至っていないケースが多いのが現実である。このような中で、実験データの統合・管理プラットフォームとして中心的役割を担うと期待されているのが、電子ラボノートである。

電子ラボノートは、デジタル上でデータの創出から統合・管理、利活用を一元管理できるツールとして、盛んに開発が進められてきた。企業では

早くから導入が進められてきたが、アカデミアにおいては、導入費用の大きさや研究分野の多様性から実装が遅れていた[3]。近年はクラウド環境の整備やシステムの価格低下によって導入しやすくなってきたものの、研究室への実装には機関による支援が不可欠である。

京都大学において、横断型データ駆動のための計算基板の提供とコミュニティ支援により、異分野融合・新分野創成を促進して学術・社会のイノベーションを創出するため、様々な取り組みを進めてきた[4][5]。データ運用支援基盤センターの設立はその一環として行われ、本学の研究データの収集、保存、駆動、公開の研究のライフサイクル全般に加えて、研究データを学内外で共有し、研究を活性化することを目指している。電子ラボノートの試験的導入は、そのような目標を達成するための手段の一つとして開始した。京都大学では実験系、紙の実験ノートを利用しているウェットな研究室が多い。電子ラボノートを効果的に展開していくため、実際に研究室に展開する前に、有機系の学生実験で試験的に導入した。本稿では、学生実験の有機合成分野での試用について紹介する。

2 電子ラボノート eLabFTW

2.1 eLabFTW の概要

eLabFTW は研究室のベンチで始まり、研究者を支援するために作られたオープンソースソフトウェア (OSS) である[6]。現在も活発に開発が続けられており、開発者が CEO を務める保守サービス会社 Deltablot によるデータ、システム、セキュリティ管理を委託できる商用サービスも展開されている。欧州や欧米では多数の大学・研究機関が採用しており、日本国内では奈良先端科学技術大学院大学で積極的に利用されている。

eLabFTW は、Linux 上で動作する Web アプリケーションであり、Docker イメージも配布され、コンテナ化による可搬性とセキュリティの強化が図られている。docker compose で簡単にインストールすることができ、ユーザはアカウントを自己登録してブラウザからアクセスするだけで eLabFTW を使用できる。また、OSS であるため、ユーザの要望に沿って大学独自のカスタマイズも可能である。eLabFTW の主な機能には、実験ノートの役割を担う「Experiments」、薬品や備品、資料やプロジェクトの管理をする「Resources」、実験ノートやリソースのテンプレートを作成できる「Templates」、Resources に登録されたものの予約などができる「Scheduler」、化学構造式描画ソフト「Ketcher」や遺伝子配列ソフト「OpenCloning」といった各種ツールが登録された「Tools」などがある (図 1)。

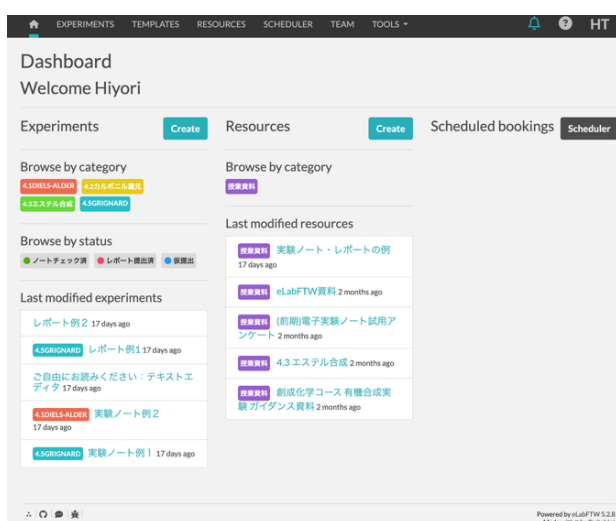


図 1 eLabFTW のホーム画面

セキュリティ・コンプライアンス面では、データの暗号化や定期的なバックアップ、役割に応じ

たアクセス権限の設定が可能で、評価が高い。21 CFR Part11 準拠のブロックチェーンを含むタイムスタンプ機能や監査証跡機能も備わっているほか、API (Application Programming Interface) を用いた各種データの入出力も可能である。

2.2 eLabFTW の提供環境

本学の情報環境機構では、キャンパス ICT ラボと名付けた、先進的なサービス等を試行する環境を用意している。実サービスとして導入する前に、試行サービスとして提供し、有志に利用してもらいフィードバックを得るのが目的の環境である。eLabFTW もこの環境を利用して試行サービスを行なっている。本学の統合認証システムと SAML で認証連携し、学生や教職員が日常的に利用しているアカウントで認証して利用できるようにした。2025 年 9 月現在で 7 研究室から利用申請があった。

CPU 4 コア、メモリ 16 GB、ストレージ 200 GB の仮想サーバ 1 台で、OS は Ubuntu 24.04.3 を利用し、docker compose で eLabFTW サービスを立ち上げている。なお、より低スペックな仮想サーバで動作検証用の環境も準備しており、設定変更時の影響の確認や、バージョンアップ手順の事前確認などを行っている。

3 有機合成学生実験での試用

研究室への導入の前段階として、本学工学部理工化学科創成化学コース 3 年生の 2025 年度前期学生実験「創成化学実験」の有機合成化学分野で試用してもらった。本学ではウェットな研究室が多く、試薬などを扱う環境でも電子ラボノートが実用に耐え得るかどうかを検証するために行った。eLabFTW のバージョンは 5.1.15 を用いた。

3.1 学生実験の概要と準備

創成化学実験は、基礎、分析化学、無機化学、高分子合成、物理化学、高分子物性、生物化学、計算機分野の実験・実習から構成される。前期は受講者の約半数の 42 名が有機合成実験を行う。有機合成実験を実施する前に、すでに基礎実験と分析実験を従来通り紙の実験ノートを用いて実施している。有機合成化学実験では、エステル合成、Diels-Alder 反応、カルボニル化合物の還元、Grignard 反

応という、有機化学で基本的かつ重要な反応を 4 週にかけて扱う。

表 1 に、従来の実施方法と、eLabFTW を用いる実施方法の概要をまとめた。実験開始までに、TEAM の作成や「Resource」への授業資料の掲載、実験ノート・レポートテンプレートの作成、実験カテゴリー、タグ、ステータスの設定を行った。ノートの閲覧・編集権限は作成者（学生）と Admin（教員）のみに設定し、学生どうしが閲覧できないよう注意した。

有機合成化学実験の初日ガイダンスで、資料を用いてユーザ登録及び eLabFTW の基本的な操作方法（ページの作成、閲覧・編集権限の設定、表の作成、時刻の入力等）の説明を 40 分程度で行った。その後は、実際に実験を行っている様子を適宜見学した。

表 1 従来の実施方法と eLabFTW を用いる実施方法の比較

	従来	今回 (eLabFTW 利用)
ノート	紙の実験ノート	「Experiments」にノートを作成
配布資料	PandA に掲載、紙での配布	「Resources」に掲載、紙での配布
レポート作成	各自好きな方法で作成 (Word や TeX)	「Experiments」で作成
レポート提出	PandA 上で PDF ファイルを提出	eLabFTW 上でステータスを「提出済」にし、締切時間に教員がノートを「Lock」

3.2 実施後アンケートの実施と結果

実験最終日に、受講学生に Google フォームを用いて無記名式アンケートを実施した。質問項目を表 2 に示す。回答数は 30 件であった。

項目 1, 2, 3 の回答を図 2 に示した。電子ラボノートの使用にあたっては、パソコンが最も多く使われた。実験中は有機化合物を利用するため、デバイスを使用することについて抵抗感を示す研究者が多いが、項目 3 の回答を見ると、そこまで気にならないという回答が多かった。中には汚れないようラップなどを巻いて実験する学生も見られた。

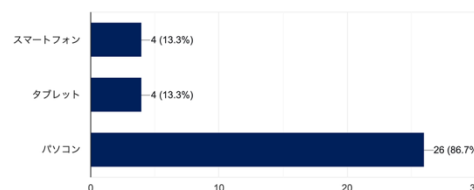
項目 4, 5 では、電子ラボノートの利便性を自由記述で回答を集めた。紙よりも便利だと思った点として、コピー&ペーストでき、字の綺麗さが気

表 2 ELN 試用のアンケート内容

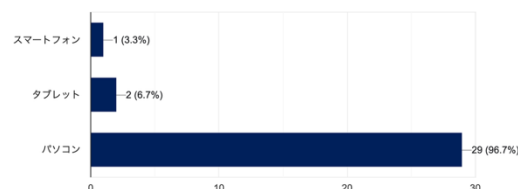
項目番号	アンケート内容
1*	実験中、デバイスは何を使いましたか (複数選択可)
2*	予習やレポート作成の時、デバイスは何を使いましたか (複数選択可)
3*	実験室でデバイスを使用することについて、抵抗感がありましたか
4	電子実験ノートで、紙よりもラクになった点、便利だと思った点など、あれば教えてください。(自由記述)
5	電子実験ノートで、使いづらかった点、困ったことなどがあれば教えてください。(自由記述)
6*	紙と電子どっちが良かったですか
7*	電子実験ノートを他の実験でも使いたいですか
8*	PC スキルはどのレベルですか
9	こうして欲しかった、こういう機能がほしい！などあれば教えてください。(自由記述)
10	その他、感想などあればこちらへご回答ください。(自由記述)

* 回答必須項目

実験中、デバイスは何を使いましたか? (複数選択可)
30 件の回答



予習やレポート作成の時、デバイスは何を使いましたか? (複数選択可)
30 件の回答



実験室でデバイスを使用することについて、抵抗感がありましたか?
30 件の回答

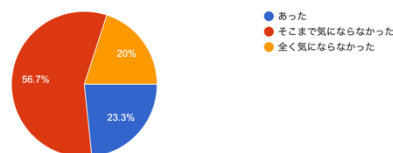


図 2 項目 1, 2, 3 の回答

にならず、手書きよりも記入が楽で、速く正確に書けた点が最も多く挙げられた。実験の予習やレポート作成においては、ノートやテンプレートの複製機能などの利用で、紙媒体でやっていたよりも圧倒的にやりやすかったという意見が多かった。また、写真がすぐに添付できる点も利点として挙

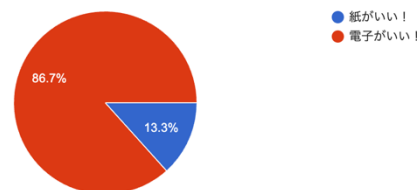
げられた。この点については、紙の実験ノートでは測定結果のチャートを紙で印刷していたためノートに貼り忘れたり紛失したりする学生がいたが、電子ラボノートへの切り替えによりそれがなくなったという、教員側からも好評であった。情報整理の観点では、ワンクリックで時間の記録ができる点や、大量のデータや資料を検索できる点が挙げられた。また、全てを eLabFTW 上という単一のプラットフォーム上で行ったため、実験中、机上に端末以外の物を置かないで良いという点も利点として上がった。

不便だった点として、実験中の利便性の観点では、実験室でパソコンを使うのに抵抗があった、試薬で汚れないか心配だった、ゴム手袋で操作しにくいといった点が挙げられた。UI や機能関連では、デザイン性の乏しさやノートを見返すのにスクロールしなければならず時間がかかる点、数式の入力といったワープロ機能として不十分である点、手書きでしか記入できない随意性の高い図の入力には不便であったという意見が見られた。また、学内無線 LAN の電波が弱く、通信が度々途切れて入力が受け付けられない、保存されていない場面があった点が挙げられた。

項目 6, 7, 8 の回答を図 3 に示した。項目 6 では紙と電子どちらが良いか二者択一の設問を設けたところ、86.7% (26 人) の学生が電子ラボノートを選択した。続く項目 7 では、有機合成実験以外の高分子や物理化学といった分野においても電子ラボノートを使って実験したいかを 1 から 10 までの 10 段階で評価してもらった。約 7 割以上の学生が 8 以上を選択した。ここで、学生の IT スキルを確認するため、項目 8 でパソコンスキルに関する設問を設けた。スキルレベルの選択肢としては、「本当に苦手」、「初級：Word, Excel, PowerPoint の基本操作、メールの送受信、インターネット検索などができる」、「中級：初級に加えて、Excel の関数、グラフ作成、Word のレイアウト、PowerPoint のプレゼンテーション作成などができる」、「上級：プログラム開発、データベース構築、アプリ開発、情報管理システムの操作などを行ったことがある」の 4 段階とした。60% の学生が中級以上のスキル

紙と電子どっちが良かったですか？

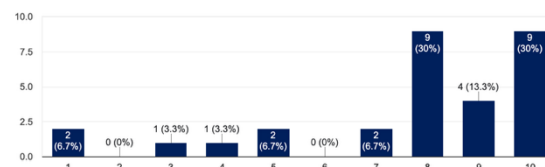
30 件の回答



電子実験ノートを他の実験でも使いたいですか？

1：二度と使いたくない（紙がいい）
5：どちらでも良い、半々くらいがいい
10：全部の実験で使いたい

30 件の回答



PCスキルはどのレベルですか？

30 件の回答

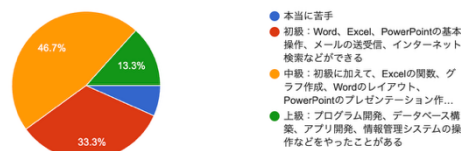


図 3 項目 6, 7, 8 の回答

と回答した。項目 6 や 7 において、紙の実験ノートが良いという回答をした学生は、項目 8 において PC スキルを「本当に苦手」、「初級」と回答する傾向があり、フォローの必要性が浮かび上がった。

項目 9 では改善点を、項目 10 では感想などを自由記述で回答してもらった。eLabFTW に対しては、デザイン性の向上と、タブレットで手書きノートのように書ける機能、添付画像の編集機能、そしてワープロ機能の改善が多く寄せられた。主に、ショートカットキーを充実させてほしい点や、数式を簡単に打てる機能、LaTeX パッケージの充実化が求められた。その他としては、修正履歴をより細かにとってほしい、ネット環境を強くしてほしいといった意見が寄せられた。ここで、手書きノートのように書けるフィールド、添付画像の編集（アノテーション）機能はすでに実装されているため、これらの点は初回ガイダンス時に説明することで解消できると考える。このことは、項目 10 で、「最初の 1 週を使ってでも丁寧な操作説明をしてほしい」という回答からも、これからの

運用では重要な点であると考え。項目 10 の回答では、使いやすかった、慣れれば必ず便利になる、これからの電子ラボノートの発展を祈っている、という好意的な意見が多かった。中には、アナログ媒体によるデータ管理についての意見や、大学におけるデータの利活用について触れた回答もあった。

3.3 学生実験への電子ラボノート導入を踏まえた研究室への展開

実験学生実験への電子ラボノート導入は、紙の実験ノートによるデータ管理の問題点としてしばしば挙げられる、実験に関する情報が分散してしまう点、手書きゆえの記入ミスや字の判読性、共有の容易さといった実用性を十分に示した。さらに、学生実験への電子ラボノート導入は、教育的側面でも大きなメリットをもたらすことができることが考えられる。科学教育の早い段階で RDM を考え、実際に実験を通して体験するのに本取り組みが有効であったことが示唆された。

今回の学生実験への試験的導入を踏まえて、今後、電子ラボノートを京都大学で展開していくにあたっては以下の点が重要である。

1. 定着・継続利用を支援するサポート体制

ツールの導入で最も重要なのは、研究室のワークフローに定着させ、継続的に活用してもらうことである。機能に関する情報共有などを発信するとともに、各ユーザへのサポートも行う必要がある。特に、学生実験でのアンケートで、使い方は丁寧にフォローしてほしいという感想があったように、電子ラボノートの導入時には、導入セミナーの開催などによりサポートすべきである。現在は試験的導入の段階であるため、ユーザ向けのセミナー等は行っていないが、本格的に導入する際は、定期的な開催が必要であると考えている。

2. 授業への展開

科学における RDM の持続的な統合を実現するには、学部教育からの取り組みが不可欠である。いくつかの大学では、初期段階から RDM をカリキュラムに取り入れる取り組みが行われ、学生の間で RDM に対する意識の高まりと、ELN への受容度の向上が確認されている[7]。京都大学では、本稿で紹介した有機系での試験的導入を踏まえて、

2025 年度後期に本学の電気電子工学科の学生実験への展開を予定している。有機系での導入とは異なるフィードバックが得られると期待される。

4 おわりに

本稿では、京都大学における電子ラボノートの有機系学生実験への試験的導入の取り組みについて紹介した。電子ラボノートのウエットな実験系での導入の可能性を十分に示したほか、研究データ管理やオープンサイエンス推進の基盤づくりといった教育的効果も認められた。一方で、UI の分かりづらさやネットワーク接続の不安定さ、数式や図表の入力機能への不満など、運用面での課題も明らかとなった。これらは初回ガイダンスの充実や、技術的な改善により解決していく必要がある。学生実験での試験的導入を踏まえ、異なる分野や授業形態への横展開を進めるとともに、学部教育段階からの RDM 教育の継続的な統合を通じて、研究の透明性と再現性を支える基盤づくりをより一層推進していく予定である。

参考文献

- [1] 内閣府, 第 6 期科学技術・イノベーション基本計画, 2021, <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html> (2025 年 9 月 20 日参照) .
- [2] M. Wilkinson, M. Dumontier, I. Aalbersberg, et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship, *Scientific Data*, 3, 160018, 2016.
- [3] 飯室聡, 電子ラボノートを実装する前に何を検討すべきか, *大学 ICT 推進協議会年次大会論文集*, 2023, 582-588, 2023.
- [4] 引原隆士, 研究データのオープンアクセスを担保する機関リポジトリの展開, *STI Horizon*, 10, 2, 12-17, 2024.
- [5] 小野英理, 渥美紀寿, *京都大学における研究データ管理の取り組み*, *情報の科学と技術*, 75, 5, 238-242, 2025.
- [6] N. CARPi, A. Mingos, M. Piel, eLabFTW: An open source laboratory notebook for research labs, *Journal of Open Source Software*, 2, 12, 146, 2017.
- [7] F. Fink, A. Hoffmann, S. Herres-Pawlis, Results of a Three-Year Survey on the Implementation of Research Data Management and the Electronic Laboratory Notebook (ELN) Chemotion in an Advanced Inorganic Lab Course, *Journal of Chemical Education*, 100, 11, 4287-4297, 2023.