

# 情報技術系演習における 学習行動履歴収集簡易化プラットフォームの提案

黒河内 椋平<sup>1</sup> 新村 正明<sup>2</sup>

**概要：**情報技術系演習において演習システムを web アプリケーションで提供する場合、学習者がサーバにアクセスして作業を行うため、学習者の学習行動履歴の取得が容易である。これにより、それらのデータを活用したラーニングアナリティクスによって、講師や学習者に対して講義全体の進捗把握や学習者のつまずき検知などの支援を行うことができる。しかし、異なるツール間での学習行動履歴を用いてラーニングアナリティクスを行う場合、各々に DB の作成などといった学習行動履歴収集環境を構築するだけでなく、個々のツールから収集した学習行動履歴の整形が必要となる。本研究ではラーニングアナリティクスの導入を容易にするために学習行動履歴の収集を簡易化するプラットフォームの提案と評価を行った。

**キーワード：**データ収集、プラットフォーム、ラーニングアナリティクス、xAPI

## A Proposal for a Platform to Simplify the Collection of Learning Behaviors in Information Technology Exercises

RYOHEI KUROKOCHI<sup>1</sup> MASAACKI NIIMURA<sup>2</sup>

**Abstract:** When an exercise system is provided as a web application in an information technology exercise, the learner accesses the server to perform the work, so it is easy to obtain the learner's learning behavior. This enables us to provide support to instructors and learners by using learning analytics that utilizes these data to understand the overall progress of the lecture and detect stumbling blocks for learners. However, in order to perform learning analytics using the learning behavior histories of different tools, it is necessary not only to build a learning behavior history collection environment, such as creating a DB for each tool, but also to format the learning behavior histories collected from each tool. In this study, we proposed and evaluated a platform that simplifies the collection of learning behavior in order to facilitate the implementation of learning analytics.

**Keywords:** Data collection, Platform, Learning Analytics, xAPI

### 1. はじめに

近年、高等教育機関の講義において講義資料の閲覧・課題（レポート）の提出などを web ブラウザ上で行うことができる、LMS（Learning Management System）を利用することが多くなってきている [1]。また、情報技術の習得を

目的とした講義では、実際にプログラムを作成するなど、自ら手を動かして学習する演習形式が採用されることが多い。しかし、情報技術系演習において学習者自身の端末で学習を行う場合、環境や性能が異なるため演習ツールの導入や演習手順の一元化が困難な問題がある。

この解決策の一つとして、演習システムを web アプリケーションで提供する方法がある。演習システムを web アプリケーションで提供を行う場合、学習者の端末には web ブラウザが導入されているだけでよく、端末間の差異を吸収することができる。このような演習ツールや LMS では

<sup>1</sup> 信州大学大学院総合理工学研究科  
Shinshu University Graduate School of Science and Technology,  
Nagano, Nagano 380-8553, Japan

<sup>2</sup> 信州大学  
Shinshu University, Nagano, Nagano 380-8553, Japan

学習者がサーバにアクセスして作業を行う性質上、学習者の学習行動履歴の取得が容易であり、それらのデータを活用して講師や学習者を支援するラーニングアナリティクスに関わる研究が増えつつある [2]。しかし、学習者の学習行動履歴の取得が容易であるとはいえ、学習行動履歴の保存を行うデータベースの用意や学習行動履歴の整形など、ラーニングアナリティクスを行うには一定以上の負担が講師に発生してしまう。

本研究では、LMS や web アプリケーションで提供される演習ツールから学習者の学習行動履歴をより容易に、講師の負担を少なく収集・保存を可能とするプラットフォームの提案を行う。本稿ではプラットフォームの提案とその機能についての詳細を述べ、実際の講義での運用やローカル環境でのテストを基に評価を行った。

## 2. 関連研究

本章では LMS や web アプリケーションで提供される演習ツールから取得できる学習行動履歴を活用した研究について、学習行動履歴収集に着目して述べる。

### 2.1 ラーニングアナリティクス基盤システムの構築

#### 2.1.1 概要

緒方らは moodle(LMS)、mahara(e-ポートフォリオ)、booklooper(デジタル教材配信システム) の三つを掛け合わせた“M2B”システム [3] を用いて学習者の行動履歴の収集を行い、授業前・授業中・授業後と学習全体を通して生徒・教員に対してそれぞれ学習支援を行っている。

#### 2.1.2 問題点

緒方らの研究では、moodle、mahara、booklooper の管理者が学習行動履歴の収集を行っているため、講義を担当している講師が学習行動履歴の収集などを行う必要がなく、講師の負担なく学習行動履歴を活用した学習支援を行うことができる。しかし、情報系演習などにおいて講師が用意した web 上で利用できる演習ツールやインターネット上で公開されている web サイト（以降、外部 web サイト）を学習の重点に置いて行うような講義には対応できない。

### 2.2 情報技術演習における演習状況可視化手法の提案

緒方らの問題点のうち、講師が用意した web 上で利用できる演習ツールを学習の重点に行うような講義への対応として、横山らの情報技術演習における演習状況可視化手法 [4] がある。横山らは、クラス全体の演習に対する進捗状況や躓いている学習者の把握を行うことを目的に、web 上で利用できる演習システムから収集した学習者の学習行動履歴を時系列に沿って表示する可視化 web アプリケーションを開発した。

図 1 のように、web 上で利用できる演習ツールから学習者のファイル保存やコマンドの実行・結果などの学習行動

履歴を収集し、可視化することによって講師はクラス全体の進捗状況の把握と遅れている学習者の発見を容易に行うことができる。

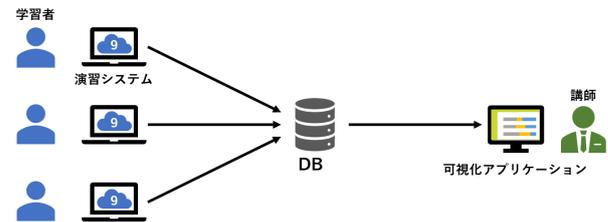


図 1 横山らが開発したシステムの概要

Fig. 1 Overview of the system developed by Yokoyama et al

#### 2.2.1 問題点

横山らのシステムによって、情報系演習等において講師が用意した web 上で利用できる演習ツールを学習の重点に置いて行うような講義に対応することが可能となった。しかし、横山らのシステムでは収集用 DB の構築など学習行動履歴収集環境を講義ごとに講師が用意しなければならないため、講師の負担が大きく、講義にシステムを導入する際の障害となっている。また、学習行動履歴を DB に送信する仕組みを、演習ツールに作成する必要があるため、講師に一定以上の知識が必要になるだけでなく、講師が管理を行っていない外部 web サイトには学習行動履歴を DB に送信する仕組みを作ることができない。

## 3. 本研究の目的

前章では学習行動履歴を活用した研究について学習行動履歴収集に着目して概要と問題点を述べた。緒方らのシステムでは、LMS を活用している多くの講義で学習支援を行うことができるが、講師が用意した演習ツール、外部 web サイトを学習の重点に置いて行うような講義には対応できない。そこで横山らのシステムのように、講師が用意した演習ツールからも学習行動履歴を収集を行うことで、情報系演習などの講義に対しても学習支援を行うことが可能となる。しかし、学習行動履歴収集環境や演習ツールに学習行動履歴を送信する仕組みを講師が作成しなければならないため、講師の負担が大きく、ラーニングアナリティクスを導入する際の障害となっている。また、外部 web サイトの学習行動履歴収集についてはこの方法でも対応できていない。

本研究では関連研究を踏まえて、講師がラーニングアナリティクスの導入を容易に行えるようにするため、以下に示す学習行動履歴の収集を少ない負担で行うことができるプラットフォームの提案を行う。

- (1) LMS での学習行動履歴
- (2) 講師が用意した web 上で利用できる演習ツールでの学習行動履歴

(3) 外部 web サイトでの学習行動履歴

## 4. プラットフォームの提案

### 4.1 概要

本プラットフォームでは3章で示した(1)~(3)の学習行動履歴の収集を行う。(1)に関しては講師が取得のために行う作業はないが、(2)や(3)に関しては講師が何らかの作業を行い学習行動履歴の収集を可能にする必要がある。しかし、講師がどのような演習ツール、外部 web サイトを講義に利用するのかが分からないため、講師が行う作業の一元化が困難であるだけでなく、(3)に関しては講師が管理を行っていないため、外部 web サイト側からの学習行動履歴の取得は基本的に行うことができない。また、講師の演習ツール作成の負担を軽減するために OSS(code-server など)を演習ツールに利用する場合、演習ツールでの利用を主として開発されていないため学習行動履歴を取得するには利用する OSS の改修が必要となる。このことから、講師が用意した演習ツールや外部 web サイトから直接学習行動履歴を、講師の負担を少なくしながら取得することは困難である。

そこで本プラットフォームでは演習ツールや外部 web サイトと学生との通信を中継する proxy を用いることによってアクセスログを取得する。さらに、中継する際に、クリック、キー入力などの行動を収集できるスクリプト(操作履歴収集スクリプト)を埋め込み、操作ログの取得を行う。これにより、講師は利用したい演習ツールや外部 web サイトを proxy に登録するだけで演習ツールの改修などをする必要なく学習行動履歴の収集が可能となる。

提案するプラットフォームの概要を図2に示す。ここで『eALPluS』とは作成した proxy による演習ツール・外部 web サイトとの接続・学習行動履歴収集を行うシステムの名称である。

本研究では、OSS を含め様々な種類の LMS からの学習行動履歴収集に対応するだけでなく、eALPluS の proxy 機能や操作履歴収集スクリプトからの学習行動履歴収集に対応する必要がある。しかし、それらから取得できる学習行動履歴はそれぞれデータの形式が異なっているため、ラーニングアナリティクスを効率的に行うためには形式の標準化が必要[5]となる。そこで、標準化に標準規格である xAPI(Experience API)を用いる。xAPI を用いることで『誰が』、『何を』、『どうした』の形式で学習行動履歴の取得が可能である。また、xAPI で収集した学習行動履歴はプラットフォームに用意した LRS(Learning Record Store)に集約させる。

まず、図2の①の LMS へのログインなど、LMS 内での学習行動履歴に関しては xAPI ステートメントを発行するログストアプラグイン用いて収集を行う。続いて、②~⑤の eALPluS 内での学習行動履歴や、⑥の演習ツールや

外部 web サイトでの学習行動履歴については eALPluS の proxy 機能を用いて収集を行い、それらをログ変換機能を用いて xAPI の形式に変換して LRS に送信する。

ここで、proxy を行う際に、eALPluS に登録されている全てのツールが利用できるのは好ましい状態ではなく、学生が受講している講義で利用するツールのみを利用できるといったアクセス制限を掛ける必要がある。しかし、アクセス制限を掛けるにはユーザ認証と学生が受講している講義の情報の取得が必要であり、それらを独自に構築するのはプラットフォームを運営する際に大きな負担となる。また、学習行動履歴収集・ログ変換を行う際に、収集した学習行動が誰のものかを識別するための xAPI における『誰が』に相当する学生の学籍番号が必要となるため、ユーザと学籍番号との紐づけも必要となる。

この問題の解決策として、田中ら[6]は、LMS の講義ページ内に LTI を用いて外部ツールとの連携を開始するリンクを設置することを提案している。この方法を用いることで、LMS にアクセスし、かつ講義ページ内のリンクを参照できるのは講義に参加している学生だけであるため、利用できるツールのみアクセス制限を掛けることが可能となる。

本研究においてもこの手法を用い、LTI による認証・認可の代行と学習行動履歴収集・ログ変換を行う際に必要な学籍番号などの取得を行う。

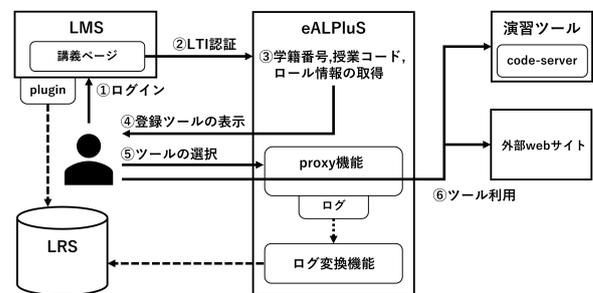


図2 プラットフォームの概要

Fig. 2 Platform Overview

### 4.2 eALPluS の実装

提案したプラットフォームが動作するのかを検証するために、proxy による演習ツール・外部 web サイトとの接続・学習行動履歴収集を行うシステム『eALPluS』の実装を行った。ここで、eALPluS は『Node.js』で作成されており、proxy 機能には『http-proxy-middleware』を、ログ変換機能の syslog 受信には『simple-syslog-server』のライブラリを用いている。

#### 4.2.1 概要

eALPluS では講師が用意した演習ツール・外部 web サイトに対して手を加えることなく学習行動履歴収集を行う

ことができる点が特徴である。講師は講義で利用したい演習ツール・外部 web サイトを eALPlus のツール登録ページから『ツール名・ID の設定』と『転送先 URL の設定 (図 3)]』を設定するだけで、proxy によるアクセスログの収集や、操作履歴収集スクリプトによる操作ログの収集を行うことが可能となる。また、収集されたアクセスログや操作ログは、eALPlus のログ変換機能を用いて学習行動履歴に自動的に変換されて、LRS に保存される。



図 3 転送先の URL 設定画面

Fig. 3 Forwarding URL setting page

#### 4.2.2 proxy 機能による学習行動履歴収集

proxy 機能によって表示される演習ツールの画面例を図 4 に示す。なおこの画面は説明用に作成したイメージ図であり、実際に表示される画面とは異なる。iframe 内には講師が設定した演習ツールの画面が表示されている。さらにこのページには操作履歴収集スクリプトが埋め込まれており、クロスドメインの制約を回避しながらブラウザ上での行動が収集が可能となる。これらにより、proxy からは GET・POST リクエストなどのアクセスログを、操作履歴収集スクリプトからはクリック、キー入力及びタブのアクティブ・非アクティブ・終了などの操作ログの収集を行う。

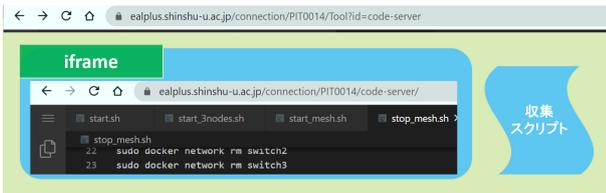


図 4 表示される演習ツール表示画面のイメージ

Fig. 4 Image of the displayed exercise tool display screen

#### 4.2.3 LTI による認証・認可及び学習行動と学生との紐づけ

LTI による認証・認可を図 5 に、LTI によって取得した LMS の情報を表 1 に示す。講義ページ内に設置したリンクから LTI 認証を用いて eALPlus にログインさせることで、学籍番号と授業コードの取得を行う。また、proxy を行う際に、図 6 の授業コード部分を LTI から取得した授業コードに書き換えを行っている。

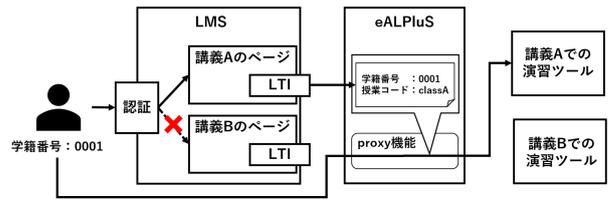


図 5 LTI による認証・認可及び proxy 通信への情報付与  
Fig. 5 Authentication and authorization by LTI, adding information to proxy communications

表 1 LTI より取得した情報の一覧

Table 1 List of information obtained from LTI

要素	内容
学籍番号	LTI コンシューマから取得したユーザー名
授業コード	LTI コンシューマから取得したコース ID
ロール情報	LTI コンシューマから取得したロール情報

<https://ealplus.shinshu-u.ac.jp/connection/TS808Q/tool-coder/>  
ドメイン名 授業コード ツールID

図 6 任意の演習ツールに proxy を行う際の URL 構造  
Fig. 6 URL structure for proxying to arbitrary exercise tools

図 5 の学生の場合、LMS の認証・認可機能によって参加していない講義のページにはアクセスできないことから、受講していない講義から LTI 認証を用いて eALPlus にログインを行うことはできない。そのため、図 5 の学生は講義 B の演習ツールを利用することはできず、自身が受講している講義 A の演習ツールのみを利用できる。また、LTI によって取得した LMS の学籍番号や授業コードは proxy を行う通信にも含まれているため、学習行動履歴収集を行う際に xAPI における『誰が』に相当する学生の学籍番号の挿入が可能となる。

#### 4.2.4 ログ変換機能

プラットフォーム上の LRS に学習行動履歴の保存を行うには xAPI に準拠した『誰が』、『何を』、『どうした』の形式に加工を行う必要がある。そこで、proxy からのアクセスログや、操作履歴収集スクリプトからの操作ログを eALPlus のログ変換機能に集めて図 7 に従って変換を行う。

(1) LRS に保存されるデータのうち、『誰が』に相当する部分は、eALPlus では LTI で取得した学籍番号を利用するが、LMS については LMS 毎の仕様に従うため、一致しない可能性があり、その場合、講師が LRS から学習行動履歴を取得する際に紐づけを行わなければならない。ここで、eALPlus は LMS の LTI 認証を行わなければ、LTI 認証は LMS にログインしなければ利用できないため、LRS には既に LMS での学習者行動履歴が保存されているはずである。よって、LRS に対して学籍番号の問い合わせを行うことで LMS から保存された学習者行動履歴を得ることが可能であり、

取得した学習者行動履歴から『誰が』の部分抜き出して利用することで『誰が』に関してはLMSと同じ形式で保存が可能となる。

- (2) 『何を』に相当する部分は図6からも分かるように、proxyを行っているパスから講義と利用しているツールの識別が可能のため、パスをそのまま利用する。ここでクリックした要素などのより詳しい情報はパス末尾のクエリ『target』に挿入する。
- (3) 『どうした』に相当する部分は発生した学習行動に対応するxAPIのverb[7]に変換を行う。
- (4) ラーニングアナリティクスを行う際にLMSでの学習行動履歴とeALPluSでの学習行動履歴の紐づけを容易にするために、(1)と同じようにLRSに対して授業コードの問い合わせを行い、そこから『何を』の部分抜き出してグルーピング情報に適用する。

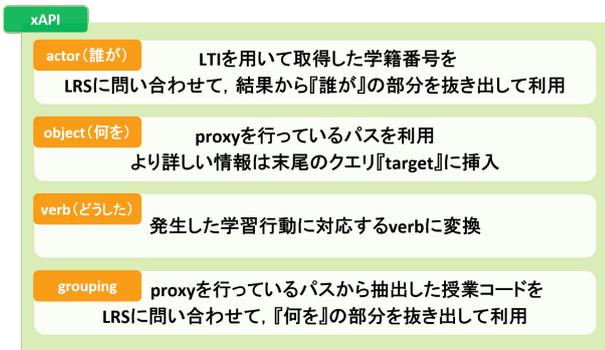


図7 ログの変換ルール

Fig. 7 Log conversion rules

## 5. プラットフォームの評価

提案したプラットフォームがLMSやLMS以外の演習ツールなどから実際に学習行動履歴の収集を行うことが可能かどうかを検証する。

### 5.1 eALPluSの動作検証

2020年度後期に長野県工科短期大学校知能情報システム学科で開講されたデータ通信工学IV(20人規模)、2021年度前期に信州大学大学院総合理工学研究科で開講された仮想化技術特論(50人規模)において表2の環境でeALPluSを使用し、検証を行った。

検証の結果、eALPluSは問題なく動作することを確認した。ここで、eALPluSを動作させた際のCPU・メモリの使用量について表3、表4に示す。CPU使用量を見ると人数規模に応じてCPU使用量が増加していることが分かる。また、メモリ使用量についてはピーク時の差はみられなかったが、増加量に着目すると人数規模に応じて増加していることから、人数規模に応じてCPU・メモリのリソースの確保が必要である。

表2 テスト運用環境の詳細

Table 2 Details of the test operation environment

要素	詳細
cpu	Intel(R) Xeon(R) CPU X5550 @2.67GHz
memory	72GB
os	Ubuntu 20.04.2 LTS

表3 テスト運用時のCPU使用量

Table 3 CPU usage during test operation

要素	データ通信工学 IV	仮想化技術特論
起動時	0.042 %	0.16 %
ピーク時	7.3 %	13.0 %
増加量	7.258 %	11.4 %

表4 テスト運用時のメモリ使用量

Table 4 Memory usage during test operation

要素	データ通信工学 IV	仮想化技術特論
起動時	221MB	203MB
ピーク時	232MB	230MB
増加量	11MB	27MB

### 5.2 学習行動履歴収集の検証

eALPluSによる学習行動履歴収集については、LMSでの学習行動履歴との連携が必要となる。しかし、本学のLMSの学習行動履歴は個人情報保護の観点から本プラットフォームに適した形で取得できない。そのため、テスト環境での検証を行った。まず、eALPluSで学習行動履歴収集を行った結果、問題なく収集可能であった。ここで、eALPluSのproxy機能で収集できた学習行動履歴を表5に示す。続いて、ログ変換機能で学習行動履歴をLRSに保存を行った結果、図8に示すようにログの変換は期待通り動作しており問題なく保存された。しかし、LMSでの学習行動履歴がLRSに対してスケジューラにより夜間などに一括で送信される場合、学籍番号や授業コードの問い合わせが正しく行われない場合があった。そのため受信したログを一時的にプールして問い合わせに失敗しても一定時間後に再度問い合わせる機能が必要であると分かった。

また、eALPluSのproxy機能で収集できる学習行動履歴は各ツールに最適化されていないため、場合によっては講師がラーニングアナリティクスを行う際に意味づけを行う必要がある。例えば、マウスで保存ボタンを押す行動があった場合、行動の本質は『保存した』であるが、proxy機能での学習行動履歴収集ではID〇〇の要素をクリックしたという学習行動履歴が保存される。そのため講師はID〇〇の要素をクリックしたという学習行動履歴は『保存した』であると紐づけなければならない。このことから、proxy機能で収集できる学習行動履歴の意味づけの簡易化について検討する必要がある。現在検討している案として、クリックした際に得られる要素内のidやclassに動詞

が含まれていた場合は、その動詞に応じた学習行動として収集を行うことで、意味づけの簡易化を図れるのではないのかと考えている。

表 5 proxy 機能で収集可能な学習行動履歴

Table 5 Learning behavior that can be collected by proxy function

学習行動	内容
開始	eALPluS に登録されたツールを起動
終了	ツールのタブやウィンドウを閉じる
アクセス	ツール内のページ遷移
再開	ツールのタブがアクティブ状態
一時停止	ツールのタブが非アクティブ状態
押された	マウスのクリック・キー入力

```

{id": "https://kumoodle.yukkuri kouze.com/course/view.php?id=5",
"definition": {
  "type": "http://id.tincanapi.com/activitytype/lms/course",
  "name": {
    "en": "ログ変換検証"
  },
  "extensions": {
    "https://w3id.org/learning-analytics/learning-management-system/external-id": "TS0620"
  }
},
"objectType": "Activity"
}
}
}

"actor": {
  "name": "松平 黒河内",
  "mbox": "mailto:20w2034b@shinshu-u.ac.jp",
  "objectType": "Agent"
},
"verb": {
  "id": "http://activitystream.ms/schema/1.0/start",
  "display": {
    "en": "started",
    "ja": "開始した"
  }
},
"object": {
  "id": "https://ealplus.shinshu-u.ac.jp/connection/TS0620/tool_1?target=tool_1",
  "definition": {
    "type": "http://id.tincanapi.com/activitytype/resource",
    "name": {
      "en": "eALPluS tool_1"
    }
  },
  "objectType": "Activity"
}
}

```

図 8 ログ変換機能で保存された学習行動履歴の例

Fig. 8 Examples of learning behavior saved by the log conversion function

## 6. おわりに

本研究では、講師がラーニングアナリティクスの導入を容易にするために、LMS や LMS 以外の演習ツール等からの学習行動履歴の収集を少ない負担で行うことができるプラットフォームの提案を行った。

本プラットフォームでは、LMS からの学習行動履歴は xAPI ステートメントを発行するログストアプラグインを用い、LMS 以外の演習ツールや外部 web サイトからの学習行動履歴は外部ツール接続・学習行動履歴収集システム『eALPluS』の proxy 機能とログ変換機能を用いて、プラットフォーム上の LRS に収集・保存を行う。ここで、eALPluS の proxy 機能による学習行動履歴収集では、講師が eALPluS のツール登録ページから『ツール名・ID の設定』と『転送先 URL の設定』を行うだけで、演習ツールの改修や DB の構築、データ整形を行わずに学習行動履歴

の収集が行うことを可能とした。

本プラットフォームの動作検証を 2020 年度後期に長野県工科短期大学校知能情報システム学科で開講されたデータ通信工学 IV、2021 年度前期に信州大学大学院総理工学工学研究科で開講された仮想化技術特論、及びローカル環境で行った。結果、プラットフォームは問題なく動作し、学習行動履歴収集を行うことが可能であった。しかし、eALPluS による学習行動履歴収集では xAPI の『どうした』に該当する部分が本質的な行動にならないことが分かった。例えばマウスで演習ツールの保存ボタンを押す行動があった場合、行動の本質である『保存した』で収集される必要があるが、収集される学習行動履歴は ID ○○の要素をクリックしたという情報となる。このため、講師がラーニングアナリティクスを行う際に ID ○○の要素をクリックしたという学習行動履歴は『保存した』であるという意味付けを行う必要がある。今後は学習行動履歴の意味づけの簡易化について検討する。

## 参考文献

- [1] 高等教育局大学振興課大学改革推進室：大学における教育内容等の改革状況について（平成 30 年度）、文部科学省（オンライン）、入手先（[https://www.mext.go.jp/content/20201005-mxt\\_daigakuc03-000010276\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20201005-mxt_daigakuc03-000010276_1.pdf)）（参照 2021-06-09）。
- [2] 山田政寛：ラーニング・アナリティクス研究の現状と今後の方向性、日本教育工学会論文誌、Vol. 41, No. 3, pp. 189-197 (2018)。
- [3] 緒方広明、藤村直美：大学教育におけるラーニングアナリティクスのための情報基盤システムの構築、情報処理学会論文誌教育とコンピュータ、Vol. 3, No. 2, pp. 1-7 (2017)。
- [4] 横山貴志、國宗永佳、新村正明：情報技術演習における演習状況可視化手法の提案、信学技報、Vol. 117, No. 469, pp. 119-124 (2018)。
- [5] 中野裕司、久保田真一郎、松葉龍一、戸田真志、永井孝幸、右田雅裕、武藏泰雄、喜多敏博、杉谷賢一：LMS 等を利用したオンライン科目の学習ログの抽出及び分析環境の検討、研究報告教育学習支援情報システム、Vol. 2014-CLE-14, No. 7, pp. 1-6 (2014)。
- [6] 田中篤志、新村正明、國宗永佳：LTI とリバースプロキシの連携による演習サーバ接続システム、研究報告教育学習支援情報システム、Vol. 2018-CLE-25, No. 8, pp. 1-3 (2018)。
- [7] Software, R.: Verbs : The Registry, Rustici Software (online), available from (<https://registry.tincanapi.com>) (accessed 2021-06-10)。